



AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

◀ **Hidrogeologia dos Ambientes Cársticos da Bacia do
São Francisco para a Gestão de Recursos Hídricos**



Relatório Final
Relatório Técnico Temático dos Domínios e
Subdomínios Hidrogeológicos

República Federativa do Brasil

Michel Miguel Elias Temer Lulia

Presidente da República

Ministério do Meio Ambiente

Edson Duarte

Ministro

Agência Nacional de Águas

Diretoria Colegiada

Christianne Dias Ferreira - Diretora-Presidente

Ricardo Medeiros de Andrade

Ney Maranhão

Oscar de Moraes Cordeiro Netto

Marcelo Cruz

Superintendência de Implementação de Programas e Projetos - SIP

Tibério Magalhães Pinheiro

Victor Sucupira

Coordenação de Águas Subterrâneas - COSUB

Fernando Roberto de Oliveira (Coordenador)

Leonardo de Almeida (Gestor do Contrato)

Márcia Tereza Pantoja Gaspar

Adriana Niemeyer Pires Ferreira

Fabício Bueno da Fonseca Cardoso

Letícia Lemos de Moraes

Hidrogeologia dos Ambientes Cársticos da Bacia do Rio São Francisco para a Gestão de Recursos Hídricos

RELATÓRIO FINAL

**RELATÓRIO TÉCNICO TEMÁTICO DOS
DOMÍNIOS E SUBDOMÍNIOS HIDROGEOLÓGICOS**

2018

© 2018 Agência Nacional de Águas – ANA
Setor Policial, Área 5, Quadra 3, Blocos B, L, M, N, O e T
CEP: 70610-200, Brasília – DF
PABX: 2109-5400 / 2109-5252
Endereço eletrônico: <http://www.ana.gov.br>

Capa:

Local da Foto: Gruta da Toca da Boa Vista, Campo Formoso, BA, sub-bacia do rio Salitre.
Fotografia – Rangel Carvalho

Equipe:

Comissão Técnica de Acompanhamento e Fiscalização – CTAF:

Leonardo de Almeida (ANA)	Márcia Tereza Pantoja Gaspar (ANA)
Zoltan Romero C. Rodrigues (SEMA-BA)	Maricene Menezes de O. M. Paixão (IGAM – MG)

Elaboração e Execução - Consórcio TPF/TECHNE

Direção Geral e Coordenação do Contrato

João Guimarães Recena – Direção Geral
Luiz Alberto Teixeira – Direção Geral
Antônio Carlos de Almeida Vidon – Direção Geral
Maria Ângela Capdeville Duarte Ulmann – Direção Geral
Fábio Chaffin Barbosa – Direção Geral
Roberta de Mello Guedes Alcoforado - Coordenação Geral do Contrato
Marcelo Casiuch – Coordenação Adjunta do Contrato

Membros da Equipe Chave

Edilton Feitosa – Coordenação Técnica
João Manoel Filho – Coordenação Técnica Adjunta
Natalina Maria Tinôco Cabral – Hidrogeoquímica
Paula Stein – Hidrogeoquímica
Paulo Fernando P. Pessoa – Geólogo especialista em Carste

Membros da Equipe Técnica Executora

Alerson Falieri Suarez	Gustavo Grillo	Paulo de M. da Cunha Pedrosa
Alípio Agra	Gustavo Sobral	Rinaldo Fernandes
Ana Nery Cadete	Joanderson J. O. Moraes	Sandro Barbosa Figueira
Bruno Marcionilo	José Augusto Vieira Filho	Thiago Franklin S. de Almeida
Daniel Quintino	Ludmilla de Oliveira Calado	Vanessa Costa
Dora Atman	Marcondes Assis	Walter Lucena
Fabianny Bezerra	Marcos A. Barbosa S. Jr.	Bruna Duarte (estagiária)
Flávia Azevedo Pedrosa	Mário Nascimento S. Filho	Gadadhara Figueiredo (estagiária)
Ginaldo A. da Cruz Campanha	Nelson da Franca dos Anjos	Geraldo M. Junior (estagiário)
Giseli Kimura	Patrícia Celeste L. Jesuíno	

Todos os direitos reservados

É permitida a reprodução de dados e de informações, desde que citada à fonte.

A265h Agência Nacional de Águas (Brasil).
Hidrogeologia dos ambientes cársticos da Bacia do São Francisco para a Gestão de Recursos Hídricos. Relatório Técnico Temático dos Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos / Agência Nacional de Águas; Elaboração e Execução: Consórcio TPF - Techne. - Brasília: ANA, 2018.
809p.
1. Hidrogeologia. 2. Bacias Hidrográficas. 3. São Francisco, Rio
I. Título.

CDU 556.51

APRESENTAÇÃO

O Relatório Final da Hidrogeologia dos Ambientes Cársticos da Bacia do São Francisco para a Gestão de Recursos Hídricos apresenta os resultados dos trabalhos desenvolvidos no âmbito do Contrato nº 037/ANA/2013, adjudicado pela Agência Nacional de Águas – ANA – ao Consórcio TPF / Techne, em agosto de 2014.

Consolida os estudos realizados, apresentados em oito Relatórios Parciais, além de algumas notas técnicas, elaborados de acordo com o Termo de Referência elaborado pela Agência Nacional de Águas.

Tais estudos tem como objetivo a geração de conhecimento hidrogeológico sobre os Sistemas Aquíferos Cársticos e Físsuro-Cársticos da região hidrográfica do São Francisco, suas relações com o Sistema Aquífero Urucuia e suas contribuições para o fluxo de base do rio São Francisco. Os estudos subsidiaram a elaboração de uma Proposta de Plano de Gestão Integrada e Compartilhada dos Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos da Região Hidrográfica do São Francisco.

Os Sistemas Aquíferos Cársticos e Físsuro-Cársticos abordados no presente estudo apresentam uma área de exposição de 110.951,4 km². Nessa área foi dada ênfase a 3 pilotos localizados nas bacias do Rio do Vieira (Montes Claros/MG), Rio São Desidério (São Desidério/BA) e Riacho do Juá (Lapão/BA) (Figura 1).

O Relatório Final é estruturado em quatro volumes e um Resumo Executivo, conforme mostrado a seguir.

- Volume I – Diagnóstico dos Meios Físico e Socioeconômico
- Volume II - Hidrogeologia
- Volume III – Áreas Piloto

Tomo 1 – Área Piloto do rio São Desidério/BA

Tomo 2 - Área Piloto do rio do Vieira/MG

Tomo 3 - Área Piloto do riacho do Juá/BA

- Volume IV – Gestão Integrada de Recursos Hídricos

Tomo 1 – Balanço Hídrico

Tomo 2 – Cenários e Propostas de Gestão

- Resumo Executivo

E ainda três Relatórios Técnicos Temáticos:

- Relatório Técnico Temático de Hidroquímica
- Relatório Técnico Temático dos Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos
- Relatório Técnico Temático de Cartografia/SIG

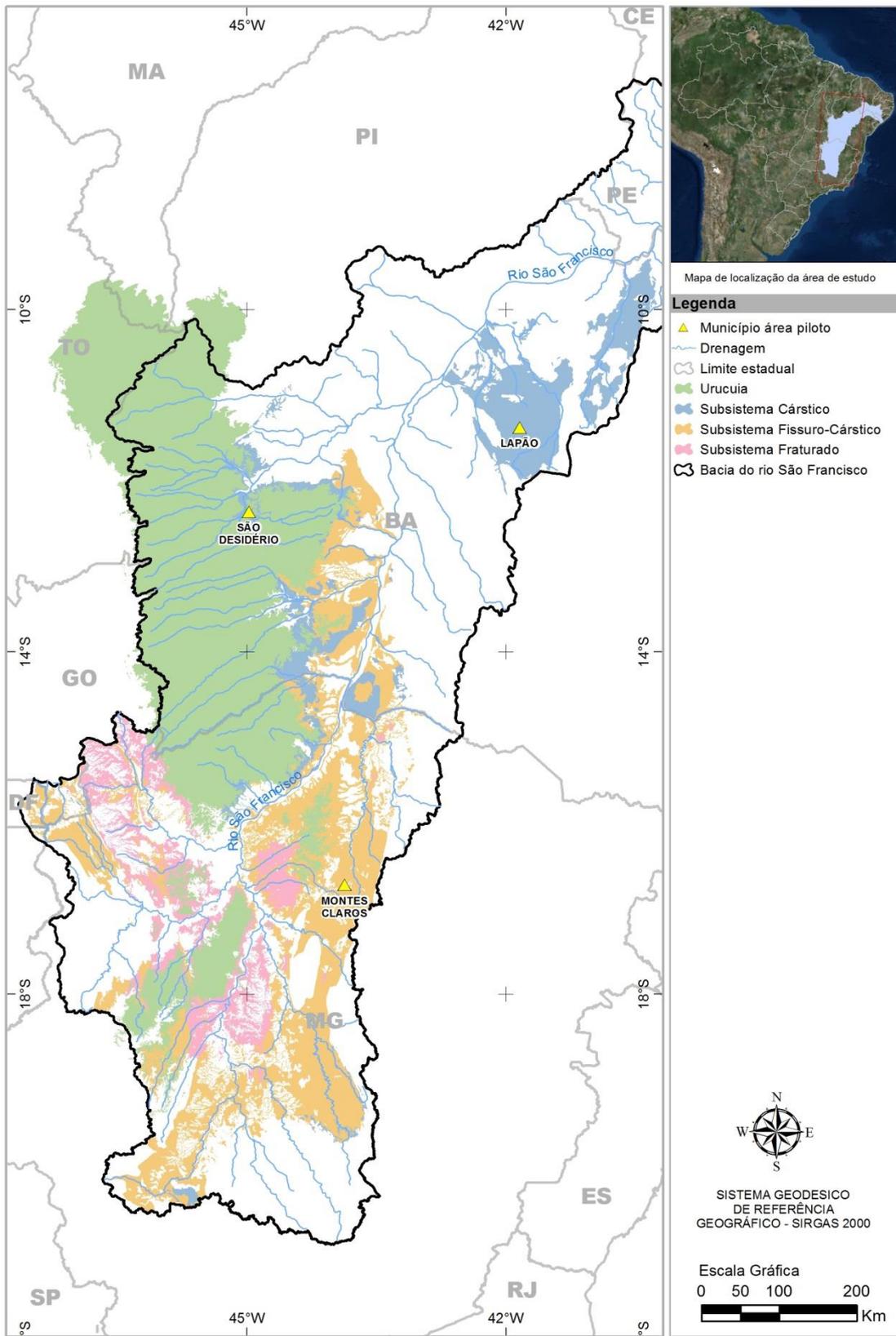


Figura 1: Área de estudo, destacando os sistemas cársticos e fissuro cársticos, e as Áreas Piloto

Os estudos envolveram trabalhos de campo e de escritório cujos detalhes são apresentados e discutidos nos volumes e tomos indicados.

Os trabalhos de campo consistiram de cadastramento de pontos d'água e de fontes de contaminação, sendo cadastrados 351 novos poços. Foram realizadas duas campanhas de medição de níveis e de coleta de água para estudos hidroquímicos, 203 poços amostrados no período seco entre agosto e setembro de 2014, e 206 poços no período chuvoso entre março e abril de 2015. Nas áreas Piloto foram realizados mapeamento geológico, estudos geofísicos, ensaios de traçadores (com Rodamina WT e Fluoresceína), testes de aquífero. Para os estudos geofísicos utilizou-se o método gravimétrico e da eletrorresistividade (sondagens elétricas verticais e caminhamentos elétricos). Em alguns poços selecionados realizou-se perfilagem ótica e geofísicas.

Os trabalhos de escritório consistiram nas interpretações de dados obtidos com a formatação de banco de dados com mais de 20.000 poços tubulares, elaboração de relatórios e geoprocessamento, secundados por programações, elaboração de notas técnicas e participação em cerca de 22 reuniões de trabalho ocorridas nas cidades de Recife, Brasília, Belo Horizonte, Montes Claros, Salvador e Juazeiro, em conjunto com a CTAF - Comissão Técnica de Acompanhamento e Fiscalização – CTAF, composta por técnicos, representantes indicados pelos estados abrangidos pelos estudos (Minas Gerais e Bahia). A CTAF procedeu o acompanhamento e avaliação de todas as fases dos estudos, juntamente com representantes da ANA.

Os conhecimentos obtidos subsidiaram a elaboração de uma proposta de Plano de Gestão Integrada e Compartilhada das Águas Superficiais e Subterrâneas da Região Hidrográfica do São Francisco, que pretende contribuir ao manejo adequado dos recursos hídricos dos estados de Minas Gerais e Bahia.

SUMÁRIO

1	Introdução.....	40
1.1	Levantamento socioeconômico e demandas hídricas.....	42
1.2	Reservas permanentes.....	42
1.2.1	Espessura máxima dos aquíferos cársticos.....	42
1.2.2	Porosidade efetiva dos aquíferos cársticos.....	43
1.3	Recursos de água subterrânea.....	43
1.4	Exploração de água subterrânea.....	43
1.5	Zonas de Exploração do Aquífero - ZEAs.....	43
1.6	Vulnerabilidade e perigo de contaminação.....	44
2.	Domínio I – Grupo Vazante.....	45
2.1	Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação.....	46
2.2	Levantamento socioeconômico e demandas hídricas.....	50
2.2.1	Aspectos sanitários gerais.....	51
2.2.2	Demandas Hídricas.....	53
2.2.3	Demandas futuras (2015, 2020, 2015, 2030).....	54
2.3	Vulnerabilidade.....	56
2.4	Perigo de contaminação.....	60
2.5	Recarga e zonas de exploração.....	62
2.5.1	Levantamento e sistematização dos dados.....	62
2.5.2	Regime de Funcionamento dos Poços.....	69
2.5.3	Produção Global dos Poços.....	70
2.5.4	Recarga no Domínio I – Grupo Vazante.....	74
2.5.5	Zoneamento da exploração no Domínio I.....	90
2.6	Reservas, potencialidades e exploração.....	92
2.6.1	Reservas permanentes.....	92
2.6.4	Exploração.....	92
3	Domínio II.....	93
3.1	Subdomínio IIa.....	94
3.1.1	Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação.....	94
3.1.2	Levantamento socioeconômico e demandas hídricas.....	98
3.1.3	Vulnerabilidade.....	105
3.1.4	Perigo de contaminação.....	109
3.1.5	Recarga e zonas de exploração.....	111
3.1.6	Reservas, potencialidades e exploração.....	138
3.2	Subdomínio IIb.....	139
3.2.1	Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação.....	139
3.2.2	Levantamento socioeconômico e demandas hídricas.....	143
3.2.3	Vulnerabilidade.....	150
3.2.4	Perigo de contaminação.....	154
3.2.5	Recarga e zonas de exploração.....	156
3.2.6	Reservas, potencialidades e exploração.....	186

3.3	Subdomínio IIc	187
3.3.1	Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação.....	187
3.3.2	Levantamento socioeconômico e demandas hídricas	192
3.3.3	Vulnerabilidade	198
3.3.4	Perigo de contaminação.....	203
3.3.5	Recarga e zonas de exploração	205
3.3.6	Reservas, potencialidades e exploração	238
3.4	Subdomínio II d.....	239
3.4.1	Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação.....	239
3.4.2	Levantamento socioeconômico e demandas hídricas	243
3.4.3	Vulnerabilidade	250
3.4.4	Perigo de contaminação.....	254
3.4.5	Recarga e zonas de exploração	256
3.4.6	Reservas, potencialidades e exploração	286
4	Domínio III	287
4.1	Subdomínio IIIa	288
4.1.1	Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação.....	288
4.1.2	Levantamento socioeconômico e demandas hídricas	293
4.1.3	Vulnerabilidade	300
4.1.4	Perigo de contaminação.....	304
4.1.5	Recarga e zonas de exploração	306
4.1.6	Reservas, potencialidades e exploração	333
4.2	Subdomínio IIIb.....	333
4.2.1	Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação.....	333
4.2.2	Levantamento socioeconômico e demandas hídricas	338
4.2.3	Vulnerabilidade	344
4.2.4	Perigo de contaminação.....	349
4.2.5	Recarga e zonas de exploração	351
4.2.6	Reservas, potencialidades e exploração	384
4.3	Subdomínio IIIc	384
4.3.1	Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação.....	384
4.3.2	Levantamento socioeconômico e demandas hídricas	389
4.3.3	Vulnerabilidade	396
4.3.4	Perigo de contaminação.....	401
4.3.5	Recarga e zonas de exploração	403
4.3.6	Reservas, potencialidades e exploração	447
4.4	Subdomínio III d.....	448
4.4.1	Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação.....	448
4.4.2	Levantamento socioeconômico e demandas hídricas	453
4.4.3	Vulnerabilidade	461
4.4.4	Perigo de contaminação.....	465
4.4.5	Recarga e zonas de exploração	467
4.4.6	Reservas, potencialidades e exploração	490
4.5	Subdomínio IIIe	490

4.5.1	Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação.....	490
4.5.2	Levantamento socioeconômico e demandas hídricas	495
4.5.3	Vulnerabilidade	503
4.5.4	Perigo de contaminação.....	507
4.5.5	Recarga e zonas de exploração	509
4.5.6	Reservas, potencialidades e exploração	547
5	Domínio IV	548
5.1	Subdomínio IVa.....	548
5.1.1	Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação.....	549
5.1.2	Levantamento socioeconômico e demandas hídricas	553
5.1.3	Vulnerabilidade	560
5.1.4	Perigo de contaminação.....	565
5.1.5	Recarga e zonas de exploração	568
5.1.6	Reservas, potencialidades e exploração	610
5.2	Subdomínio IVb.....	611
5.2.1	Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação.....	611
5.2.2	Levantamento socioeconômico e demandas hídricas	616
5.2.3	Vulnerabilidade	622
5.2.4	Perigo de contaminação.....	628
5.2.5	Recarga e zonas de exploração	633
5.2.6	Reservas, potencialidades e exploração	667
6	Domínio V Bacia Irecê - a	669
6.1	Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação	670
6.2	Levantamento socioeconômico e demandas hídricas.....	675
6.2.1	Aspectos sanitários dos municípios	676
6.2.2	Demandas Hídricas.....	678
6.2.3	Demandas futuras (2015, 2020, 2015, 2030).....	679
6.3	Vulnerabilidade.....	681
6.4	Perigo de contaminação	686
6.5	Recarga e zonas de exploração	693
6.5.1	Levantamento e sistematização dos dados	693
6.5.2	Regime de Funcionamento dos Poços	700
6.5.3	Produção Global dos Poços.....	701
6.5.4	Recarga no Domínio V.....	705
6.5.5	Zoneamento da exploração no Domínio V.....	713
6.6	Reservas, potencialidades e exploração	716
6.6.1	Reservas permanentes.....	716
6.6.4	Exploração.....	718
7	Domínio VI – Bacia Irecê – b.....	718
7.1	Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação	720
7.2	Levantamento socioeconômico e demandas hídricas.....	724
7.2.1	Aspectos sanitários dos municípios	725
7.2.2	Demandas Hídricas.....	727

7.2.3 Demandas futuras (2015, 2020, 2015, 2030).....	728
7.3 Vulnerabilidade.....	730
7.4 Perigo de contaminação	735
7.5 Recarga e zonas de exploração	741
7.5.1 Levantamento e sistematização dos dados	741
7.5.2 Regime de Funcionamento dos Poços	747
7.5.3 Produção Global dos Poços.....	749
7.5.4 Recarga no Domínio VI.....	753
7.5.5 Zoneamento da exploração no Domínio VI.....	753
7.6 Reservas, potencialidades e exploração	757
7.6.1 Reservas permanentes.....	757
7.6.4 Exploração.....	757
8 Domínio VII – Bacia Salitre.....	759
8.1 Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação	760
8.2 Levantamento socioeconômico e demandas hídricas.....	764
8.2.1 Aspectos sanitários dos municípios	765
8.2.2 Demandas Hídricas.....	767
8.2.3 Demandas futuras (2015, 2020, 2015, 2030).....	768
8.3 Vulnerabilidade.....	770
8.4 Perigo de contaminação	774
8.5 Recarga e zonas de exploração	783
8.5.1 Levantamento e sistematização dos dados	783
8.5.2 Regime de Funcionamento dos Poços	790
8.5.3 Produção Global dos Poços.....	792
8.5.4 Recarga no Domínio VII.....	796
8.5.5 Zoneamento da exploração no Domínio VII.....	804
8.6 Reservas, potencialidades e exploração	807
8.6.1 Reservas permanentes.....	807
8.6.4 Exploração.....	807
10. Referências Bibliográficas	808

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Mapa dos domínios e subdomínios hidrogeológicos propostos.....	41
Figura 2.1: Localização do Domínio I.....	46
Figura 2.2: Mapa de estruturas cársticas do Domínio I.	47
Figura 2.3: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Domínio I.....	48
Figura 2.4: Uso e ocupação do solo no Domínio I.....	49
Figura 2.5: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.	57
Figura 2.6: Mapa de unidades de solo com a classificação do parâmetro P.	58
Figura 2.7: Mapa de vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Subdomínio I – Grupo Vazante.....	59
Figura 2.8: Classificação da vulnerabilidade para o Subdomínio I – Grupo Vazante.	60
Figura 2.9: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o domínio I.	61
Figura 2.10: Frequências das classes de profundidade dos poços no Domínio I Grupo Vazante..	64
Figura 2.11: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Domínio I - Grupo Vazante.....	65
Figura 2.12: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Domínio I - Grupo Vazante.....	66
Figura 2.13: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Domínio I - Grupo Vazante.....	67
Figura 2.14: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Domínio I - Grupo Vazante.....	68
Figura 2.15: Distribuição espacial da produção de 193 poços em operação localizados no Domínio I Grupo Vazante.	73
Figura 2.17: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Domínio I.	78
Figura 2.18: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Domínio I, Vazante, com excedente hídrico.....	91
Figura 3.1: Localização do Domínio II – Grupo Bambuí Deformado W.....	93
Figura 3.3: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Subdomínio IIa.	96
Figura 3.4: Uso e ocupação do solo no Subdomínio IIa.	97
Figura 3.5: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.	106
Figura 3.6: Mapa de unidades de solo com a classificação do parâmetro P.	107
Figura 3.7: Mapa de vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Subdomínio IIa.	108
Figura 3.8: Classificação da vulnerabilidade para o Subdomínio IIa.	109
Figura 3.9: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Subdomínio IIa.	110
Figura 3.10: Frequências das classes de profundidade dos poços no Subdomínio IIa.	113
Figura 3.11: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Subdomínio IIa.	114
Figura 3.12: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Subdomínio IIa.	115
Figura 3.13: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IIa.	116
Figura 3.14: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IIa.	117

Figura 3.15: Distribuição espacial da produção de 205 poços em operação localizados no Subdomínio IIa.	121
Figura 3.16: Mapa de localização das 7 bacias hidrográficas consideradas nos cálculos de recarga do Subdomínio IIa.	123
Figura 3.17: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IIa.....	125
Figura 3.18: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Subdomínio IIa, Bambuí Deformado, com excedente hídrico.....	136
Figura 3.19: Mapa de estruturas cársticas do Subdomínio IIb.....	140
Figura 3.20: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Subdomínio IIb.	141
Figura 3.21: Uso e ocupação do solo no Subdomínio IIb.	142
Figura 3.22: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.	151
Figura 3.23: Mapa de unidades de solo com a classificação do parâmetro P.	152
Figura 3.24: Mapa de vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Subdomínio IIb.....	153
Figura 3.25: Classificação da vulnerabilidade para o Subdomínio IIb.	154
Figura 3.26: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Subdomínio IIb.	155
Figura 3.27: Frequências das classes de profundidade dos poços no Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado.	158
Figura 3.28: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Subdomínio IIb - Grupo Bambuí Deformado.	159
Figura 3.29: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Subdomínio IIb - Grupo Bambuí Deformado.	160
Figura 3.30: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IIb - Grupo Bambuí Deformado.	161
Figura 3.31: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Subdomínio IIb - Grupo Bambuí Deformado.	162
Figura 3.32: Distribuição espacial da produção de 265 poços bombeando em regime de 10,22 horas/dia com vazões informadas e outorgadas no Subdomínio IIb - Grupo Bambuí Deformado.	166
Figura 3.33: Mapa de localização das 8 bacias hidrográficas consideradas nos cálculos de recarga do Subdomínio IIb.	170
Figura 3.34: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IIb.	172
Figura 3.35: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Subdomínio IIb, Bambuí Deformado, com excedente hídrico.	185
Figura 3.36: Mapa de estruturas cársticas do Subdomínio IIc.	189
Figura 3.37: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Subdomínio IIc.....	190
Figura 3.38: Uso e ocupação do solo no Subdomínio IIc.	191
Figura 3.39: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.	200
Figura 3.40: Mapa de unidades de solo com a classificação do parâmetro P.	201
Figura 3.41: Mapa de vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Subdomínio IIc.	202
Figura 3.42: Classificação da vulnerabilidade para o Subdomínio IIc.	203
Figura 3.43: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Subdomínio IIc.....	204
Figura 3.44: Frequências das classes de profundidade dos poços no Subdomínio IIc.....	207

Figura 3.45: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Subdomínio IIc.	208
Figura 3.46: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Subdomínio IIc.....	209
Figura 3.47: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IIc.	210
Figura 3.48: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Subdomínio IIc.	211
Figura 3.49: Distribuição espacial da produção de 736 poços em operação localizados no Subdomínio IIc.....	215
Figura 3.50: Mapa de localização das 8 bacias hidrográficas consideradas nos cálculos de recarga do Subdomínio IIc.....	218
Figura 3.51: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IIc.....	221
Figura 3.52: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Subdomínio IIc com excedente hídrico.....	236
Figura 3.53: Mapa de estruturas cársticas do Subdomínio IIc.....	240
Figura 3.54: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Subdomínio IIc.	241
Figura 3.55: Uso e ocupação do solo no Subdomínio IIc.	242
Figura 3.56: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.	251
Figura 3.57: Mapa de unidades de solo com a classificação do parâmetro P.	252
Figura 3.58: Mapa de vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Subdomínio IIc.....	253
Figura 3.59: Classificação da vulnerabilidade para o Subdomínio IIc.	254
Figura 3.60: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Subdomínio IIc.	255
Figura 3.61: Frequências das classes de profundidade dos poços no Subdomínio IIc.	258
Figura 3.62: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Subdomínio IIc.	259
Figura 3.63: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Subdomínio IIc.	260
Figura 3.64: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IIc.	261
Figura 3.65: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Subdomínio IIc.....	262
Figura 3.66: Distribuição espacial da produção de 262 poços em operação localizados no Subdomínio IIc.	266
Figura 3.67: Mapa de localização das 8 bacias hidrográficas consideradas nos cálculos de recarga do Subdomínio IIc.	268
Figura 3.68: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IIc.	270
Figura 3.69: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Subdomínio IIc, Bambuí Deformado, com excedente hídrico.	285
Figura 4.1: Localização do Domínio III – Grupo Bambuí pouco deformado.....	288
Figura 4.2: Mapa de estruturas cársticas do Subdomínio IIIa.....	290
Figura 4.3: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Subdomínio IIIa.	291
Figura 4.4: Uso e ocupação do solo no Subdomínio IIIa.	292
Figura 4.5: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.	301
Figura 4.6: Mapa de unidades de solo com a classificação do parâmetro P.	302
Figura 4.7: Mapa de vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Subdomínio IIIa.	303
Figura 4.8: Classificação da vulnerabilidade para o Subdomínio IIIa.	304

Figura 4.9: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Subdomínio IIIa	305
Figura 4.10: Frequências das classes de profundidade dos poços no Subdomínio IIIa.	308
Figura 4.11: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Subdomínio IIIa.	309
Figura 4.12: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Subdomínio IIIa.	310
Figura 4.13: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IIIa.	311
Figura 4.14: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Subdomínio IIIa.....	312
Figura 4.15: Distribuição espacial da produção de 473 poços em operação localizados no Subdomínio IIIa.	317
Figura 4.16: Mapa de localização das 5 bacias hidrográficas consideradas nos cálculos de recarga do Subdomínio IIIa.	319
Figura 4.17: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IIIa.....	322
Figura 4.18: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Subdomínio IIIa, Grupo Bambuí Pouco Deformado, com excedente hídrico.	331
Figura 4.19: Mapa de estruturas cársticas do Subdomínio IIIb.....	335
Figura 4.20: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Subdomínio IIIb.	336
Figura 4.21: Uso e ocupação do solo no Subdomínio IIIb.	337
Figura 4.22: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.	346
Figura 4.23: Mapa de unidades de solo com a classificação do parâmetro P.	347
Figura 4.24: Mapa de vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Subdomínio IIIb.	348
Figura 4.25: Classificação da vulnerabilidade para o Subdomínio IIIb.....	349
Figura 4.26: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Subdomínio IIIb.	350
Figura 4.27: Frequências das classes de profundidade dos poços no Subdomínio IIIb.	353
Figura 4.28: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Subdomínio IIIb.	354
Figura 4.29: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Subdomínio IIIb.	355
Figura 4.30: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IIIb.	356
Figura 4.31: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Subdomínio IIIb.....	357
Figura 4.32: Distribuição espacial da produção de 394 poços em operação localizados no Subdomínio IIIb.	361
Figura 4.33: Mapa de localização das 10 bacias hidrográficas consideradas nos cálculos de recarga do Subdomínio IIIb.	364
Figura 4.34: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IIIb.	366
Figura 4.35: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Subdomínio IIIb, com excedente hídrico.....	382
Figura 4.36: Mapa de estruturas cársticas do Subdomínio IIIc.	386
Figura 4.37: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Subdomínio IIIc.....	387
Figura 4.38: Uso e ocupação do solo no Subdomínio IIIc.	388
Figura 4.39: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.	398
Figura 4.40: Mapa de unidades de solo com a classificação do parâmetro P.	399

Figura 4.41: Mapa de vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Subdomínio IIIc.	400
Figura 4.42: Classificação da vulnerabilidade para o Subdomínio IIIc.	401
Figura 4.43: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Subdomínio IIIc.	402
Figura 4.44: Frequências das classes de profundidade dos poços no Subdomínio IIIc.	405
Figura 4.45: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Subdomínio IIIc.	406
Figura 4.46: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Subdomínio IIIc.	407
Figura 4.47: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IIIc.	408
Figura 4.48: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Subdomínio IIIc.	409
Figura 4.49: Distribuição espacial da produção de 149 poços bombeando em regime de 8,396 horas/dia com vazões informadas e outorgadas no Subdomínio IIIc.	413
Figura 4.50: Mapa de localização das 22 bacias hidrográficas consideradas nos cálculos de recarga do Subdomínio IIIc.	416
Figura 4.51: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IIIc.	419
Figura 4.52: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Subdomínio IIIc com excedente hídrico.	445
Figura 4.53: Mapa de estruturas cársticas do Subdomínio IIIId.	450
Figura 4.54: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Subdomínio IIIId.	451
Figura 4.55: Uso e ocupação do solo no Subdomínio IIIId.	452
Figura 4.56: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.	462
Figura 4.57: Mapa de unidades de solo com a classificação do parâmetro P.	463
Figura 4.58: Mapa de vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Subdomínio IIIId.	464
Figura 4.59: Classificação da vulnerabilidade para o Subdomínio IIIId.	465
Figura 4.60: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Subdomínio IIIId.	466
Figura 4.61: Frequências das classes de profundidade dos poços no Subdomínio IIIId.	469
Figura 4.62: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Subdomínio IIIId.	470
Figura 4.63: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Subdomínio IIIId.	471
Figura 4.64: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IIIId.	472
Figura 4.65: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Subdomínio IIIId.	473
Figura 4.66: Distribuição espacial da produção de 1.283 poços em operação localizados no Subdomínio IIIId.	477
Figura 4.67: Mapa de localização das 3 bacias hidrográficas consideradas nos cálculos de recarga do Subdomínio IIIId.	479
Figura 4.68: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IIIId.	481
Figura 4.69: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Subdomínio IIIId com excedente hídrico.	488
Figura 4.70: Mapa de estruturas cársticas do Subdomínio IIIIe.	492
Figura 4.71: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Subdomínio IIIIe.	493
Figura 4.72: Uso e ocupação do solo no Subdomínio IIIIe.	494

Figura 4.73: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.	504
Figura 4.74: Mapa de unidades de solo com a classificação do parâmetro P.	505
Figura 4.75: Mapa de vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Subdomínio IIIe.	506
Figura 4.76: Classificação da vulnerabilidade para o Subdomínio IIIe.	507
Figura 4.77: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Subdomínio IIIe.	508
Figura 4.78: Frequências das classes de profundidade dos poços no Subdomínio IIIe.	511
Figura 4.79: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Subdomínio IIIe.	512
Figura 4.80: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Subdomínio IIIe.	513
Figura 4.81: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IIIe.	514
Figura 4.82: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Subdomínio IIIe.	515
Figura 4.83: Distribuição espacial da produção de 372 poços em operação localizados no Subdomínio IIIe.	520
Figura 4.84: Mapa de localização das 16 bacias hidrográficas consideradas nos cálculos de recarga do Subdomínio IIIe.	523
Figura 4.85: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IIIe.	526
Figura 4.86: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Subdomínio IIIe com excedente hídrico.	545
Figura 5.1: Localização do Domínio IV – Grupo Bambuí Deformado E.	548
Figura 5.2: Mapa de estruturas cársticas do Subdomínio IVa.	550
Figura 5.3: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Subdomínio IVa.	551
Figura 5.4: Uso e ocupação do solo no Subdomínio IVa.	552
Figura 5.5: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.	562
Figura 5.6: Mapa de unidades de solo com a classificação do parâmetro P.	563
Figura 5.7: Vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Subdomínio IVa.	564
Figura 5.8: Classificação da vulnerabilidade para o Subdomínio IVa.	565
Figura 5.9: Distribuição das cargas contaminantes no Subdomínio IVa com classificação POSH.	566
Figura 5.10: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Subdomínio IVa.	567
Figura 5.11: Frequências das classes de profundidade dos poços no Subdomínio IVa.	570
Figura 5.12: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Subdomínio IVa.	571
Figura 5.13: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Subdomínio IVa.	572
Figura 5.14: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IVa.	573
Figura 5.15: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Subdomínio IVa.	574
Figura 5.16: Distribuição espacial da produção de 4.657 poços em operação localizados no Subdomínio IVa.	579
Figura 5.17: Mapa de localização das 15 bacias hidrográficas consideradas nos cálculos de recarga do Subdomínio IVa.	582
Figura 5.18: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IVa.	585

Figura 5.19: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Subdomínio IVa com excedente hídrico.....	608
Figura 5.20: Mapa de estruturas cársticas do Subdomínio IVb.	612
Figura 5.21: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Subdomínio IVb.	613
Figura 5.22: Uso e ocupação do solo no Subdomínio IVb sul.	614
Figura 5.23: Uso e ocupação do solo no Subdomínio IVb norte.	615
Figura 5.24: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.	623
Figura 5.25: Unidades de solo com a classificação do parâmetro P para o Subdomínio IVb sul.	624
Figura 5.26: Unidades de solo com a classificação do parâmetro P para o Subdomínio IVb norte.	625
Figura 5.27: Vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Subdomínio IVb sul.	626
Figura 5.28: Vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Subdomínio IVb norte.....	627
Figura 5.29: Classificação da vulnerabilidade para o Subdomínio IVb.....	628
Figura 5.30: Distribuição das cargas contaminantes no Subdomínio IVb sul com classificação POSH.....	629
Figura 5.31: Distribuição das cargas contaminantes no Subdomínio IVb norte com classificação POSH.....	630
Figura 5.32: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Subdomínio IVb sul.....	631
Figura 5.33: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Subdomínio IVb norte.	632
Figura 5.34: Frequências das classes de profundidade dos poços no Subdomínio IVb.	635
Figura 5.35: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Subdomínio IVb.	636
Figura 5.36: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Subdomínio IVb.	637
Figura 5.37: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IVb.....	638
Figura 5.38: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Subdomínio IVb.	639
Figura 5.39: Distribuição espacial da produção de 689 poços em operação localizados no Subdomínio IVb.	644
Figura 5.40: Mapa de localização das 9 bacias hidrográficas consideradas nos cálculos de recarga do Subdomínio IVb.	646
Figura 5.41: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IVb.	648
Figura 5.42: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Subdomínio IVb, com excedente hídrico.....	665
Figura 6.1: Localização do Domínio V – Bacia de Irecê muito deformada.....	670
Figura 6.2: Estruturas cársticas do Domínio V - Bacia Irecê - a.....	672
Figura 6.3: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Domínio V.....	673
Figura 6.4: Uso e ocupação do solo no Domínio V.....	674
Figura 6.5: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.	683
Figura 6.6: Unidades de solo com a classificação do parâmetro P.	684
Figura 6.7: Vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Domínio V - Bacia Irecê - a.....	685
Figura 6.8: Classificação da vulnerabilidade para o Domínio V - Bacia Irecê - a.....	686
Figura 6.9: Distribuição das cargas contaminantes no domínio V com classificação POSH.	687

Figura 6.10: Surgência localizada nas proximidades do mercado municipal de Irecê/BA.....	688
Figura 6.11: Fontes potenciais de contaminação relacionados a Postos de combustível.	689
Figura 6.12: Disposição dos resíduos sólidos nos municípios envolvidos na área correspondente ao Domínio V. Aterro comum localizado no município de Irecê JC055R (a) e (b) Cerca de espinhos (quiabento) apenas na entrada, mas sem continuidade, facilitando a entrada de pessoas e animais; (c) e (d) JC081R, Aterro comum pertencente ao município de João Dourado; (e) JC100R, margens da BA432, Povoado de Segredo, município de Souto Soares; (f) JC128R, aterro comum pertencente ao Município de Gentil do Ouro.....	690
Figura 6.13: Cemitérios cadastros no Subdomínio V.	691
(a) e (b) JC082R, Cemitério Municipal do Município de João Dourado, apresentando muro alto cercado a área com uma passarela principal que dá acesso as sepulturas, diferentemente de cemitérios como, (c) e (d) JC088R, localizado no município de América Dourada, apresentando um muro baixo e mesmo com disposição organizada das sepulturas, mas sem pavimentação ou passarela de acesso.....	691
Figura 6.14: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o domínio V.	692
Figura 6.15: Frequências das classes de profundidade dos poços no Domínio V.....	695
Figura 6.16: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Domínio V. ..	696
Figura 6.17: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Domínio V.	697
Figura 6.18: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Domínio V.	698
Figura 6.19: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Domínio V.	699
Figura 6.20: Distribuição espacial da produção de 434 poços em operação localizados no Subdomínio IVb.	704
Figura 6.21: Mapa de localização das 2 bacias hidrográficas consideradas nos cálculos de recarga do Domínio V.....	706
Figura 6.22: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Domínio V.....	708
Figura 6.23: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Domínio V, Grupo Salitre Pouco Deformado, com excedente hídrico.	714
Figura 7.1: Localização do Domínio VI – Bacia Irecê pouco deformada.	719
Figura 7.2: Mapa de estruturas cársticas do Domínio VI - Bacia Irecê - b.	721
Figura 7.3: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Domínio VI.....	722
Figura 7.4: Uso e ocupação do solo no Domínio VI.....	723
Figura 7.5: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.	732
Figura 7.6: Unidades de solo com a classificação do parâmetro P.	733
Figura 7.7: Vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Domínio VI - Bacia Irecê - b. ...	734
Figura 7.8: Classificação da vulnerabilidade para o Domínio VI - Bacia Irecê - b.....	735
Figura 7.9: Distribuição das cargas contaminantes no domínio VI com classificação POSH.	736
Figura 7.10: Postos de revenda de combustível cadastrados no Domínio VI município de Jussara.	737
Ponto JC107R Auto Posto Jussara; (b) Ponto JC111R, Posto JK.	737
Figura 7.11: Principais fontes potenciais de contaminação relacionados a cemitérios.	738

(a) e (b) JC074R, Cemitério Municipal de Itaguaçu da Bahia; (c) JC075R, Cemitério localizado no Povoado de Barreiros, Município de Itaguaçu da Bahia; (d) e (e) JC109R, Cemitério Municipal de Jussara.	738
Figura 7.12: Aterros comuns cadastrados para o domínio VI.	739
(a) e (b) Lixão municipal do Município de Jussara; (c) Lixão municipal do Município de Jussara, localizado na margem esquerda da BA052, Km 422; (d) Estrada vicinal que dá acesso ao Povoado de Queimada.	739
Figura 7.13: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Domínio VI.	740
Figura 7.14: Frequências das classes de profundidade dos poços no Domínio VI.	742
Figura 7.15: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Domínio VI.	743
Figura 7.16: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Domínio VI.	744
Figura 7.17: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Domínio VI.	745
Figura 7.18: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Domínio VI.	746
Figura 7.19: Localização dos domínios V – Bacia Irecê – a, VI – Bacia Irecê – b e VII – Bacia Salitre.	748
Figura 7.20: Distribuição espacial da produção de 76 poços em operação localizados no Domínio VI.	752
Figura 7.21: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Domínio VI, Grupo Una Pouco Deformado, com excedente hídrico.	755
Figura 8.1: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Domínio VI, Grupo Una Pouco Deformado, com excedente hídrico.	759
Figura 8.2: Mapa de estruturas cársticas do Domínio VII - Bacia Salitre.	761
Figura 8.3: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Domínio VII.	762
Figura 8.4: Uso e ocupação do solo no Domínio VII.	763
Figura 8.5: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.	771
Figura 8.6: Mapa de unidades de solo com a classificação do parâmetro P.	772
Figura 8.7: Mapa de vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Domínio VII - Bacia Salitre.	773
Figura 8.8: Classificação da vulnerabilidade para o Domínio VII - Bacia Salitre.	774
Figura 8.9: Distribuição das cargas contaminantes no domínio VII com classificação POSH.	776
Figura 8.10: Postos de revenda de combustível cadastrados nos municípios pertencentes ao domínio VII.	778
(a) Posto Brasil, localizado na Praça Gilberto Miranda, centro urbano do Município de Várzea Nova; (b) Detalhe para a cava do tanque a ser instalado; (c) Posto Esmeralda, localizado na Avenida Cândido Ribeiro Peralve, centro urbano do Município de Campo Formoso; (d) Posto Juazeiro, locado na Rodovia Lomanto junior, BR 407 km 8 - Parque Manoel Nascimento, periferia do Município de Juazeiro.	778
Figura 8.11: JC-217R Poço artesiano Localizado no Município de Várzea Nova, Povoado de Barriguda dos Rochas.	779
(a) Motor Agrale de 9,0 CV com gerador de 7,5 Cv alimentado por diesel. Vista geral da casa de Bomba, modelo Cerb; (b) Poço artesiano utilizado para consumo humano e animal; (c) Detalhe	

ilustrando o vazamento de óleo do gerador; (c) Extensão do vazamento do combustível fora da área pavimentada; (d) Destaque para a chegada do contaminante no solo.....	779
Figura 8.12: Cemitérios cadastrados nos municípios pertencentes ao domínio VII.....	780
(a) JC-163R, Cemitério Municipal de Umburanas; (b) JC-166R, Cemitério Municipal de Mirangaba; (c) e (d) JC-202R, Cemitério Municipal de Juazeiro, denunciando o padrão dos cadastrados nos municípios de Juazeiro e Campo Formoso.....	780
Figura 8.13: Disposição dos resíduos sólidos nos municípios localizados no domínio VII.....	781
(a) JC-180R lixão municipal de Campo Formoso, estrada de acesso ao Povoado de Carnaíbas; (b) JC-180R, extensão do local de descarte de material sem delimitação de limites territorial e acesso; (c) JC-164R, lixão municipal de Orolândia, locado na periferia as margens da estrada vicinal que dá acesso ao município de Umburanas; (d) JC-156R, lixão municipal de Várzea Nova locado na periferia leste.....	781
Figura 8.14: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Domínio VII.....	782
Figura 8.15: Frequências das classes de profundidade dos poços no Domínio VII.....	785
Figura 8.16: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Domínio VII.	786
Figura 8.17: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Domínio VII.	787
Figura 8.18: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Domínio VII.	788
Figura 8.19: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Domínio VII.	789
Figura 8.20: Localização dos domínios V – Bacia Irecê – a, VI – Bacia Irecê – b e VII – Bacia Salitre.	791
Figura 8.21: Distribuição espacial da produção de 367 poços em operação localizados no Domínio VII – Bacia do Salitre.	795
Figura 8.22: Mapa de localização das 2 bacias hidrográficas consideradas nos cálculos de recarga do Domínio VII.....	797
Figura 8.23: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Domínio VII.....	799
Figura 8.24: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Domínio VII, Grupo Una Pouco Deformado, com excedente hídrico.....	805

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1 – Relação entre os métodos POSH e EPIK modificado	45
Tabela 2.1 – Fontes contaminantes do Domínio I.....	46
Tabela 2.2 – Áreas de uso do solo do Domínio I.....	48
Tabela 2.3 - Dados socioeconômicos do Domínio I.	50
Tabela 2.4 – PIB do Domínio I.....	51
Tabela 2.5 – Formas de abastecimento no Domínio I.....	52
Tabela 2.6 – Existência de banheiro ou sanitário no Domínio I.....	52
Tabela 2.7 – Destinos do lixo no Domínio I.....	52
Tabela 2.8 – População e demanda para abastecimento humano (2010).	53
Tabela 2.9 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal (2010).	54
Tabela 2.10 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.	54
Tabela 2.11 – Projeção do número de cabeças para o Domínio I.....	55
Tabela 2.12 – Projeção dos métodos utilizados para irrigação no Domínio I.....	55
Tabela 2.13 – Projeção da demanda hídrica industrial para o Domínio I.....	55
Tabela 2.14 – Fontes potenciais de contaminação do Domínio I.....	60
Tabela 2.15 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Domínio I Grupo Vazante.....	63
Tabela 2.16 – Frequência da profundidade dos poços cadastrados no Domínio I Grupo Vazante.	63
Tabela 2.17 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares cadastrados no Domínio I Grupo Vazante.....	64
Tabela 2.18 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços cadastrados no Domínio I Grupo Vazante.	65
Tabela 2.19 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços cadastrados no Domínio I Grupo Vazante.	66
Tabela 2.20 – Distribuição de frequência da vazão dos poços cadastrados no Domínio I Grupo Vazante.....	67
Tabela 2.21 – Situação operacional dos 217 poços catalogados e cadastrados no Domínio I Grupo Vazante.....	68
Tabela 2.22 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.	69
Tabela 2.23 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Domínio I, usando 182 poços segundo dados do cadastro realizado no âmbito do projeto.	70
Tabela 2.24 - Produção global estimada, explotada no Domínio I - Grupo Vazante.	70
Tabela 2.25 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Domínio I Grupo Vazante.....	72
Tabela 2.26 – Informações básicas sobre a estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do Domínio I.....	75
Tabela 2.27 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Domínio I.	75
Tabela 2.28 – Áreas e valores de vazão para a estação Barra do Escurinho.	79
Tabela 2.29 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Barra da Égua.	80
Tabela 2.30 – Áreas e valores de vazão a para a estação Fazenda Córrego do Ouro.....	81
Tabela 2.31 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Poções.	82
Tabela 2.32 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte da BR-040 Paracatu.....	83
Tabela 2.33 – Áreas e valores de vazão para a estação Porto da Extrema.....	84

Tabela 2.34 – Áreas e valores de vazão para a estação Porto da Extrem – Continuação.....	85
Tabela 2.35 – Áreas e valores de vazão para a estação Porto dos Poções.	86
Tabela 2.36 – Áreas e valores de vazão para a estação Porto dos Poções – Continuação.....	87
Tabela 2.37 – Áreas e valores de vazão para a estação Santa Rosa.	88
Tabela 2.38 – Resultados de recarga encontrados para o Domínio I.	89
Tabela 2.39 – Balanço entre recarga natural e vazão explorada no Domínio I Bambuí Deformado.	92
Tabela 2.40 – Reserva permanente do Domínio I – Grupo Vazante.....	92
Tabela 3.1 – Fontes contaminantes do Subdomínio IIa.....	94
Tabela 3.2 – Áreas de uso do solo do Subdomínio IIa.....	96
Tabela 3.3 - Dados socioeconômicos do Subdomínio IIa.....	98
Tabela 3.4 – PIB do Subdomínio IIa.....	99
Tabela 3.5 – Formas de abastecimento no subdomínio IIa.	100
Tabela 3.6 – Existência de banheiro ou sanitário no subdomínio IIa.....	100
Tabela 3.7 – Destinos do lixo no subdomínio IIa.....	101
Tabela 3.8 – População e demanda para abastecimento humano (2010).	102
Tabela 3.9 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.....	102
Tabela 3.10 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.	103
Tabela 3.11 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.	104
Tabela 3.12 – Projeção dos métodos utilizados para irrigação no subdomínio IIa.....	104
Tabela 3.13 – Projeção da demanda hídrica industrial para o subdomínio IIa.....	105
Tabela 3.14 – Fontes potenciais de contaminação no Subdomínio IIa.....	109
Tabela 3.15 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Subdomínio IIa.	112
Tabela 3.16 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014) e dos novos cadastrados no Subdomínio IIa.	112
Tabela 3.17 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014) e dos novos cadastrados no Subdomínio IIa.	113
Tabela 3.18 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM e cadastrados no Subdomínio IIa.	114
Tabela 3.19 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM e cadastrados no Subdomínio IIa.	115
Tabela 3.20 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM (2014) e cadastrados no Subdomínio IIa.	116
Tabela 3.21 – Situação operacional dos 204 poços catalogados e cadastrados no Subdomínio IIa.....	117
Tabela 3.22 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.	118
Tabela 3.23 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Subdomínio IIa, usando 147 poços segundo dados do cadastro de água subterrânea realizado no âmbito do projeto.	119
Tabela 3.24 - Produção global estimada, explorada no Subdomínio IIa.....	120
Tabela 3.25 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Subdomínio IIa. ...	120
Tabela 3.26 – Informações básicas sobre as estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do Subdomínio IIa.	122
Tabela 3.27 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Subdomínio IIa.....	124
Tabela 3.28 – Áreas e valores de vazão para a estação Calciolândia.....	127

Tabela 3.29 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda da Barra	127
Tabela 3.30 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Samburá.	128
Tabela 3.31 – Áreas e valores de vazão para a estação Iguatama	129
Tabela 3.32– Áreas e valores de vazão para a estação Ponte de Chumbo.	129
Tabela 3.33– Áreas e valores de vazão para a estação Ponte de Chumbo – Continuação.....	131
Tabela 3.34 – Áreas e valores de vazão para a estação Tapiraí Jusante.....	132
Tabela 3.35 – Áreas e valores de vazão para a estação Taquaral.....	133
Tabela 3.36 – Resultados de recarga encontrados para o Subdomínio IIa.....	134
Tabela 3.37 – Balanço entre recarga natural e vazão explorada no subdomínio IIa Bambuí Deformado.	137
Tabela 3.38 – Reserva permanente do Subdomínio IIa	138
Tabela 3.39 – Fontes contaminantes do Subdomínio IIb.....	139
Tabela 3.40 – Áreas de uso do solo do Subdomínio IIb.	141
Tabela 3.41 - Dados socioeconômicos do Subdomínio IIb.....	143
Tabela 3.42 – PIB do Subdomínio IIb.....	144
Tabela 3.43 – Formas de abastecimento no subdomínio IIb.	144
Tabela 3.44 – Existência de banheiro ou sanitário no subdomínio IIb.	145
Tabela 3.45 – Destinos do lixo no subdomínio IIb.	146
Tabela 3.46 – População e demanda para abastecimento humano (2010).	146
Tabela 3.47 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.....	147
Tabela 3.48 – Estimativa da área irrigada e demanda para irrigação.....	148
Tabela 3.49 – Consumo das indústrias no Subdomínio IIb.	148
Tabela 3.50 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.	148
Tabela 3.51 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio IIb.	149
Tabela 3.52 – Projeção dos métodos utilizados para irrigação no subdomínio IIb.	149
Tabela 3.53 – Projeção da demanda hídrica industrial para o subdomínio IIb.....	149
Tabela 3.54 – Fontes potenciais de contaminação no Subdomínio IIb.....	154
Tabela 3.55 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado.	157
Tabela 3.56 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014) e dos novos cadastrados no Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado.	157
Tabela 3.57 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014) e dos novos cadastrados no Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado.	158
Tabela 3.58 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM e cadastrados no Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado.	159
Tabela 3.59 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM e cadastrados no Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado.	160
Tabela 3.60 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM (2014) e cadastrados no Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado.....	161
Tabela 3.61 – Situação operacional dos 204 poços catalogados e cadastrados no Subdomínio IIb.....	162
Tabela 3.62 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.	163

Tabela 3.63 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Subdomínio IIb, usando 155 poços com regime informado no cadastro de outorgas (IGAM, 2014).	164
Tabela 3.64 - Produção global estimada, explotada no Subdomínio IIb - Grupo Bambuí Deformado.	165
Tabela 3.65 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado.	165
Tabela 3.66 – Informações básicas sobre a estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do subdomínio IIb	168
Tabela 3.67 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Subdomínio IIb	171
Tabela 3.68 – Valores de recarga para a estação Cachoeira das Almas	174
Tabela 3.69 – Valores de recarga para a estação São Felix.....	175
Tabela 3.70 – Valores de recarga para a estação Major Porto	176
Tabela 3.71 – Valores de recarga para a estação Ponte BR-040 Prata	177
Tabela 3.72 – Valores de recarga para a estação Porto do Passarinho	178
Tabela 3.73 – Valores de recarga para a estação Veredas.....	179
Tabela 3.74 – Valores de recarga para a estação Tapiraí Jusante.....	180
Tabela 3.75 – Valores de recarga para a estação Porto do Indaiá.....	181
Tabela 3.76 – Resultados de recarga encontrados para o Subdomínio IIb.....	182
Tabela 3.77 – Parâmetros médios encontrados para Porosidade Efetiva para Fluxo com respectivas variações da descarga subterrânea específica.....	183
Tabela 3.78 – Recarga média de longo período estimada no subdomínio IIb.....	183
Tabela 3.79 – Balanço entre recarga natural e vazão explotada no subdomínio IIb Bambuí Deformado.	186
Tabela 3.80 – Reserva permanente do Subdomínio IIb.	187
Tabela 3.81 – Fontes contaminantes do Subdomínio IIc.	188
Tabela 3.82 – Áreas de uso do solo do Subdomínio IIc.....	190
Tabela 3.83 - Dados socioeconômicos do Subdomínio IIc.	192
Tabela 3.84 – PIB do Subdomínio IIc.....	193
Tabela 3.85 – Formas de abastecimento no subdomínio IIc.....	194
Tabela 3.86 – Existência de banheiro ou sanitário no subdomínio IIc.....	194
Tabela 3.87 – Destinos do lixo no subdomínio IIc.....	195
Tabela 3.88 – População e demanda para abastecimento humano (2010).	196
Tabela 3.89 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.....	196
Tabela 3.90 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.	197
Tabela 3.91 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio IIc.....	198
Tabela 3.92 – Projeção da área e demanda para irrigação no subdomínio IIc.	198
Tabela 3.93 – Projeção da demanda hídrica industrial para o subdomínio IIc.	198
Tabela 3.94 – Fontes potenciais de contaminação no Subdomínio IIc.....	203
Tabela 3.95 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Subdomínio IIc.	206
Tabela 3.96 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014) e dos novos cadastrados no Subdomínio IIc.....	206
Tabela 3.97 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014) e dos novos cadastrados no Subdomínio IIc.	207

Tabela 3.98 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM e cadastrados no Subdomínio IIc.	208
Tabela 3.99 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM e cadastrados no Subdomínio IIc.	209
Tabela 3.100 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM (2014) e cadastrados no Subdomínio IIc.....	210
Tabela 3.101 – Situação operacional dos 882 poços catalogados e cadastrados no Subdomínio IIc.	211
Tabela 3.102 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.	212
Tabela 3.103 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Subdomínio IIc, usando 236 poços com regime informado no cadastro de outorgas (IGAM, 2014).	213
Tabela 3.104 - Produção global estimada, explotada no Subdomínio IIc.	214
Tabela 3.105 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Subdomínio IIc... 214	214
Tabela 3.106 – Informações básicas sobre a estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do Subdomínio IIc.....	216
Tabela 3.107 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Subdomínio IIc.	219
Tabela 3.108 – Valores de recarga para a estação Buritis – Jusante.	222
Tabela 3.109 – Valores de recarga para a estação Fazenda Barra da Égua.	223
Tabela 3.110 – Valores de recarga para a estação Ponte da BR-040 Paracatu.....	224
Tabela 3.111 – Valores de recarga para a estação Ponte BR-040 Prata.	225
Tabela 3.112 – Valores de recarga para a estação Porto Alegre.	226
Tabela 3.113 – Valores de recarga para a estação Porto Alegre – Continuação.	227
Tabela 3.114 – Valores de recarga para a estação Porto da Extrema.	228
Tabela 3.115 – Valores de recarga para a estação Porto da Extrema – Continuação.	229
Tabela 3.116 – Valores de recarga para a estação Porto dos Poços.....	230
Tabela 3.117 – Valores de recarga para a estação Santa Rosa.	231
Tabela 3.118 – Valores de recarga para a estação Santo Inácio.	231
Tabela 3.119 – Valores de recarga para a estação Vila Urucuia.	233
Tabela 3.120 – Resultados de recarga encontrados para o Subdomínio IIc.	234
Tabela 3.121 – Balanço entre recarga natural e vazão explotada no subdomínio IIc.	237
Tabela 3.122 – Reserva permanente do Subdomínio IIc.	238
Tabela 3.123 – Fontes contaminantes do Subdomínio IId.....	239
Tabela 3.124 – Áreas de uso do solo do Subdomínio IId.	241
Tabela 3.125 - Dados socioeconômicos do Subdomínio IId.....	243
Tabela 3.126 – PIB do Subdomínio IId.....	244
Tabela 3.127 – Formas de abastecimento no subdomínio IId.	245
Tabela 3.128 – Existência de banheiro ou sanitário no subdomínio IId.	245
Tabela 3.129 – Destinos do lixo no subdomínio IId.	246
Tabela 3.130 – População e demanda para abastecimento humano (2010).	247
Tabela 3.131 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.....	247
Tabela 3.132 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.	248
Tabela 3.133 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio IId.	249
Tabela 3.134 – Projeção dos métodos utilizados para irrigação no subdomínio IId.	249

Tabela 3.135 – Projeção da demanda hídrica industrial para o subdomínio IId.....	250
Tabela 3.136 – Fontes potenciais de contaminação no Subdomínio IId.....	254
Tabela 3.137 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Subdomínio IId.....	257
Tabela 3.138 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IId.	257
Tabela 3.139 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), na COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IId.	258
Tabela 3.140 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM, COPASA e cadastrados no Subdomínio IId.....	259
Tabela 3.141 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM, COPASA e cadastrados no Subdomínio IId.....	260
Tabela 3.142 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM (2014), COPASA e cadastrados no Subdomínio IId.	261
Tabela 3.143 – Situação operacional dos 204 poços catalogados e cadastrados no Subdomínio IId.....	262
Tabela 3.144 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.	263
Tabela 3.145 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Subdomínio IId, usando 236 poços com regime informado no cadastro de outorgas (IGAM, 2014).	264
Tabela 3.146 - Produção global estimada, explotada no Subdomínio IId.....	265
Tabela 3.147 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Subdomínio IId. .	265
Tabela 3.148 – Informações básicas sobre as estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do Subdomínio IId.	267
Tabela 3.149 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Subdomínio IId.	269
Tabela 3.150 – Valores de recarga para a estação Arinos – Montante.	272
Tabela 3.151 – Valores de recarga para a estação Buritys – Jusante	273
Tabela 3.152 – Valores de recarga para a estação Fazenda Carvalho.	274
Tabela 3.153 – Valores de recarga para a estação Porto Alegre.	275
Tabela 3.154 – Valores de recarga para a estação Porto Alegre – Continuação.	276
Tabela 3.155 – Valores de recarga para a estação Porto da Extrema.	277
Tabela 3.156 – Valores de recarga para a estação Porto da Extrema – Continuação.	278
Tabela 3.157 – Valores de recarga para a estação Porto dos Poços.....	279
Tabela 3.158 – Valores de recarga para a estação Porto dos Poços – Continuação.....	280
Tabela 3.159 – Valores de recarga para a estação Santo Inácio.....	281
Tabela 3.160– Valores de recarga para a estação Vila Urucuia.	282
Tabela 3.161 – Resultados de recarga encontrados para o Subdomínio IId.....	283
Tabela 3.162 – Balanço entre recarga natural e vazão explotada supondo um regime operacional médio de 10,22 horas/dia no subdomínio IId Bambuí Deformado.	286
Tabela 3.163 – Reserva permanente do Subdomínio IId.....	286
Tabela 4.1 – Fontes contaminantes do Subdomínio IIIa.....	289
Tabela 4.2 – Áreas de uso do solo do Subdomínio IIIa.....	291
Tabela 4.3 - Dados socioeconômicos do Subdomínio IIIa.....	293
Tabela 4.4 – PIB do Subdomínio IIIa.....	294
Tabela 4.5 – Formas de abastecimento no subdomínio IIIa.	295

Tabela 4.6 – Existência de banheiro ou sanitário no subdomínio IIIa.....	295
Tabela 4.7 – Destinos do lixo no subdomínio IIIa.....	296
Tabela 4.8 – População e demanda para abastecimento humano (2010).	297
Tabela 4.9 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.....	297
Tabela 4.10 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.	298
Tabela 4.11 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio IIIa.	299
Tabela 4.12 – Projeção dos métodos utilizados para irrigação no subdomínio IIIa.....	299
Tabela 4.13 – Projeção da demanda hídrica industrial para o subdomínio IIIa.....	300
Tabela 4.14 – Fontes potenciais de contaminação no Subdomínio IIIa.....	304
Tabela 4.15 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Subdomínio IIIa.	307
Tabela 4.16 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IIIa.	307
Tabela 4.17 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), na COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IIIa. ...	308
Tabela 4.18 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM, COPASA e cadastrados no Subdomínio IIIa.	309
Tabela 4.19 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM, COPASA e cadastrados no Subdomínio IIIa.	310
Tabela 4.20 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM (2014), COPASA e cadastrados no Subdomínio IIIa.	311
Tabela 4.21 – Situação operacional dos 204 poços catalogados e cadastrados no Subdomínio IIIa.....	312
Tabela 4.22 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.	313
Tabela 4.23 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Subdomínio IIIa, usando 309 poços segundo dados do cadastro de água subterrânea da ANA realizado no âmbito do projeto.	314
Tabela 4.24 - Produção global estimada, explotada no Subdomínio IIIa.....	315
Tabela 4.25 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Subdomínio IIIa. ..	316
Tabela 4.26 – Informações básicas sobre a estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do Subdomínio IIIa.	318
Tabela 4.27 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Subdomínio IIIa.	320
Tabela 4.28 – Áreas e valores de vazão para a estação Abaeté.....	323
Tabela 4.29 – Áreas e valores de vazão para a estação Martinho Campos.....	324
Tabela 4.30 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte da Taquara.....	325
Tabela 4.31 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte do Chumbo.....	326
Tabela 4.31 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte do Chumbo – Continuação.....	327
Tabela 4.32 – Áreas e valores de vazão para a estação Taquaral.....	328
Tabela 4.33 – Resultados de recarga encontrados para o Subdomínio IIIa.....	329
Tabela 4.34 – Balanço entre recarga natural e vazão explotada no subdomínio IIIa Bambuí Pouco Deformado.	332
Tabela 4.35 – Fontes contaminantes do Subdomínio IIIb.....	333
Tabela 4.36 – Áreas de uso do solo do Subdomínio IIIb.	336
Tabela 4.37 - Dados socioeconômicos do Subdomínio IIIb.....	338
Tabela 4.38 – PIB do Subdomínio IIIb.....	339

Tabela 4.39 – Formas de abastecimento no subdomínio IIIb.	339
Tabela 4.40 – Existência de banheiro ou sanitário no subdomínio IIIb.	340
Tabela 4.41 – Destinos do lixo no subdomínio IIIb.	341
Tabela 4.42 – População e demanda para abastecimento humano (2010).	342
Tabela 4.43 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.	342
Tabela 4.44 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.	343
Tabela 4.45 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio IIIb.	343
Tabela 4.46 – Projeção dos métodos utilizados para irrigação no subdomínio IIIb.	344
Tabela 4.47 – Projeção da demanda hídrica industrial para o subdomínio IIIb.	344
Tabela 4.48 – Fontes potenciais de contaminação no Subdomínio IIIb.	349
Tabela 4.49 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Subdomínio IIIb Grupo Bambuí Deformado.	352
Tabela 4.50 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014) no Subdomínio IIIb.	352
Tabela 4.51 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM e no IGAM (2014) no Subdomínio IIIb.	353
Tabela 4.52 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM e IGAM no Subdomínio IIIb.	354
Tabela 4.53 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM e IGAM no Subdomínio IIIb.	355
Tabela 4.54 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM e IGAM (2014) no Subdomínio IIIb.	356
Tabela 4.55 – Situação operacional dos 542 poços catalogados e cadastrados no Subdomínio IIIb.	357
Tabela 4.56 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.	358
Tabela 4.57 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Subdomínio IIIb, usando 229 poços com regime informado no cadastro de outorgas (IGAM, 2014).	359
Tabela 4.58 - Produção global estimada, explotada no Subdomínio IIIb.	360
Tabela 4.59 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Subdomínio IIIb. ..	360
Tabela 4.60 – Informações básicas sobre as estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do subdomínio IIIb.	362
Tabela 4.61 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Subdomínio IIIb.	365
Tabela 4.62 – Áreas e valores de vazão para a estação Arinos – Montante.	368
Tabela 4.63 – Áreas e valores de vazão para a estação Cachoeira das Almas.	369
Tabela 4.64 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Carvalho.	370
Tabela 4.65 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Umburana – Montante.	371
Tabela 4.66 – Áreas e valores de vazão para a estação Lagoa das Pedras.	372
Tabela 4.67 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte do Bicudo.	372
Tabela 4.68 – Áreas e valores de vazão para a estação Porto Alegre.	374
Tabela 4.68 – Áreas e valores de vazão para a estação Porto Alegre – Continuação.	375
Tabela 4.69 – Áreas e valores de vazão para a estação Santo Inácio.	376
Tabela 4.70 – Áreas e valores de vazão para a estação Vila Urucuia.	377
Tabela 4.71 – Áreas e valores de vazão para a estação Várzea da Palma.	378

Tabela 4.71 – Áreas e valores de vazão para a estação Várzea da Palma – Continuação.	379
Tabela 4.72 – Resultados de recarga encontrados para o Subdomínio IIIb.....	380
Tabela 4.73 – Balanço entre recarga natural e vazão explotada no subdomínio IIIb.....	383
Tabela 4.73 – Fontes contaminantes do Subdomínio IIIc.	385
Tabela 4.74 – Áreas de uso do solo do Subdomínio IIIc.....	387
Tabela 4.75- Dados socioeconômicos do Subdomínio IIIc.	389
Tabela 4.76 – PIB do Subdomínio IIIc.....	390
Tabela 4.77 – Formas de abastecimento no subdomínio IIIc.....	391
Tabela 4.78 – Existência de banheiro ou sanitário no subdomínio IIIc.....	391
Tabela 4.79 – Destinos do lixo no subdomínio IIIc.....	392
Tabela 4.80 – População e demanda para abastecimento humano (2010).	393
Tabela 4.81 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.....	393
Tabela 4.82 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.	394
Tabela 4.83 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio IIIc em Minas Gerais.....	395
Tabela 4.84 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio IIIc na Bahia.....	395
Tabela 4.85 – Projeção da área e demanda para irrigação no subdomínio IIIc.	396
Tabela 4.86 – Projeção da demanda hídrica industrial para o subdomínio IIIc.	396
Tabela 4.87 – Fontes potenciais de contaminação no Subdomínio IIIc.....	401
Tabela 4.87 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Subdomínio IIIc.	404
Tabela 4.88 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), CERB e dos novos cadastrados no Subdomínio IIIc.	404
Tabela 4.89 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), CERB e dos novos cadastrados no Subdomínio IIIc.	405
Tabela 4.90 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM, CERB e cadastrados no Subdomínio IIIc.	406
Tabela 4.91– Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM, CERB e cadastrados no Subdomínio IIIc.	407
Tabela 4.92 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM (2014), CERB e cadastrados no Subdomínio IIIc.	408
Tabela 4.93 – Situação operacional dos 542 poços catalogados e cadastrados no Subdomínio IIIc.	409
Tabela 4.94 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.	410
Tabela 4.95 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Subdomínio IIIc, usando 45 poços com regime informado no cadastro de outorgas (IGAM, 2014).	411
Tabela 4.96 - Produção global estimada, explotada no Subdomínio IIIc.....	412
Tabela 4.97 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Subdomínio IIIc....	412
Tabela 4.98 – Informações básicas sobre as estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do Subdomínio IIIc.....	414
Tabela 4.99 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Subdomínio IIIc.	417
Tabela 4.100 – Áreas e valores de vazão para a estação Arinos – Montante.....	421
Tabela 4.101 – Áreas e valores de vazão para a estação Arrojado.....	422
Tabela 4.102 – Áreas e valores de vazão para a estação Barreiras.....	423
Tabela 4.103 – Áreas e valores de vazão para a estação Boqueirão.	424

Tabela 4.104 – Áreas e valores de vazão para a estação Capitânea.....	425
Tabela 4.105– Áreas e valores de vazão para a estação Colônia do Formoso.....	426
Tabela 4.106 – Áreas e valores de vazão para a estação Derocal.....	427
Tabela 4.107 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Bom Retiro.....	428
Tabela 4.108 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Coqueiro.	429
Tabela 4.109 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Porto Limpo.	430
Tabela 4.110 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Redenção.	431
Tabela 4.111 – Áreas e valores de vazão para a estação Juvenília.	432
Tabela 4.112 – Áreas e valores de vazão para a estação Lagoa das Pedras.	433
Tabela 4.113 – Áreas e valores de vazão para a estação Mocambo.....	434
Tabela 4.114 – Áreas e valores de vazão para a estação Nova Vida – Montante.....	435
Tabela 4.115 – Áreas e valores de vazão para a estação Porto Novo.....	436
Tabela 4.116 – Áreas e valores de vazão para a estação Santo Inácio.	437
Tabela 4.117 – Áreas e valores de vazão para a estação São Sebastião.....	438
Tabela 4.118 – Áreas e valores de vazão para a estação Sítio Grande.	439
Tabela 4.119 – Áreas e valores de vazão para a estação Taguá.	440
Tabela 4.120 – Áreas e valores de vazão para a estação Usina do Pandeiros – Montante.....	441
Tabela 4.121 – Áreas e valores de vazão para a estação Vila Urucuia.....	442
Tabela 4.122 – Resultados de recarga encontrados para o Subdomínio IIIc.	443
Tabela 4.123 – Balanço entre recarga natural e vazão explorada no subdomínio IIIc.	446
Tabela 4.123 – Balanço entre recarga natural e vazão explorada no subdomínio IIIc – Continuação.	446
Tabela 4.123 – Fontes contaminantes do Subdomínio IIIId.....	449
Tabela 4.124 – Áreas de uso do solo do Subdomínio IIIId.	451
Tabela 4.125 - Dados socioeconômicos do Subdomínio IIIId.....	453
Tabela 4.126 – PIB do Subdomínio IIIId.....	454
Tabela 4.127 – Formas de abastecimento no subdomínio IIIId.	455
Tabela 4.128 – Existência de banheiro ou sanitário no subdomínio IIIId.	455
Tabela 4.129 – Destinos do lixo no subdomínio IIIId.	456
Tabela 4.130 – População e demanda para abastecimento humano (2010).	457
Tabela 4.131 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.....	458
Tabela 4.132 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.	459
Tabela 4.133 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio IIIId em Minas Gerais.	459
Tabela 4.134 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio IIIId na Bahia.	460
Tabela 4.135 – Projeção da área e demanda para irrigação no subdomínio IIIId.....	460
Tabela 4.136 – Projeção da demanda hídrica industrial para o subdomínio IIIId.....	460
Tabela 4.137 – Fontes potenciais de contaminação no Subdomínio IIIId.....	465
Tabela 4.138 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Subdomínio IIIId.....	468
Tabela 4.139 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), CERB, COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IIIId.....	468
Tabela 4.140 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), CERB, COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IIIId.	469
Tabela 4.141 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM, CERB, COPASA e cadastrados no Subdomínio IIIId.....	470

Tabela 4.142 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM, CERB, COPASA e cadastrados no Subdomínio IIIId.....	471
Tabela 4.143 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM (2014), CERB, COPASA e cadastrados no Subdomínio IIIId.....	472
Tabela 4.144 – Situação operacional dos 2.596 poços catalogados e cadastrados no Subdomínio IIIId.	473
Tabela 4.145 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.	474
Tabela 4.146 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Subdomínio IIIId, usando 279 poços com regime informado no cadastro de outorgas (IGAM, 2014).	475
Tabela 4.147 - Produção global estimada, explotada no Subdomínio IIIId.....	476
Tabela 4.148 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Subdomínio IIIId.	476
Tabela 4.149 – Informações básicas sobre as estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do Subdomínio IIIId.	478
Tabela 4.150 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Subdomínio IIIId.	480
Tabela 4.151 – Áreas e valores de vazão para a estação Colônia do Jaíba.....	483
Tabela 4.152 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Umburana – Montante.....	484
Tabela 4.153 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte dos Ciganos.	485
Tabela 4.154 – Resultados de recarga encontrados para o Subdomínio IIIId.....	486
Tabela 4.155 – Balanço entre recarga natural e vazão explotada no subdomínio IIIId.	489
Tabela 4.156 – Fontes contaminantes do Subdomínio IIIId.	491
Tabela 4.157 – Áreas de uso do solo do Subdomínio IIIId.	493
Tabela 4.158 - Dados socioeconômicos do Subdomínio IIIId.	495
Tabela 4.159 – PIB do Subdomínio IIIId.....	496
Tabela 4.160 – Formas de abastecimento no subdomínio IIIId.	497
Tabela 4.161 – Existência de banheiro ou sanitário no subdomínio IIIId.	497
Tabela 4.162 – Destinos do lixo no subdomínio IIIId.	498
Tabela 4.163 – População e demanda para abastecimento humano (2010).	499
Tabela 4.164 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.....	500
Tabela 4.165 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.	501
Tabela 4.166 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio IIIId em Minas Gerais.	501
Tabela 4.167 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio IIIId na Bahia.	502
Tabela 4.168 – Projeção da área e demanda para irrigação no subdomínio IIIId.....	502
Tabela 4.169 – Projeção da demanda hídrica industrial para o subdomínio IIIId.....	503
Tabela 4.170 – Fontes potenciais de contaminação no Subdomínio IIIId.....	507
Tabela 4.171 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Subdomínio IIIId.	510
Tabela 4.172 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), CERB, COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IIIId.	510
Tabela 4.173 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), CERB, COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IIIId.	511
Tabela 4.174 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM, CERB, COPASA e cadastrados no Subdomínio IIIId.....	512

Tabela 4.175 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM, CERB, COPASA e cadastrados no Subdomínio IIIe.....	513
Tabela 4.176 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM (2014), CERB, COPASA e cadastrados no Subdomínio IIIe.	514
Tabela 4.177 – Situação operacional dos 1.724 poços catalogados e cadastrados no Subdomínio IIIe.	515
Tabela 4.178 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.	516
Tabela 4.179 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Subdomínio IIIe, usando 156 poços com regime informado no cadastro de outorgas (IGAM, 2014).	517
Tabela 4.180 - Produção global estimada, explotada no Subdomínio IIIe.....	518
Tabela 4.181 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Subdomínio IIIe.	519
Tabela 4.182 – Informações básicas sobre as estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do Subdomínio IIIe.	521
Tabela 4.183 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Subdomínio IIIe.	524
Tabela 4.184 – Áreas e valores de vazão para a estação Arrojado.....	528
Tabela 4.185 – Áreas e valores de vazão para a estação Barreiras.....	529
Tabela 4.186 – Áreas e valores de vazão para a estação Boqueirão.	530
Tabela 4.187 – Áreas e valores de vazão para a estação Capitânea.....	531
Tabela 4.188 – Áreas e valores de vazão para a estação Colônia do Formoso.....	532
Tabela 4.189 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Bom Retiro.....	533
Tabela 4.190 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Coqueiro.	534
Tabela 4.191 – Áreas e valores de vazão para a estação Juvenília.	535
Tabela 4.192 – Áreas e valores de vazão para a estação Lagoa das Pedras.	535
Tabela 4.193 – Áreas e valores de vazão para a estação Mocambo.....	537
Tabela 4.194 – Áreas e valores de vazão para a estação Porto Novo.....	538
Tabela 4.195 – Áreas e valores de vazão para a estação Santo Inácio.	539
Tabela 4.196 – Áreas e valores de vazão para a estação São Sebastião.....	540
Tabela 4.197 – Áreas e valores de vazão para a estação Sítio Grande.	541
Tabela 4.198 – Áreas e valores de vazão para a estação Taguá.	541
Tabela 4.199 – Áreas e valores de vazão para a estação Usina dos Pandeiros.	542
Tabela 4.200 – Resultados de recarga encontrados para o Subdomínio IIIId.....	543
Tabela 4.201 – Balanço entre recarga natural e vazão explotada no subdomínio IIIe.	546
Tabela 5.1 – Fontes contaminantes do Subdomínio IVa.....	549
Tabela 5.2 – Áreas de uso do solo do Subdomínio IVa.	551
Tabela 5.3 - Dados socioeconômicos do Subdomínio IVa.....	553
Tabela 5.4 – PIB do Subdomínio IVa.	554
Tabela 5.5 – Fontes de abastecimento no subdomínio IVa.	555
Tabela 5.6 – Existência de banheiro ou sanitário no subdomínio IVa.	555
Tabela 5.7 – Destinos do lixo no subdomínio IVa.	556
Tabela 5.8 – População e demanda para abastecimento humano (2010).	557
Tabela 5.9 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.....	557
Tabela 5.10 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.	558
Tabela 5.11 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio IVa em Minas Gerais.	559

Tabela 5.12 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio IVa na Bahia.	559
Tabela 5.13 – Projeção da área e demanda para irrigação no subdomínio IVa.....	560
Tabela 5.14 – Projeção da demanda hídrica industrial para o subdomínio IVa.....	560
Tabela 5.15 – Fontes potenciais de contaminação do subdomínio IVa.....	565
Tabela 5.16 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Subdomínio IVa.....	569
Tabela 5.17 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), CERB, COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IVa.....	569
Tabela 2.18 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), CERB, COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IVa.	570
Tabela 5.19 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM, CERB, COPASA e cadastrados no Subdomínio IVa.	571
Tabela 5.20 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM, CERB, COPASA e cadastrados no Subdomínio IVa.	572
Tabela 5.21 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM (2014), CERB, COPASA e cadastrados no Subdomínio IVa.....	573
Tabela 5.22 – Situação operacional dos 1.724 poços catalogados e cadastrados no Subdomínio IVa.....	574
Tabela 5.23 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.	575
Tabela 5.24 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Subdomínio IVa, usando 1.174 poços com regime informado no cadastro de outorgas (IGAM, 2014).	576
Tabela 2.25 - Produção global estimada, explotada no Subdomínio IVa.....	576
Tabela 5.26 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Subdomínio IVa. ..	578
Tabela 5.27 – Informações básicas sobre a estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do Subdomínio IVa.	580
Tabela 5.28 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Subdomínio IVa.	583
Tabela 5.29 – Áreas e valores de vazão para a estação Capitão Enéas.	586
Tabela 5.30 – Áreas e valores de vazão para a estação Claro dos Poções.....	587
Tabela 5.31 – Áreas e valores de vazão para a estação Colônia do Jaíba.....	588
Tabela 5.32 – Áreas e valores de vazão para a estação Curimataí.	589
Tabela 5.33 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Umburana.....	590
Tabela 5.34 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte Preta.	591
Tabela 5.35 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte da Taquara.	592
Tabela 5.36 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte do Bicudo.	593
Tabela 5.37 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte do Licínio.	594
Tabela 5.37 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte do Licínio – Continuação.	595
Tabela 5.37 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte do Licínio – Continuação.	596
Tabela 5.38 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte do Picão.....	597
Tabela 5.39 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte dos Ciganos.	598
Tabela 5.40 – Áreas e valores de vazão para a estação Presidente Juscelino.	599
Tabela 5.41 – Áreas e valores de vazão para a estação Santo Hipólito.	600
Tabela 5.41 – Áreas e valores de vazão para a estação Santo Hipólito – Continuação.	601
Tabela 5.42 – Áreas e valores de vazão para a estação Vespasiano.....	602

Tabela 5.43 – Áreas e valores de vazão para a estação Várzea da Palma.	603
Tabela 5.43 – Áreas e valores de vazão para a estação Várzea da Palma – Continuação.	604
Tabela 5.43 – Áreas e valores de vazão para a estação Várzea da Palma – Continuação.	605
Tabela 5.44 – Resultados de recarga encontrados para o Subdomínio IVa.....	606
Tabela 5.45 – Balanço entre recarga natural e vazão explotada supondo um regime operacional médio de 10,22 horas/dia no subdomínio IVa.....	609
Tabela 5.46 – Reserva permanente do Subdomínio IVa do Domínio IV.	610
Tabela 5.47 – Fontes contaminantes do Subdomínio IVb.....	611
Tabela 5.48 – Áreas de uso do solo do Subdomínio IVb.	613
Tabela 5.49 - Dados socioeconômicos do Subdomínio IVb.....	616
Tabela 5.50 – PIB do Subdomínio IVb.	617
Tabela 5.51 – Formas de abastecimento no subdomínio IVb.	617
Tabela 5.52 – Existência de banheiro ou sanitário no subdomínio IVb.	618
Tabela 5.53– Destinos do lixo no subdomínio IVb.	618
Tabela 5.54 – População e demanda para abastecimento humano (2010).	619
Tabela 5.55 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.....	620
Tabela 5.56 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.	621
Tabela 5.57 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio IVb.	621
Tabela 5.58 – Projeção dos métodos utilizados para irrigação no subdomínio IVb.	622
Tabela 5.59 – Projeção da demanda hídrica industrial para o subdomínio IVb.	622
Tabela 5.60 – Fontes potenciais de contaminação do subdomínio IVb.....	628
Tabela 5.61 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Subdomínio IVb Grupo Bambuí Deformado.	634
Tabela 5.62 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), na COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IVb.	634
Tabela 5.63 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), na COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IVb....	635
Tabela 5.64 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, na COPASA, no IGAM e dos novos cadastrados no Subdomínio IVb.	636
Tabela 5.65 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM, na COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IVb.	637
Tabela 5.66 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), na COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IVb.....	638
Tabela 5.67 – Situação operacional dos 1.129 poços catalogados e cadastrados no Subdomínio IVb.	639
Tabela 5.68 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.	640
Tabela 5.69 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Subdomínio IVb, usando 1.174 poços com regime informado no cadastro de outorgas (IGAM, 2014).	641
Tabela 5.70 - Produção global estimada, explotada no Subdomínio IVb.	641
Tabela 5.71 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Subdomínio IVb. ..	643
Tabela 5.72 – Informações básicas sobre a estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do subdomínio IVb.....	645

Tabela 5.73 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Subdomínio IVb.	647
.....	647
Tabela 5.74 – Áreas e valores de vazão para a estação Capitão Enéas.	650
Tabela 5.75 – Áreas e valores de vazão para a estação Colônia do Jaíba.	651
Tabela 5.76 – Áreas e valores de vazão para a estação de Curimataí.	652
Tabela 5.77 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Umburana – Montante.	653
Tabela 5.78 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte do Licínio – Jusante.	654
Tabela 5.78 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte do Licínio – Jusante – Continuação.	655
.....	655
Tabela 5.79 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte dos Ciganos.	656
Tabela 5.80 – Áreas e valores de vazão para a estação Presidente Juscelino – Jusante.	657
Tabela 5.81 – Áreas e valores de vazão para a estação Santo Hipólito.	658
Tabela 5.81 – Áreas e valores de vazão para a estação Santo Hipólito – Continuação.	659
Tabela 5.82 – Áreas e valores de vazão para a estação Várzea da Palma.	660
Tabela 5.82 – Áreas e valores de vazão para a estação Várzea da Palma – Continuação.	661
Tabela 5.82 – Áreas e valores de vazão para a estação Várzea da Palma – Continuação.	662
Tabela 5.83 – Resultados de recarga encontrados para o Subdomínio IVb.	663
Tabela 5.84 – Balanço entre recarga natural e vazão explotada supondo um regime operacional médio de 10,22 horas/dia no subdomínio IVb.	666
Tabela 5.85 – Reserva permanente do Subdomínio IVb.	668
Tabela 6.1 – Fontes contaminantes do Domínio V.	671
Tabela 6.2 – Áreas de uso do solo do Domínio V.	673
Tabela 6.3 - Dados socioeconômicos do Domínio V.	675
Tabela 6.4 – PIB do Domínio V.	676
Tabela 6.5 – Formas de abastecimento no Domínio V.	677
Tabela 6.6 – Existência de banheiro ou sanitário no Domínio V.	677
Tabela 6.7 – Destinos do lixo no Domínio V.	678
Tabela 6.8 – População e demanda para abastecimento humano (2010).	678
Tabela 6.9 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.	679
Tabela 6.10 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.	680
Tabela 6.11 – Projeção do número de cabeças para o Domínio V.	680
Tabela 6.12 – Projeção dos métodos utilizados para irrigação no Domínio V.	681
Tabela 6.13 – Projeção da demanda hídrica industrial para o Domínio V.	681
Tabela 6.14 – Fontes potenciais de contaminação do Domínio V Bacia de Irecê-a.	686
Tabela 6.15 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Domínio V.	694
Tabela 6.16 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no INEMA, na CODEVASF, na CERB e dos novos cadastrados no Domínio V.	694
Tabela 6.17 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM, no INEMA, na CODEVASF, na CERB e dos novos cadastrados no Domínio V.	695
Tabela 6.18 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no INEMA, na CODEVASF, na CERB e dos novos cadastrados no Domínio V.	696
Tabela 6.19 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no INEMA, na CODEVASF, na CERB e dos novos cadastrados no Domínio V.	697

Tabela 6.20 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no INEMA, na CODEVASF, na CERB e dos novos cadastrados no Domínio V.....	698
Tabela 6.21 – Situação operacional dos 3.365 poços catalogados e cadastrados no Domínio V.	699
Tabela 6.22 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.	700
Tabela 3.23 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Domínio V, usando 106 poços segundo dados do cadastro de água subterrânea da ANA realizado no âmbito do projeto.	701
Tabela 6.24 - Produção global estimada, explotada no Domínio V.	702
Tabela 6.25 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Domínio V.....	703
Tabela 6.26 – Informações básicas sobre as estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do Domínio V.....	705
Tabela 6.27 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Domínio V.	707
Tabela 6.28 – Áreas e valores de vazão para a estação Jaguaraci.	710
Tabela 6.29 – Áreas e valores de vazão para a estação Rio Verde II.	711
Tabela 6.30 – Resultados de recarga encontrados para o Domínio V.	712
Tabela 6.31 – Balanço entre recarga natural e vazão explotada no Domínio V Salitre Pouco Deformado.	715
Tabela 6.32 – Reserva permanente do Domínio V – Bacia de Irecê a.	717
Tabela 7.1 – Fontes contaminantes do Domínio VI.	720
Tabela 7.2 – Áreas de uso do solo do Domínio VI.....	722
Tabela 7.3 - Dados socioeconômicos do Domínio VI.	724
Tabela 7.4 – PIB do Domínio VI.	725
Tabela 7.5 – Formas de abastecimento no Domínio VI.	726
Tabela 7.6 – Existência de banheiro ou sanitário no Domínio VI.....	726
Tabela 7.7 – Destinos do lixo no Domínio VI.....	727
Tabela 7.8 – População e demanda para abastecimento humano (2010).	727
Tabela 7.9 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.....	728
Tabela 7.10 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.	728
Tabela 7.11 – Projeção do número de cabeças para o Domínio VI.	729
Tabela 7.12 – Projeção dos métodos utilizados para irrigação no Domínio VI.....	730
Tabela 7.13 – Projeção da demanda hídrica industrial para o Domínio VI.	730
Tabela 7.14 – Fontes potenciais de contaminação do Domínio VI Bacia de Irecê-b	735
Tabela 7.15 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Domínio VI.	741
Tabela 7.16 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM e na CERB no Domínio VI.....	742
Tabela 7.17 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM e na CERB no Domínio VI.....	743
Tabela 7.18 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM e na CERB no Domínio VI.....	744
Tabela 7.19 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM e na CERB para o Domínio VI.....	745
Tabela 7.20 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM e na CERB para o Domínio VI.	746

Tabela 7.21 – Situação operacional dos 345 poços catalogados e cadastrados no Domínio VI.	746
Tabela 7.22 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.	747
Tabela 7.23 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Domínio V e adotado no Domínio VI, usando 106 poços segundo dados do cadastro de água subterrânea da ANA realizado no âmbito do projeto.....	749
Tabela 7.24 - Produção global estimada, explotada no Domínio VI.	750
Tabela 7.25 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Domínio VI.....	751
Tabela 7.26 - Percentuais de distribuição das litologias no Domínio VI.	753
Tabela 7.27 – Balanço entre recarga natural e vazão explotada no Domínio VI Bambuí Pouco Deformado.	756
Tabela 7.28 – Reserva permanente do Domínio VI – Bacia de Irecê b.	758
Tabela 7.29 – Estimativa da taxa de recarga no Domínio VI – Bacia de Irecê b.	758
Tabela 8.1 – Fontes contaminantes do Domínio VII.	760
Tabela 8.2 – Áreas de uso do solo do Domínio VII.	762
Tabela 8.3 - Dados socioeconômicos do Domínio VII.	764
Tabela 8.4 – PIB do Domínio VII.	765
Tabela 8.5 – Formas de abastecimento no Domínio VII.	766
Tabela 8.6 – Existência de banheiro ou sanitário no Domínio VII.....	766
Tabela 8.7 – Destinos do lixo no Domínio VII.....	767
Tabela 8.8 – População e demanda para abastecimento humano (2010).	767
Tabela 8.9 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.....	768
Tabela 8.10 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.	769
Tabela 8.11 – Projeção do número de cabeças para o Domínio VII.	769
Tabela 8.12 – Projeção dos métodos utilizados para irrigação no Domínio VII.....	770
Tabela 8.13 – Projeção da demanda hídrica industrial para o Domínio VII.....	770
Tabela 8.14 – Fontes potenciais de contaminação do subdomínio IVa.....	774
Tabela 8.15 – Fontes potenciais de contaminação do domínio VII com índice POSH.	775
Tabela 8.16 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Domínio VII.	784
Tabela 8.17 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, CERB e dos novos cadastrados no Domínio VII.....	784
Tabela 8.18 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM, na CERB e dos novos cadastrados no Domínio VII.....	785
Tabela 8.19 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, na CERB e dos novos cadastrados no Domínio VII.	786
Tabela 8.20 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, na CERB e dos novos cadastrados no Domínio VII.	787
Tabela 8.21 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, na CERB e dos novos cadastrados no Domínio VII.....	788
Tabela 8.22 – Situação operacional dos 983 poços catalogados e cadastrados no Domínio VII.	789
Tabela 8.23 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.	790
Tabela 8.24 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Domínio V e adotado no Domínio VII, usando 106 poços segundo dados do cadastro de água subterrânea da ANA realizado no âmbito do projeto.....	792

Tabela 8.25 - Produção global estimada, explotada no Domínio VII.	793
Tabela 8.26 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Domínio VII.	794
Tabela 8.27 – Informações básicas sobre a estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do Domínio VII.	796
Tabela 8.28 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Domínio VII.	798
Tabela 8.29 – Áreas e valores de vazão para a estação Abreus.	801
Tabela 8.30 – Áreas e valores de vazão para a estação Jaguaraci.	802
Tabela 8.31 – Resultados de recarga encontrados para o Domínio VII.	803
Tabela 8.32 – Balanço entre recarga natural e vazão explotada no Domínio VII Bambuí Pouco Deformado.	806
Tabela 8.33 – Reserva permanente do Domínio VII - Bacia do Salitre.	807

1 Introdução

Os Domínios hidrogeológicos foram definidos, no presente trabalho, como grandes áreas com feições semelhantes, quanto à geomorfologia, geologia, estrutura, padrões de deformação, litologia, hidrogeologia, recarga e descarga. Com o objetivo de representar de forma eficiente o carste da bacia do São Francisco, tendo em vista a gestão dos recursos hídricos, foi proposta uma abordagem integrada, para a definição dos domínios e subdomínios, pois, além da importância dos ricos atributos espeleológicos, arqueológicos e paleontológicos que demandam um manejo especial, o carste tem grande relevância no cenário hídrico superficial e subterrâneo dos distintos estados banhados pelo rio e seus afluentes.

Tendo em vista a grande extensão da bacia do São Francisco e as importantes diferenças na constituição do substrato geológico, bem como em suas características geomorfológicas e climáticas, é importante espacializar tais informações, além de conhecer os elementos e processos que se relacionam ao carste, com o objetivo não apenas de representar em mapa as estruturas típicas da paisagem cárstica, mas de fornecer subsídios para a interpretação dos cenários hidrogeológico, geomorfológico e climático que se manifestam de forma tão determinante no potencial hídrico das distintas unidades.

O presente documento intitulado Relatório Técnico – Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos traz todas as informações relativas aos Domínios e e Subdomínios estudados, que estão assim relacionados:

- Domínio I – Grupo Vazante.
- Domínio II – Subdomínios IIa, IIb, IIc e IId.
- Domínio III - Subdomínios IIIa, IIIb, IIIc, IIId e IIIe.
- Domínio IV – Dois subdomínios que são os seguintes:
 - ✓ Subdomínio IVa - Abrange as áreas mapeadas como Subgrupo Paraopeba indiviso aflorante ou sob coberturas cenozoicas.
 - ✓ Subdomínio IVb - Áreas de afloramentos dos calcários da Formação Lagoa do Jacaré, que se apresentam mais intensamente deformados.
- Domínio V – Bacia de Irecê muito deformada. Não é subdividido em subdomínios. Tem como unidade carbonática principal a Formação Salitre que engloba as cidades de Jussara, Irecê, Lapão, Ibipeba e Cafarnaum, além de outras.
- Domínio VI - Bacia de Irecê pouco deformada que se desenvolve de Jussara para norte. Não é subdividido em subdomínios. Não ocorre aqui a mesma intensidade de dobramentos e falhas na direção E-W que se observa na porção sul.
- Domínio VII – Bacia do Salitre. Não é subdividido em subdomínios. Localiza-se no norte do estado da Bahia e engloba as áreas a sul de Juazeiro até a cidade de Várzea Nova. Reúne ocorrências das unidades calcárias Nova América, Gabriel e Jussara, do Grupo Una.

A Figura 1.1 mostra o mapa da área dos estudos com a distribuição dos domínios e respectivos subdomínios hidrogeológicos. Observa-se, na Figura 1.1, que os domínios I, II e III, ocupam praticamente toda a área de estudo, a exceção da estreita faixa sul-oriental do Carste, consignada ao Domínio IV, e das áreas de ocorrência do Grupo Una, consignadas aos domínios V, VI e VII.

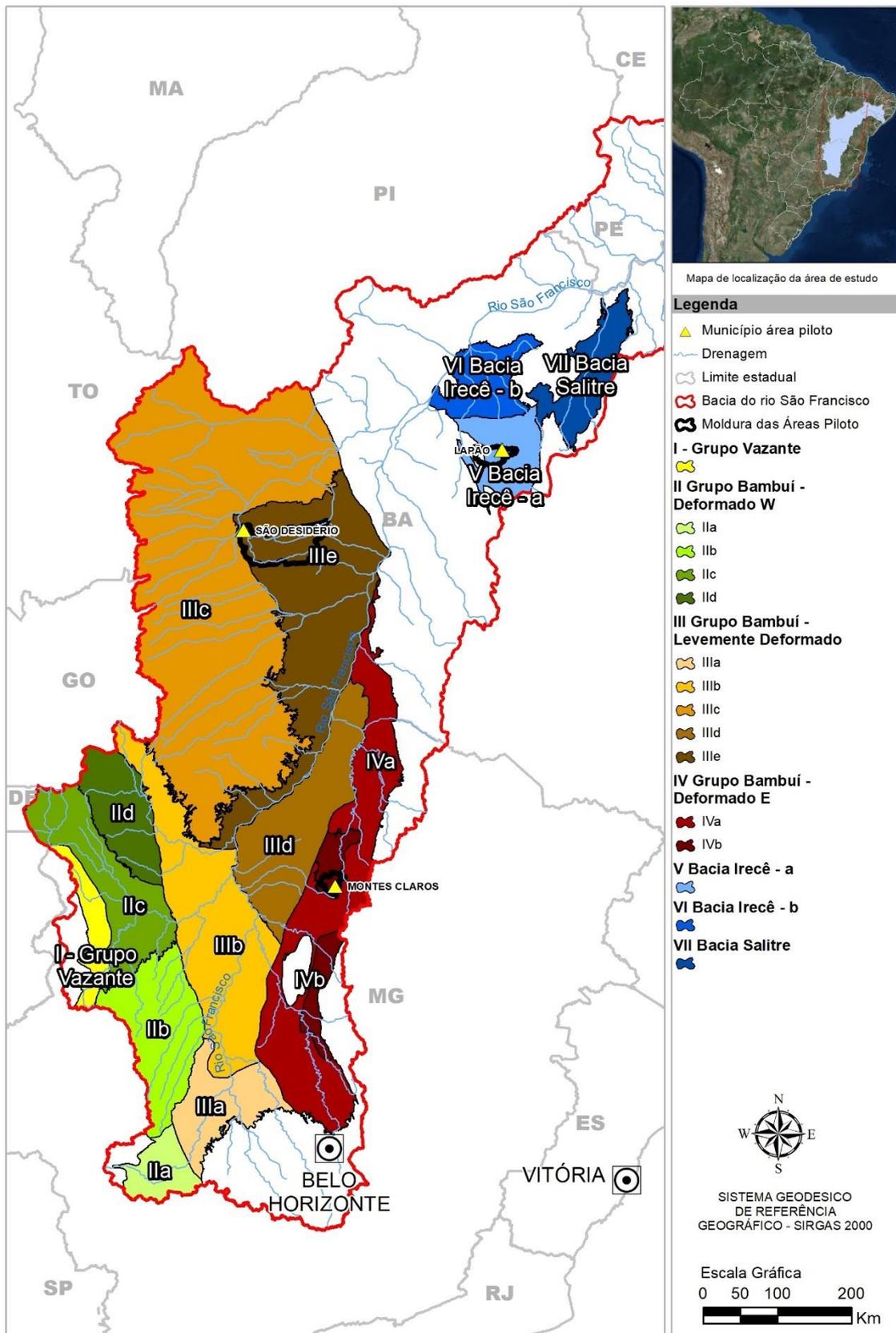


Figura 1.1 – Mapa dos domínios e subdomínios hidrogeológicos propostos

A estruturação adotada para o presente relatório prevê uma abordagem por domínio hidrogeológico. Essa abordagem implica repetir em dez vezes o mesmo conjunto de itens temáticos considerados. As conceituações, comentários e discussões que serão abordadas em todos os domínios são descritos sumariamente a seguir:

1.1 Levantamento socioeconômico e demandas hídricas

O panorama socioeconômico dos subdomínios em análise será esboçado através da análise de dados dos municípios neles inclusos. Esses dados, para o ano de 2010, foram obtidos do SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática, na página virtual do Ministério da Saúde, e do Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil. Eles dizem respeito a rendimento, taxa de alfabetização, Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM, PIB, formas de abastecimento de água, existência de banheiro ou sanitário, esgotamento sanitário, destino do lixo e existência de energia elétrica. Foram atribuídos valores para o IDHM numa escala de 0 a 1, considerando-se as três dimensões que caracterizam esse índice: longevidade, educação e renda.

1.2 Reservas permanentes

As reservas permanentes de água subterrânea se traduzem por volumes que representam a totalidade da água armazenada em um aquífero ou sistema aquífero, sem participar do escoamento sazonal. Assim, as unidades que expressam as reservas permanentes de água subterrânea têm dimensão L3, sendo comum a utilização do metro cúbico, hectômetro cúbico ou mesmo o litro. A avaliação das reservas permanentes foi feita por subdomínio e, nestes, por formação aquífera. Considerou-se a área de ocorrência de cada formação, sua espessura saturada e sua porosidade efetiva.

1.2.1 Espessura máxima dos aquíferos cársticos

De acordo com as discussões apresentadas no Volume II – Hidrogeologia as dissoluções cársticas ocorrem predominantemente acima de 120 metros de profundidade. É, assim, escassa a probabilidade de sucesso de perfurações que, além dessa profundidade. Considera-se, portanto, 120 metros como a espessura útil máxima dos aquíferos cársticos na área dos domínios I, II e III. A espessura saturada será, naturalmente, menor, na dependência dos níveis estáticos locais. Essa limitação de 120 metros não se aplica aos aquíferos não cársticos como o Urucuia e o Areado. Aqui as espessuras aquíferas são ditadas apenas pelos dados dos poços.

Foi avaliada, para cada unidade aquífera, a espessura saturada média (b) fazendo-se a diferença entre a profundidade média dos poços (P) e seus níveis estáticos médios (NE). Obtêm-se, assim, reservas conservadoras, uma vez que as espessuras médias atravessadas pelos poços são geralmente inferiores a 120 metros nos aquíferos cársticos.

Considerou-se, nos subdomínios, apenas as unidades aquíferas tidas como significativas. Unidades de menor porte, tais como, recobrimentos variados (geralmente secos), aluviões e outras unidades de pequena expressão areal e/ou de fraca vocação hidrogeológica, não foram consideradas. Suas áreas de ocorrência, assim, foram incorporadas às áreas das unidades principais, no

caso de recobrimentos e aluviões, ou simplesmente excluídas nos demais casos.

1.2.2 Porosidade efetiva dos aquíferos cársticos

Foram adotadas as porosidades efetivas que obtidas na avaliação da contribuição dos diferentes aquíferos às descargas de base medidas nos hidrogramas, e integrados aos dados conhecidos na literatura. Deve ser ressaltado, entretanto, que em se tratando de aquíferos cársticos, essas porosidades não têm o sentido clássico da porosidade efetiva definida para meios porosos. Tratam-se antes, aqui, de porosidades efetivas equivalentes cujos valores numéricos resultaram, para as diferentes formações e diferentes bacias hidrográficas, de ajustes da recarga à descarga de base dos rios.

1.3 Recursos de água subterrânea

A utilização da água subterrânea, ou seja, a retirada de volumes de água de um dado aquífero, destina-se a um consumo, seja ele abastecimento público, industrial, irrigação ou outros. Este consumo ocorre invariavelmente a certa taxa temporal. É natural e intuitiva, portanto, a consideração da variável tempo na exploração de recursos hídricos em geral. No que diz respeito à recarga dos aquíferos, por outro lado, verifica-se que sua descrição também requer a introdução da variável tempo. Dessa maneira, tanto os volumes explorados dos aquíferos como aqueles aí repostos têm dimensão L^3T^{-1} , sendo considerados como recursos.

1.4 Exploração de água subterrânea

O termo exploração é aqui utilizado para designar os recursos de água subterrânea sendo produzidos pelo conjunto de poços existentes numa dada área. Consideram-se, comumente, os dois tipos de exploração abaixo:

Exploração efetiva – É a descarga efetivamente produzida pelos poços, tal como eles se encontram, considerando-se seus reais regimes de bombeamento;

Exploração instalada – É a descarga que esses poços produziriam, tal como se encontram, mas considerando-se regime contínuo de bombeamento.

A exploração de água subterrânea foi avaliada a partir dos dados de poços existentes nos cadastros disponíveis. É fato sabido, entretanto, que existem muito mais poços operando que aqueles registrados nesses cadastros. Em áreas intensamente exploradas, como na área piloto do riacho do Juá, por exemplo, estima-se um número adicional de cerca de 500%. Na área piloto de São Desidério essa estimativa fica em torno dos 50%. Nas amplas áreas dos subdomínios, foco do presente relatório, considera-se um adicional de 50% como não muito distante da realidade. Dessa forma, foi considerado recomendável aplicar um fator de correção igual a 1,5 aos valores de exploração efetiva avaliados no presente relatório.

1.5 Zonas de Exploração do Aquífero - ZEAs

Como existem bombeamentos de água subterrânea considera-se correto e seguro avaliar a VMP (vazão máxima que se pode extrair dos aquíferos cársticos) por zonas de exploração (ZEAs), através de um balanço de entrada-

saída em cada ZEA, tomando como referência a reserva reguladora de longo alcance.

Essa abordagem requereu a discretização dos subdomínios segundo malhas retangulares constituídas de células quadradas convenientemente dimensionadas. O dimensionamento dessas células será indicado em cada caso específico. Para cada subdomínio, em cada célula da malha retangular, foi realizado um balanço tendo como vazão de entrada a recarga calculada a partir dos hidrogramas e como vazão de saída a produção global de água avaliada com base na vazão informada no cadastro de usuários do domínio e no número de poços existentes em condições de funcionamento.

1.6 Vulnerabilidade e perigo de contaminação

A metodologia do EPIK (Doerfliger & Zwahlen, 1998) adaptada para a presente trabalho foi aplicada na avaliação da vulnerabilidade dos subdomínios I, IIa, IIb, IIc, IIId, IIIa, IIIb, IIIc, IIId, IIIe. Foram considerados os parâmetros Epicarste (E), Cobertura de Proteção (P), Condições de infiltração (I) e Grau de Desenvolvimento da Rede Cárstica (K). A aplicação dessa metodologia demandou a criação prévia de uma base de dados que auxiliou na análise de todas as possíveis classificações atribuídas aos parâmetros E, P, I e K.

Para a atribuição de classes aos parâmetros I e K foi utilizada a base geológica da CPRM (CPRM, 2003). As informações contidas na tabela de atributos dessa base foram suficientes para se fazer a classificação desses parâmetros por unidade geológica, verificando em qual classe (I1, I2, etc, ou K1, K2, etc) se enquadrava cada uma dessas unidades.

Para a atribuição de classes ao parâmetro P foram utilizados perfis litológicos existentes na base de dados.

Após a atribuição de classes a cada parâmetro, os mesmos são zoneados em mapas. Em seguida, consideram-se pesos diferentes para cada parâmetro (3 para o E, 1 para o P, 3 para o I e 2 para o K), e realiza-se a soma através da técnica álgebra de mapas. Foram definidas, dessa forma, áreas de vulnerabilidade classificadas como alta, média e baixa.

Nos estudos de vulnerabilidade se lida com os conceitos de risco de contaminação e perigo de contaminação. O primeiro diz respeito à possibilidade potencial de contaminação, sem considerar a existência concreta de fontes contaminantes. O risco de contaminação está intimamente associado à vulnerabilidade, pois, quanto maior for esta, maior será o risco de contaminação.

O perigo de contaminação, por sua vez, implica a existência concreta de fontes contaminantes. Segundo Foster *et al* (2006), o perigo de contaminação de um aquífero se avalia a partir da interação entre:

- As cargas contaminantes aplicadas ou potencialmente aplicáveis ao meio ambiente como resultado de atividades humanas.
- A vulnerabilidade do aquífero à contaminação, que depende das características geológicas e hidrogeológicas do aquífero e do seu recobrimento.

As cargas contaminantes são classificadas de acordo com o método POSH (*Pollutant Origin and its Surcharge Hydraulically* (Foster *et al*, 2002), com base na origem do poluente e sua sobrecarga hidráulica. São considerados, neste método, três níveis qualitativos de geração de carga contaminante: reduzido, moderado e elevado. A interação entre esses níveis e as diferentes classes de vulnerabilidade resulta na classificação do perigo de contaminação, segundo a Tabela 1.1 abaixo.

Tabela 1.1 – Relação entre os métodos POSH e EPIK modificado

Perigo à contaminação		Vulnerabilidade - EPIK adaptado		
		Baixa	Média	Alta
POSH	Reduzido	Muito baixo	Baixo	Baixo
	Moderado	Baixo	Moderado	Alto
	Elevado	Moderado	Alto	Extremo

Assim sendo, o perigo de contaminação dos subdomínios em estudo foi avaliado sobrepondo-se, em cada subdomínio, os resultados do cadastro de cargas contaminantes ao mapa de vulnerabilidade. Esta sobreposição informa sobre a distribuição das zonas onde há perigo de contaminação.

2. Domínio I – Grupo Vazante

Próximo ao limite da borda oeste do cráton do São Francisco, na Faixa de Dobramentos Brasília, localiza-se o Grupo Vazante (Figura 2.1). Este grupo, que constitui o Domínio I, está em contato com o Grupo Canastra, a oeste, e com o Grupo Bambuí, a leste. Apresenta geometria alongada, com trend N-S. Em sua porção leste observa-se um aumento considerável da espessura dos sedimentos, gradação de unidades carbonáticas para pelitos e uma grande variação faciológica, em geral, determinada pelo ambiente paleogeográfico (Misi, 2001).

Além dessas características, as rochas do Domínio I diferem das demais pelas características estruturais, caracterizadas por uma intensa deformação dúctil e dúctil-rúptil, associada a uma tectônica convergente (com formação de empurrões, dobramentos e superfícies de foliação penetrativa), e a um sistema de falhas direcionais sinistrais e basculamentos. A região diferencia-se também pela existência de rochas e estruturas produzidas em eventos hidrotermais. Após a deformação dúctil, dúctil-rúptil e o evento hidrotermal, houve ainda uma quinta fase de deformação, com geração de estruturas rúpteis, como falhas extensionais e dois sistemas de fraturas. O hidrotermalismo, bem como as estruturas rúpteis, têm grande importância no desenvolvimento do carste na região (carste hipogênico).

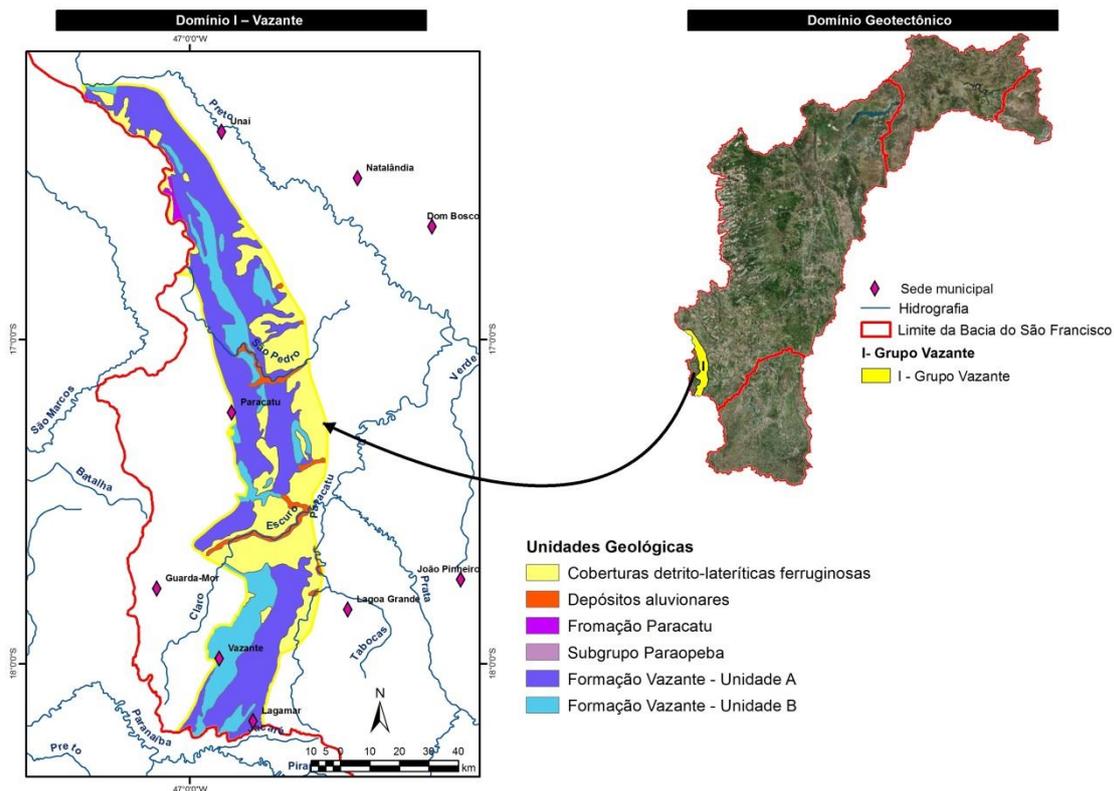


Figura 2.1: Localização do Domínio I

2.1 Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação

Neste item tem-se o levantamento do uso do solo, das estruturas cársticas e das fontes de contaminação realizado para a área regional, conforme descrito no capítulo de Metodologia e recortados aqui para o Domínio I.

Na Tabela 2.1 tem-se as fontes contaminantes do Domínio I.

Tabela 2.1 – Fontes contaminantes do Domínio I.

Domínio I – Fontes contaminantes	
Cemitério	3
Indústria	2
Posto de combustível	13
Total:	18

O quantitativo de estruturas cársticas para o Domínio I foi de 94 cavidades e 42 dolinas, e estão exibidas na Figura 2.2.

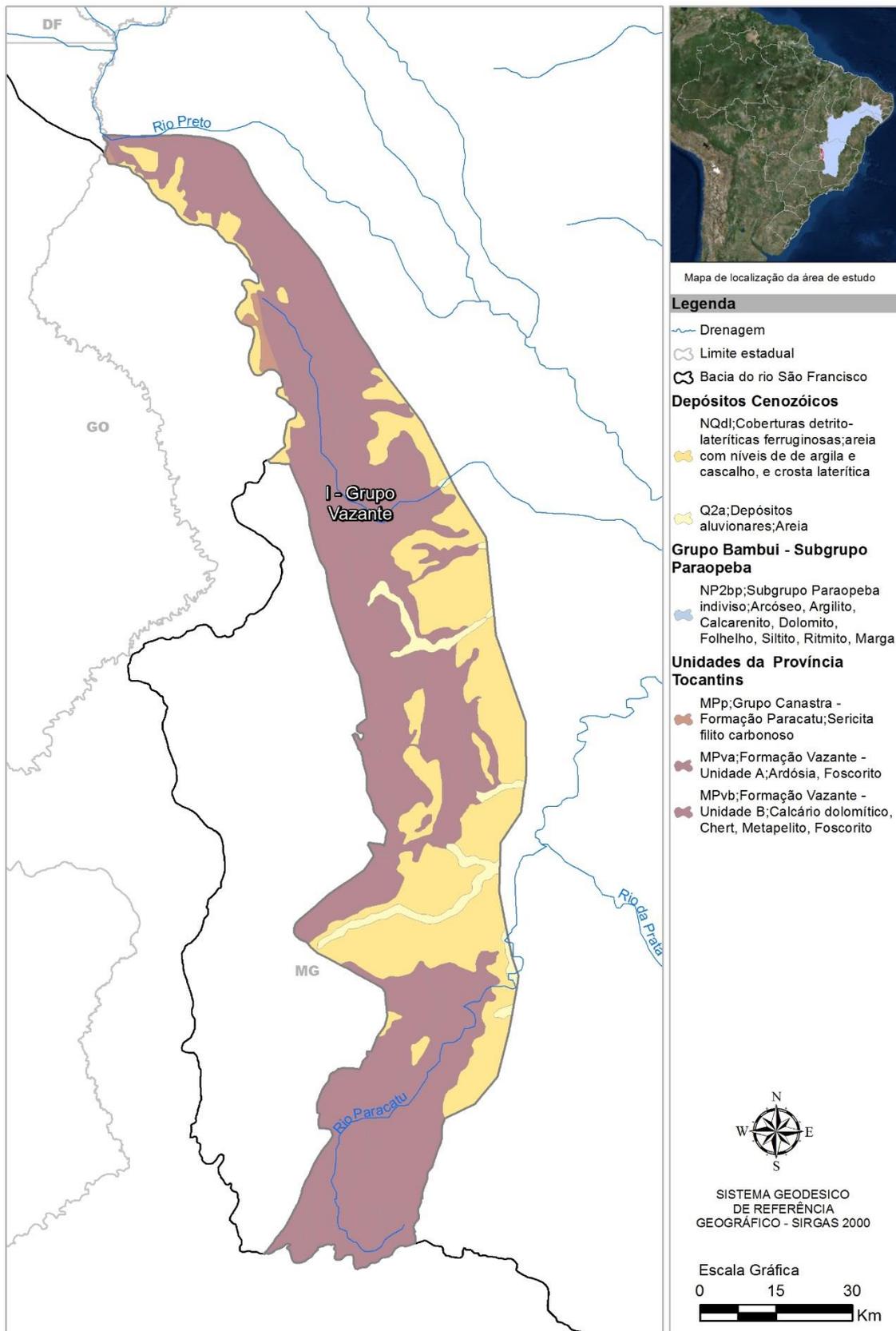


Figura 2.2: Mapa de estruturas cársticas do Domínio I.

As áreas das diferentes classes de uso do solo do domínio I são quantificadas conforme mostrado na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Áreas de uso do solo do Domínio I.

Classes de uso do solo	Área em km ²
Área urbanizada	1,39
Campestre	2.172,94
Corpo d'água continental	6,52
Florestal	3.431,02
Lavoura temporária	192,08
Sem informação	3,59
Total:	5.807,55

A distribuição percentual das áreas das classes de uso do solo no domínio I é mostrada na Figura 2.3.

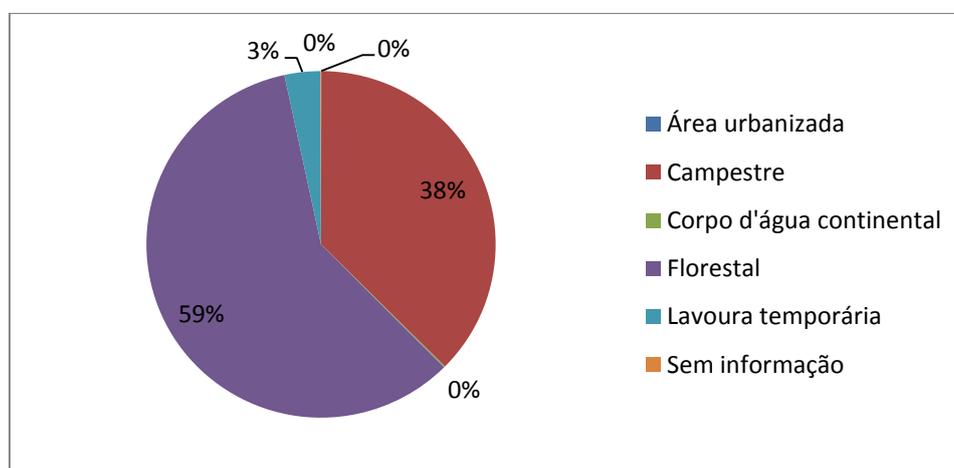


Figura 2.3: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Domínio I.

A maior porcentagem encontra-se na classe Florestal, com 59,08% da área total de 5.807,55 km², ou seja, 3.431,02 km² de área; em seguida, a maior área foi identificada como Campestre com 37,42% ou 2.172,94 km²; a classe Lavoura Temporária representa 3,31% ou 192,08 km²; as demais classes, como Corpo de Água Continental, Área Urbanizada e Sem Informação, representam valor menor que 1%, respectivamente com 6,52 km², 1,39 km² e 3,59 km².

O mapa do uso do solo acrescido dos possíveis pontos de contaminação e estruturas cársticas, para o domínio I, pode ser observado na Figura 2.4.

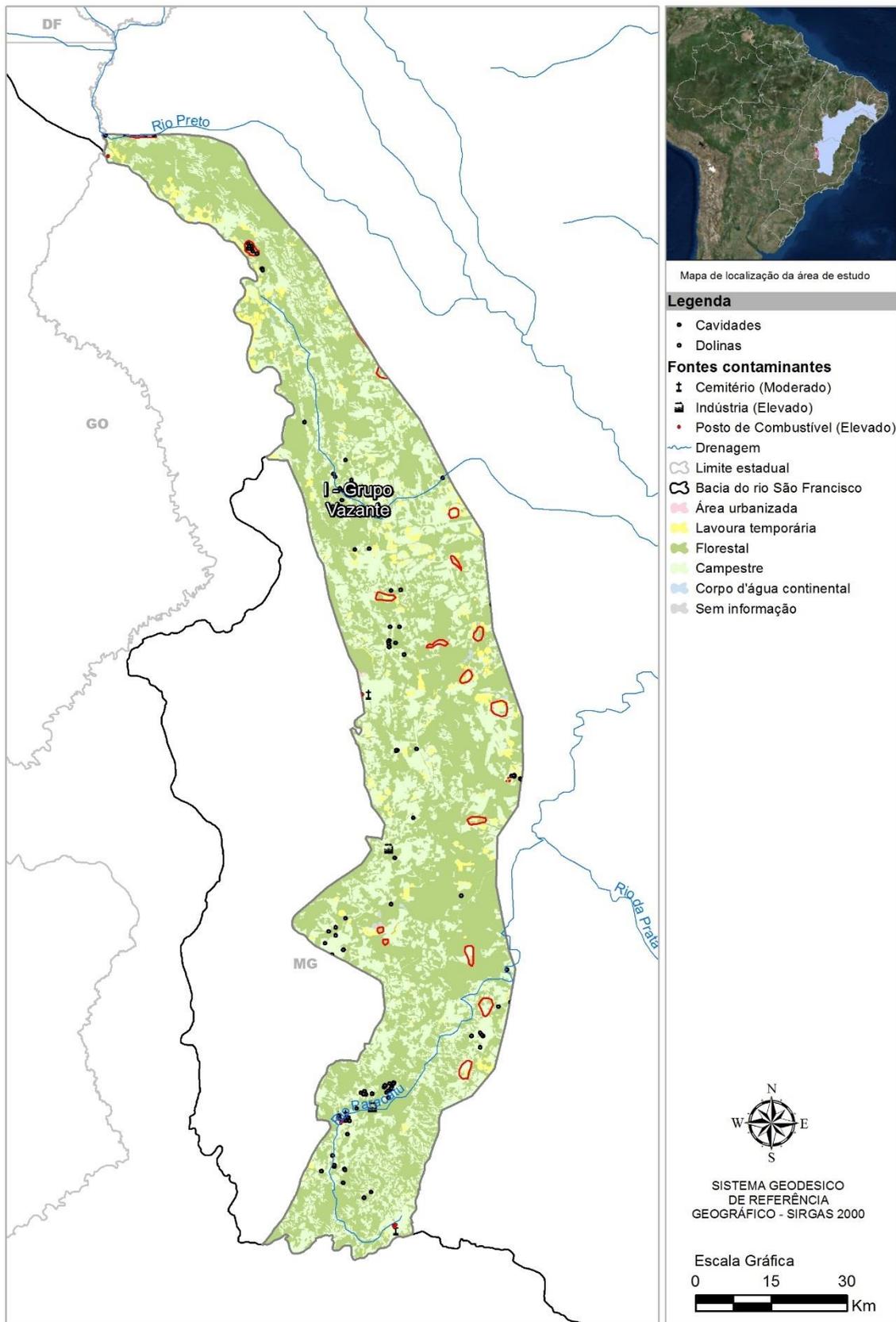


Figura 2.4: Uso e ocupação do solo no Domínio I.

2.2 Levantamento socioeconômico e demandas hídricas

Para a realização de um estudo correto das demandas hídricas de uma localidade, se faz necessário o estudo de parâmetros socioeconômicos e populacionais.

A interpretação dos parâmetros de rendimento e taxa de alfabetização, auxiliam no entendimento do grau de desenvolvimento econômico de uma região, e a partir daí, torna-se possível correlacioná-los à necessidade de água no local. A Tabela 2.3 apresenta tais parâmetros para o domínio I.

Tabela 2.3 - Dados socioeconômicos do Domínio I.

Rendimento (R\$)	Alfabetização (%)	IDHM
1.027,29	91,60	0,73

O domínio I apresentou, em 2010, o rendimento médio da população um pouco a abaixo da média do estado de Minas Gerais, sendo cerca de 7% menor. Porém, se comparado ao salário mínimo do ano em questão (510 reais), este rendimento é cerca de 101% mais alto.

No tocante à taxa de alfabetização, o subdomínio IIb também apresenta uma taxa (91,60%) muito próxima à taxa do estado de Minas Gerais (92,30%).

No caso do rendimento, tem-se a consideração do peso proporcional de adultos potencialmente receptores de renda no domicílio, diante do cenário em que crianças e idosos tendem a não gerar renda. Sabendo que o rendimento é obtido pela divisão da receita domiciliar pelo número de integrantes no domicílio, um rendimento baixo pode ser entendido como receita familiar baixa e/ou alto número de integrantes da família, assim como um rendimento alto pode significar uma receita familiar alta e/ou um baixo número de integrantes da família.

Analogamente, a taxa de alfabetização contribui para análise das condições de vida populacional, proporcionando o entendimento do bem estar familiar. Essa taxa de alfabetização tende a ser mais baixa em localidades de menor rendimento, indicando menor oportunidade de acesso ao conhecimento.

Dessa forma, compreender o nível de qualidade de vida constitui um fundamento para gerar dados acerca do rendimento e taxa de alfabetização regional, de forma que uma menor qualidade de vida é relacionada a um menor rendimento e menor taxa de alfabetização, o que assinala menor demanda hídrica no local, ao passo que uma maior qualidade de vida é relacionada a um maior rendimento e maior taxa de alfabetização, assinalando uma maior demanda hídrica.

Quando consideramos o IDHM, é possível obter uma análise mais robusta, haja vista que tal índice pondera longevidade, educação e renda, simultaneamente. Nesse âmbito, o Índice de Desenvolvimento Humano para o domínio I foi de 0,73, em 2010, classificando-se na faixa de Desenvolvimento

Humano Alto (IDHM entre 0,700 e 0,799), igual ao estado de Minas Gerais. Pode-se concluir que o domínio I possui rendimento, taxa de alfabetização e IDHM altos, o que indica uma maior demanda hídrica.

O domínio I representa 6% do PIB e cerca de 3% da população do total dos subdomínios. Porém, quando analisado o PIB per capita, o domínio apresenta resultados mais elevados.

Essa situação pode caracterizar má distribuição de renda na região, ou ainda, que a região possui áreas comerciais/industriais, onde a produção de bens é mais intensa que os gastos domiciliares.

Esse cenário pode ser ainda confirmado diante do confronto do PIB per capita do domínio I diante do PIB per capita de Minas Gerais, chegando a ser 24% maior que do estado (20.592,16), ressaltando o alto nível de produção econômica na área.

Ainda para o PIB per capita, o domínio I apresenta valor superior ao médio da área de influência total, descrevendo elevado nível de produção econômica na região de análise. A Tabela 2.4 apresenta os valores do PIB para o domínio I.

Tabela 2.4 – PIB do Domínio I.

PIB	População	PIB per capita
3.056.683,00	120.133	25.444,16

2.2.1 Aspectos sanitários gerais

O estudo dos aspectos sanitários da região, servirão para o monitoramento da qualidade da água, identificando as deficiências que mais influenciam em problemas ambientais. Foram avaliados quatro pontos importantes: formas de abastecimento, tipos de esgotamento sanitário nos domicílios, destino do lixo e quantitativo de domicílios que recebem ou não energia elétrica.

- **Abastecimento**

A porcentagem de abastecimento por rede geral, ou seja, com tratamento de água, no domínio I (81,90%) é apenas um pouco inferior à taxa de abastecimento do estado de Minas Gerais (86,28%), e apresenta taxas menores em relação ao abastecimento por poços, nascentes, rios, açudes, o que caracteriza uma área mais urbanizada.

A Tabela 2.5 apresenta a distribuição da forma de abastecimento no domínio I.

Tabela 2.5 – Formas de abastecimento no Domínio I.

Formas de abastecimento	%
Rede geral	81,90
Poço ou nascente na propriedade	11,70
Poço ou nascente fora da propriedade	3,00
Rio, açude, lago ou igarapé	2,70
Poço ou nascente na aldeia	0,00
Poço ou nascente fora da aldeia	0,00
Outra	0,60

- **Esgotamento sanitário**

Neste domínio I, apenas 1,20% dos domicílios não possuíam nem banheiro nem sanitário, mostrando-se com taxa próxima a do estado de Minas Gerais (1,26%). A porcentagem de esgoto que não é transportado pela rede geral, não é posto em redes pluviais e nem tratado em fossa séptica é significativa, apontando para grande impacto no meio ambiente desta região.

A Tabela 2.6 abaixo apresenta as porcentagens da existência de banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário no domínio I.

Tabela 2.6 – Existência de banheiro ou sanitário no Domínio I.

Tipos de esgotamento sanitário	Quantitativo (%)
Banheiro de uso exclusivo do domicílio	97,10
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	79,80
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - outro	20,20
Sanitário	1,70
Sanitário - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	24,30
Sanitário - outro escoadouro	75,70
Sem banheiro e sem sanitário	1,20

- **Destino do lixo**

Com o estudo realizado, foi possível verificar que o domínio I possui um sistema de destino do lixo similar à média de todo o estado de Minas Gerais, mostrando que 85,70% do lixo é coletado, enquanto a média do estado é 87,63%. Porém ainda 14,30% do lixo possui destino indefinido, o que pode indicar uma destinação incorreta podendo causar contaminação do solo e de águas.

A Tabela 2.7 apresenta as porcentagens de destinação do lixo no domínio I.

Tabela 2.7 – Destinos do lixo no Domínio I.

Destino do lixo	Quantitativo (%)
Coletado	85,70
Coletado por serviço de limpeza	96,70
Coletado em caçamba de serviço de limpeza	3,30
Outro destino	14,30

- **Energia Elétrica**

Neste quesito, pode-se identificar que o domínio I é uma região bem atendida por redes elétricas, com porcentagem de pessoas que tem energia elétrica muito próxima à do estado de Minas Gerais, chegando a atender 99,10% da população e apenas 0,90% da população não recebe atendimento.

2.2.2 Demandas Hídricas

O estudo das demandas visa o conhecimento da necessidade de água de uma determinada região, e aliado ao conhecimento das potencialidades e disponibilidades hídricas, se torna um dos elementos essenciais para a realização de seu balanço hídrico, além de constituir um instrumento valioso para o planejamento e estabelecimento das prioridades de uma política de uso dos recursos hídricos.

O levantamento das demandas hídricas foi feito tanto para dados atuais (2010) como para dados futuros (2015, 2020, 2025 e 2030).

- **População urbana e rural**

No domínio I pode-se observar uma diminuição na população rural, com taxa de crescimento negativa ao passo que houve um aumento na população urbana, com taxa de crescimento positiva, como pode ser observado na Tabela 2.8.

Tabela 2.8 – População e demanda para abastecimento humano (2010).

População	2010	Demanda (m ³ /dia)	Taxa de crescimento (%)
Rural	20.099	11.813	-1,02
Urbana	98.507	91.207	1,34

Este aumento da população urbana e diminuição da população rural indica um processo de urbanização da região. O processo de urbanização é decorrente do desenvolvimento econômico e distribuição de trabalho, intimamente ligado à industrialização.

O crescimento populacional neste domínio, aumenta a competição pelos mesmos recursos naturais, para suprimento das necessidades humanas, e, ao mesmo tempo, a produção de poluição. Tudo isso pode implicar na degradação de muitos recursos naturais e aumento de epidemias. Podemos notar que a demanda hídrica rural é muito menor que demanda hídrica urbana.

- **Dessedentação animal**

O domínio I representa 7% de bovinos, 1% de bubalinos, 5% de equinos, 1% de asininos, 3% de muares, 1% de caprinos, 2% de ovinos, 3% de suínos e 1% das aves, do somatório total das cabeças de todos os subdomínios. O quantitativo de cabeças e o consumo da dessedentação de animais estão na Tabela 2.9.

Tabela 2.9 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal (2010).

Rebanhos	Nº de cabeças
Bovinos	495.262
Bubalinos	97
Equinos	12.171
Asininos	34
Muares	473
Caprinos	435
Ovinos	1.523
Suínos	29.447
Aves	193.812
Demanda para dessedentação animal (m³/dia)	512.735,83

- **Irrigação**

O domínio I apresentou, em 2010, uma estimativa de área irrigada, calculada segundo a aplicação do PAI-MG, de 38.352 hectares. A partir dos dados de área irrigada e com o coeficiente de demanda unitária adotado, de 0,4 L/s.ha, foi possível converter a área irrigada em demanda hídrica, que foi estimada, para o ano de 2010 em 1.325.433 m³/dia.

- **Indústria**

A demanda de recursos hídricos das indústrias, para o domínio I, demonstra ser pequena em relação à demanda de abastecimento da população, sendo igual a 51,72 m³/dia. Porém, segundo análise na seção de demanda de população rural e urbana, pode-se concluir que é uma região que está em desenvolvimento industrial.

2.2.3 Demandas futuras (2015, 2020, 2025, 2030)

- População urbana e rural

A Tabela 2.10 a seguir apresenta as projeções feitas, para a população urbana e rural no domínio I, através do método $A_i B_i$, explicado na metodologia. Os coeficientes de retirada de água per capita, também definido na metodologia, foram aplicados às populações projetadas nos referidos anos, de forma a obterem-se as demandas para abastecimento urbano e rural para o domínio I.

Tabela 2.10 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.

População/Ano	2015	2020	2025	2030
Rural	19.285	18.639	18.146	17.815
Urbana	103.101	106.744	109.524	111.393
Demanda hídrica rural (m³/dia)	4.501	4.389	4.304	4.247
Demanda hídrica urbana (m³/dia)	29.924	31.275	32.307	33.000

- **Dessedentação animal**

Devido à falta de dados mais recentes foi necessário projetar o número de cabeças por espécie, admitindo a mesma taxa de crescimento linear obtida entre os anos de 1996 e 2006. Assim, foi possível estimar o número de cabeças por espécie para 2010 e da mesma forma se procedeu para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030. Uma vez aplicada a taxa de crescimento linear, estimou-se o número de cabeças por espécie para o domínio I, e o consumo para dessedentação animal. Amos apresentados na Tabela 2.11.

Tabela 2.11 – Projeção do número de cabeças para o Domínio I.

Rebanhos	Nº de cabeças por ano			
	2015	2020	2025	2030
Bovinos	499.062	502.631	506.226	509.846
Bubalinos	97	98	99	99
Equinos	12.258	12.346	12.434	12.523
Asininos	34	35	35	35
Muares	476	479	483	486
Caprinos	439	442	445	448
Ovinos	1.534	1.545	1.556	1.567
Suínos	29.658	29.870	30.084	30.299
Aves	195.198	196.594	198.000	199.416
Demanda para dessedentação (m³/dia)	515.403	520.096	523.815	527.561

- **Irrigação**

Uma vez de posse da demanda atual para agricultura em 2010, deu-se prosseguimento às metodologias já aplicadas para os demais anos que compõem o horizonte deste estudo. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 2.12.

O resultado dessas projeções consiste nas áreas irrigadas a serem consideradas no futuro. Assim, utilizando-se dos coeficientes de demanda para agricultura, obtêm-se a demanda hídrica futura para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030.

Tabela 2.12 – Projeção dos métodos utilizados para irrigação no Domínio I.

Área irrigada (ha)	2015	2020	2025	2030
		48.948	62.471	79.730
Demanda para irrigação (m³/dia)	1.691.626	2.158.991	2.755.480	3.516.769

- **Indústria**

Para demanda relacionada à indústria, de forma semelhante ao que foi feito para calcular a de 2010, projetou-se os PIBs secundários para o domínio I. Essa projeção teve como base uma taxa de crescimento linear obtida através da comparação entre os PIBs de 2002 e 2012.

Ao aplicar o coeficiente de consumo específico para classe 900 (genérica), equivalente a 0,02713 m³/US\$, como definido na metodologia, inferiram-se as demandas industriais para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030 (Tabela 2.13).

Tabela 2.13 – Projeção da demanda hídrica industrial para o Domínio I.

Demanda Industrial (m³/dia)

2015	2020	2025	2030
62	72	77	81

2.3 Vulnerabilidade

A vulnerabilidade foi avaliada de acordo com a metodologia EPIK comentada no item 1.6 do presente relatório.

A classificação dos parâmetros E, P, I e K, é mostrada na Figura 2.5. Essa classificação mostra os seguintes resultados:

Parâmetro E – Epicarste: 29% de epicarste encoberto (classe E2) e 71% ausente (classe E3).

Parâmetro P – Cobertura de proteção: 93% para a classe P1 e 7% para a classe P2.

Parâmetro I – Condições de infiltração: 32% para a classe I2 e 68% para a classe I3.

Parâmetro K – Grau de desenvolvimento da rede cárstica: 29% para a classe K2 e 71% para a classe K3.

Na definição das classes do parâmetro P foi muito útil o mapa das unidades de solo, mostrado na Figura 2.6.

Com os diferentes parâmetros zoneados, foi possível elaborar o mapa de vulnerabilidade (ver item 1.6), mostrado na Figura 2.7. A partir desse mapa quantificam-se percentualmente, na Figura 2.8, as classes de vulnerabilidade.

Como se pode observar na Figura 2.8, o Domínio I - Vazante apresenta vulnerabilidade baixa em 71% da sua área e vulnerabilidade média nos restantes 29%.

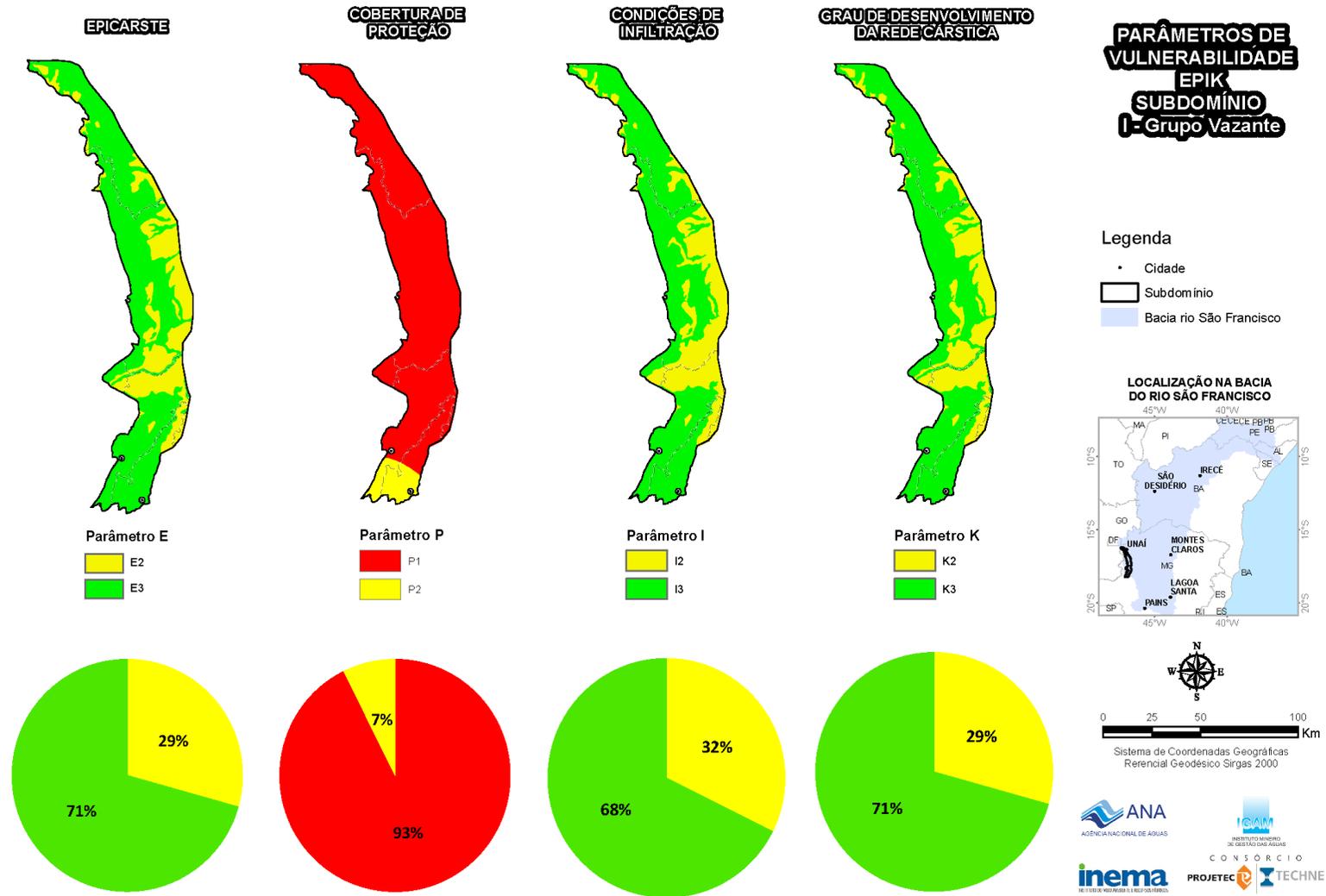


Figura 2.5: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.

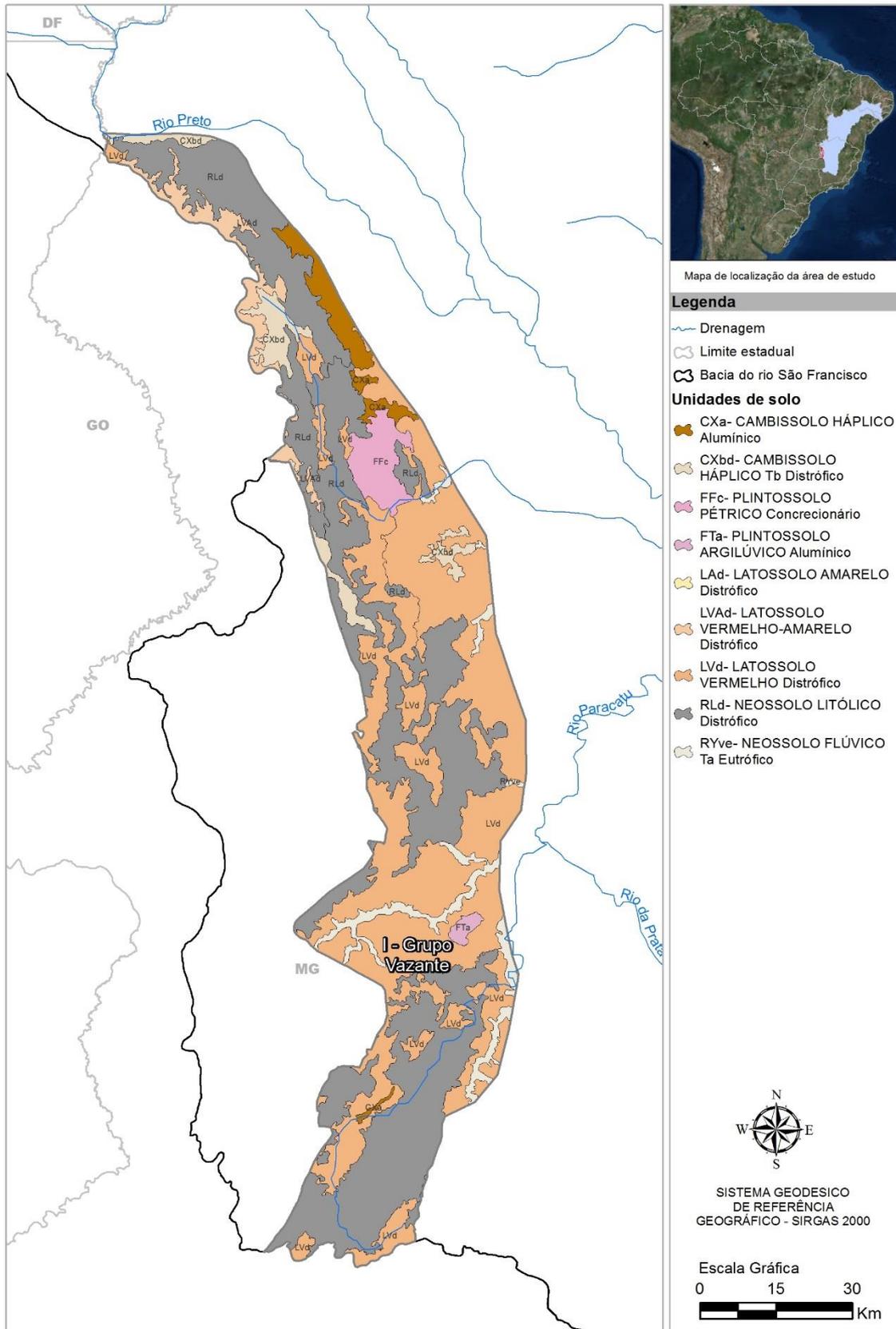


Figura 2.6: Mapa de unidades de solo com a classificação do parâmetro P.

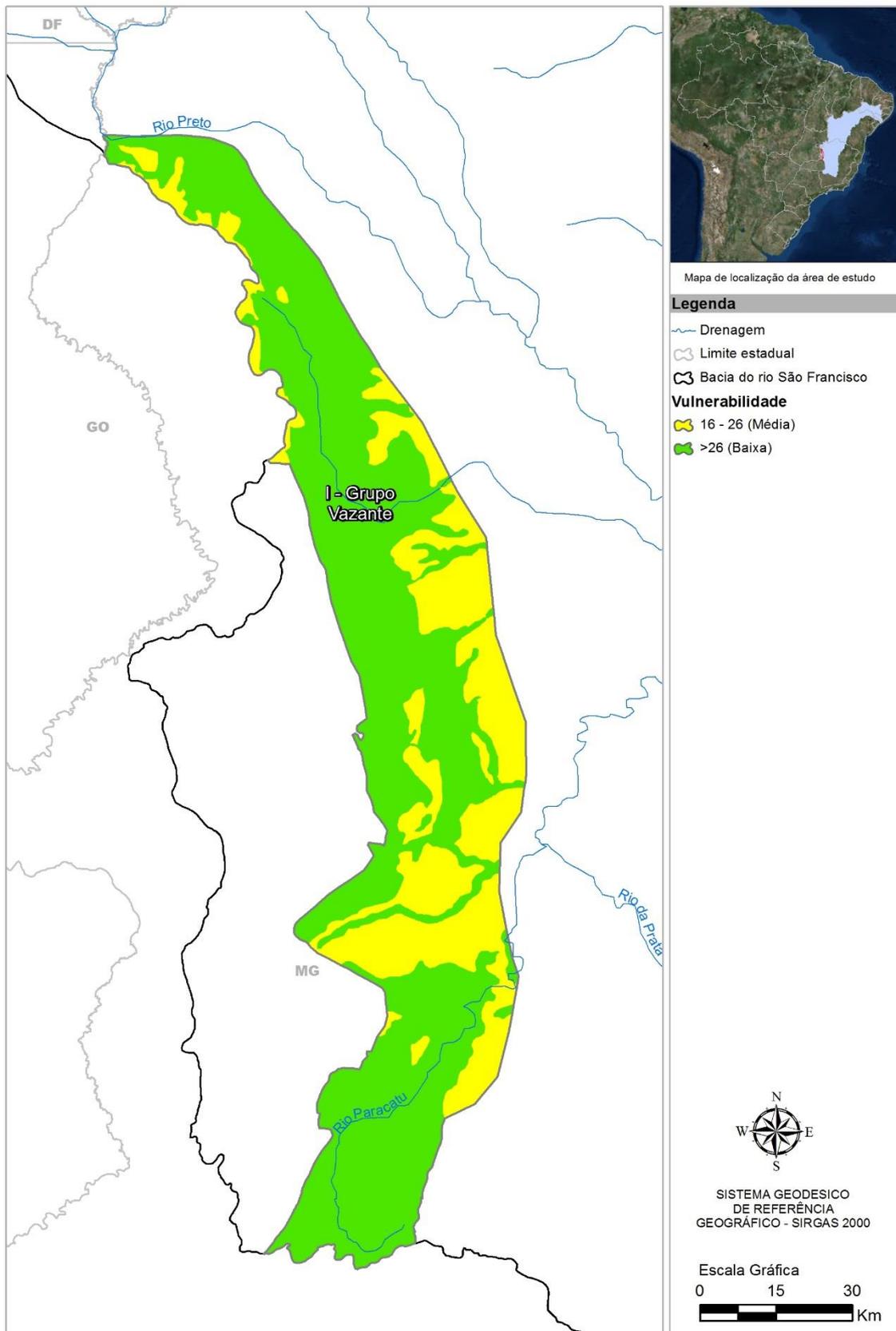


Figura 2.7: Mapa de vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Subdomínio I – Grupo Vazante.

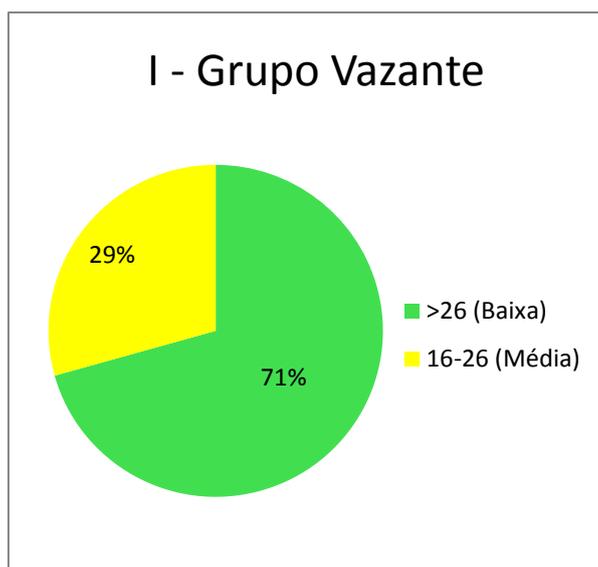


Figura 2.8: Classificação da vulnerabilidade para o Subdomínio I – Grupo Vazante.

2.4 Perigo de contaminação

Na Tabela 2.14 estão relacionadas as fontes contaminantes cadastradas no Domínio I – Grupo Vazante, com indicação dos respectivos índices PosH.

Tabela 2.14 – Fontes potenciais de contaminação do Domínio I

ATIVIDADE	QUANTIDADE	ÍNDICE POSH
Cemitério	3	Moderado
Indústria	2	Elevado
Posto de combustível	13	Elevado
Lavoura temporária	189,18 km ²	Elevado

A distribuição dessas fontes contaminantes no mapa de vulnerabilidade é mostrada na Figura 2.9 onde se pode avaliar o perigo de contaminação no Domínio I. Verifica-se, neste mapa, que o Domínio I, não possuindo áreas de vulnerabilidade alta, não apresenta perigos de contaminação extremo. Tem-se alto perigo em pequenas áreas distribuídas na parte sul do mapa, onde estão as áreas de vulnerabilidade baixa (cor verde) mas com índices PosH elevados, decorrentes da presença de postos de combustíveis, indústrias e lavoura temporária.

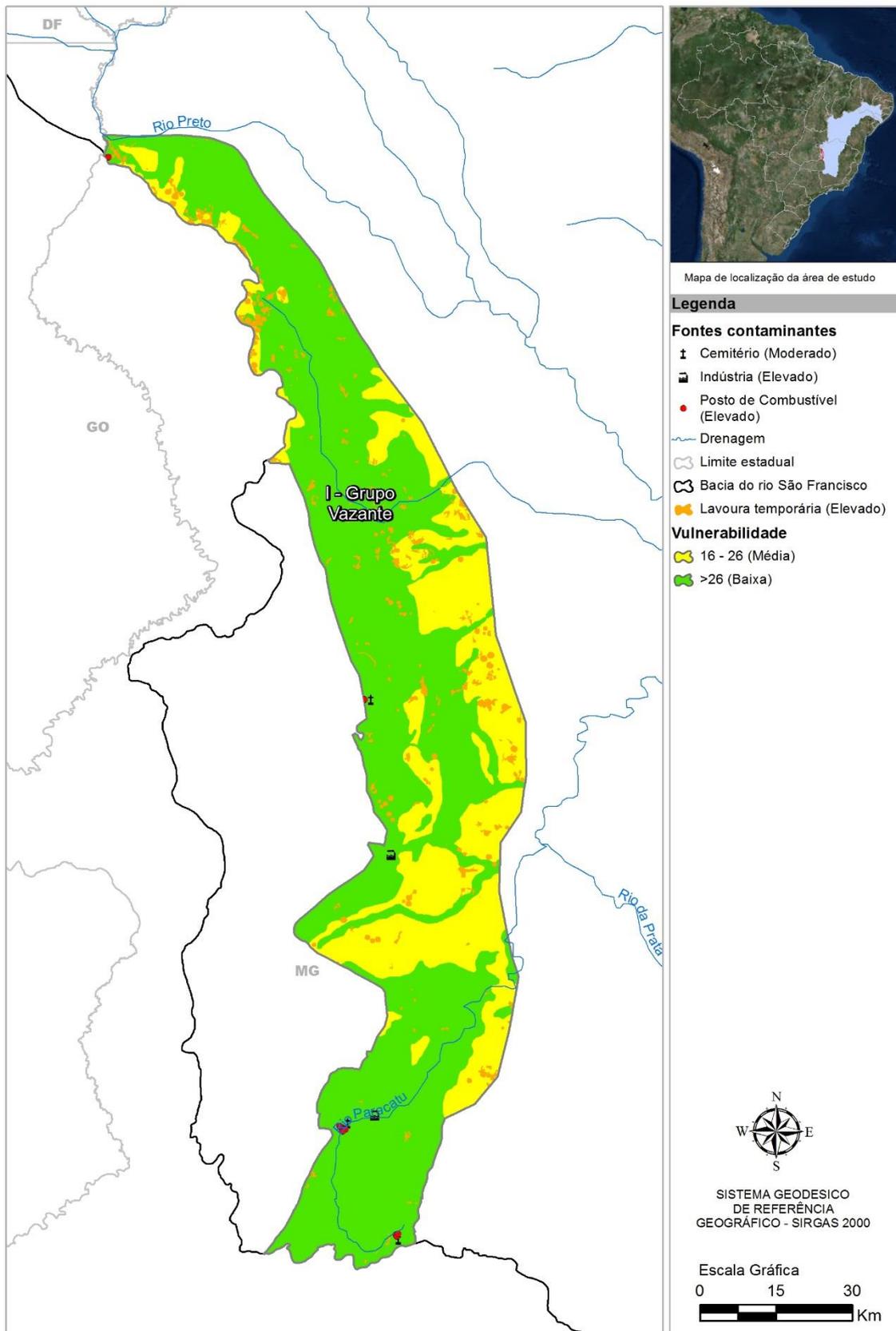


Figura 2.9: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o domínio I.

2.5 Recarga e zonas de exploração

Começando com um panorama regional da evolução histórica dos níveis de água subterrânea no domínio cárstico em Minas Gerais, a situação da exploração das águas subterrâneas do SAB no Domínio I inclui uma estatística descritiva dos dados de poços levantados e catalogados no âmbito do presente trabalho bem como uma caracterização do regime de funcionamento dos poços e uma estimativa da produção global de água. Para a recarga, foram realizados os cálculos em função das precipitações e o regime fluvial para cada subdomínio. Com os valores de recarga e exploração do domínio foi possível realizar o zoneamento de exploração, mostrado na Figura 2.18

2.5.1 Levantamento e sistematização dos dados

Os dados de poços levantados no Domínio I (Grupo Vazante), foram sistematizados e fazem parte do Sistema de Informações Geográficas – SIG, organizado no âmbito do desenvolvimento dos trabalhos que constitui a principal fonte de consulta sobre poços.

2.5.1.1 Poços cadastrados

A pesquisa hidrogeológica desenvolvida no Domínio I Grupo Vazante, baseou-se em dados de 237 poços constantes no SIG, dos quais 94 foram catalogados do SIAGAS (CPRM, 2010), 1 (um) novo poço cadastrado e 142 foram catalogados do sistema de outorgas de água subterrânea do IGAM (2014) (ANEXO 1.11 – Tabela de poços do Domínio I). Para o tratamento estatístico não foram considerados os poços escavados. Desses 237 poços excluem-se 20 (vinte cisternas cadastradas durante o projeto) que estão hachurados na tabela do ANEXO 1.11. O resultado disso são 217 poços: 75 catalogados do SIAGAS, 141 catalogados do IGAM e 1 cadastrado pelo projeto.

2.5.1.2 Tratamento estatístico dos poços cadastrados

Na Tabela 2.15 é apresentada a estatística descritiva dos valores numéricos de profundidade, diâmetro do revestimento, nível estático, nível dinâmico e vazão dos poços cadastrados e catalogados no Domínio I - Grupo Vazante, localizado na porção noroeste da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

Tabela 2.15 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Domínio I Grupo Vazante.

Parâmetros Estatísticos	Profundidade (m)	Diâmetro da boca(mm)	Nível Estático - NE (m)	Nível Dinâmico - ND (m)	Vazão (m ³ /h)
Média	97,4	154,8	20,2	41,2	11,8
Mediana	94,0	152,4	16,5	38,3	7,0
Desvio Padrão	34,6	35,8	12,6	19,8	15,3
Coefficiente Variação	0,4	0,2	0,6	0,5	1,3
Valor máximo	254,00	340,80	72,00	104,00	102,85
Valor mínimo	36,00	152,4	3,46	4,00	0,01
Nº valores	199	196	183	168	195

2.5.1.3 Profundidade

A profundidade dos poços inventariados no Domínio I - Grupo Vazante variou de 36 a 254 m. A profundidade média foi de 97,4 m e se explica pelo fato de que a classe mais frequente (42%) corresponde a poços com profundidade superior a 100 m. Se considerarmos todos os poços com mais de 40 m teremos 197 poços ou 99% do total no domínio I. Já as classes compreendidas entre 0 e 40 m de profundidade possuem uma frequência acumulada muito baixa, como acontece entre 20 e 40 m, com apenas 1% e de 0 a 20 m, com nenhum poço encontrado. A Tabela 2.16 mostra que ambas as classes de 60 a 80 m e de 80 a 100 m apresentam frequência relativa de 23% para cada, ou seja, são as segundas classes mais predominantes.

Tabela 2.16 – Frequência da profundidade dos poços cadastrados no Domínio I Grupo Vazante.

Classe Profundidade (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤20	0	0	0,00	0,00
20<x≤50	2	2	0,01	1,01
50<x≤100	24	26	0,12	13,07
100<x≤150	45	71	0,23	35,68
150<x≤200	45	116	0,23	58,29
x>200	83	199	0,42	100,00
Total	199			

A distribuição da frequência da profundidade dos poços no Domínio I - Grupo Vazante pode ser visualizada no diagrama da Figura 2.10.

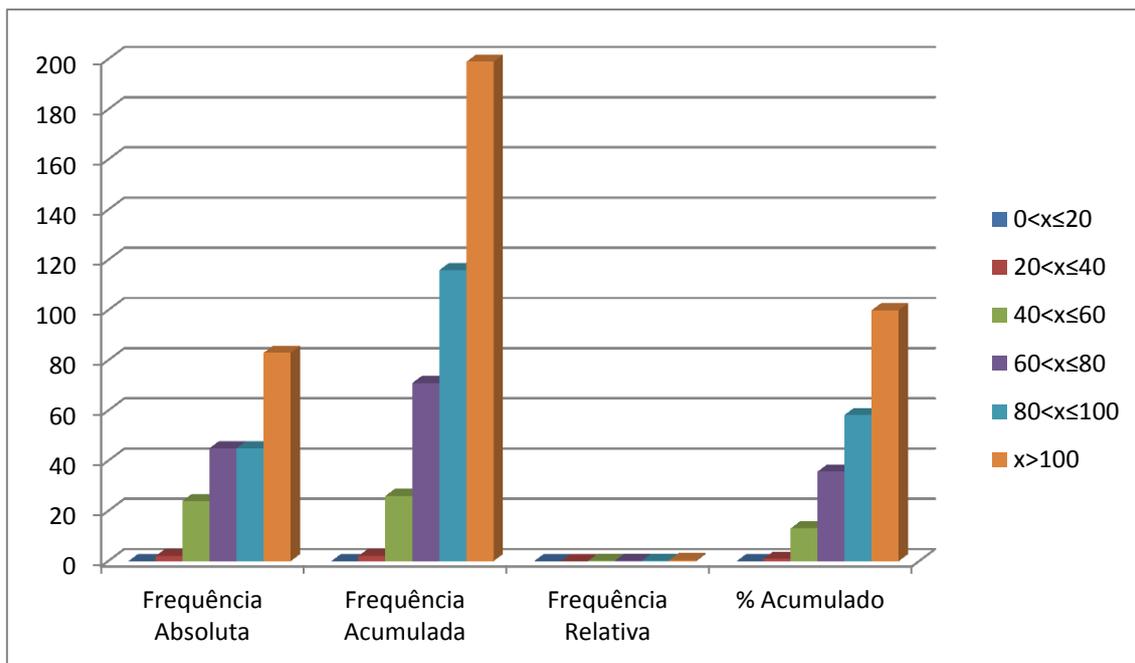


Figura 2.10: Frequências das classes de profundidade dos poços no Domínio I Grupo Vazante.

2.5.1.4 Diâmetro da Boca do Poço

De acordo com a Tabela 2.17 e Figura 2.11, no Domínio I Grupo Vazante, dos 196 poços que apresentam diâmetro de boca, o máximo é de 340,8 mm. A Tabela 2.17 mostra que a classe mais frequente é a de 152 mm a 300 mm com 116 poços ou cerca de 59%. Secundariamente, tem-se a classe de 0 a 152 mm com 78 poços e por fim a classe de 300 a 450 mm onde encontra-se apenas 2 poços.

Tabela 2.17 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares cadastrados no Domínio I Grupo Vazante.

Classe Diâmetro da Boca (mm)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 152	78	78	0,40	39,80
152 < x ≤ 300	116	194	0,59	98,98
x > 300	2	196	0,01	100,00
Total	196			

A Figura 2.11 ilustra a distribuição de frequência do diâmetro da Boca dos poços no Domínio I Grupo Vazante.

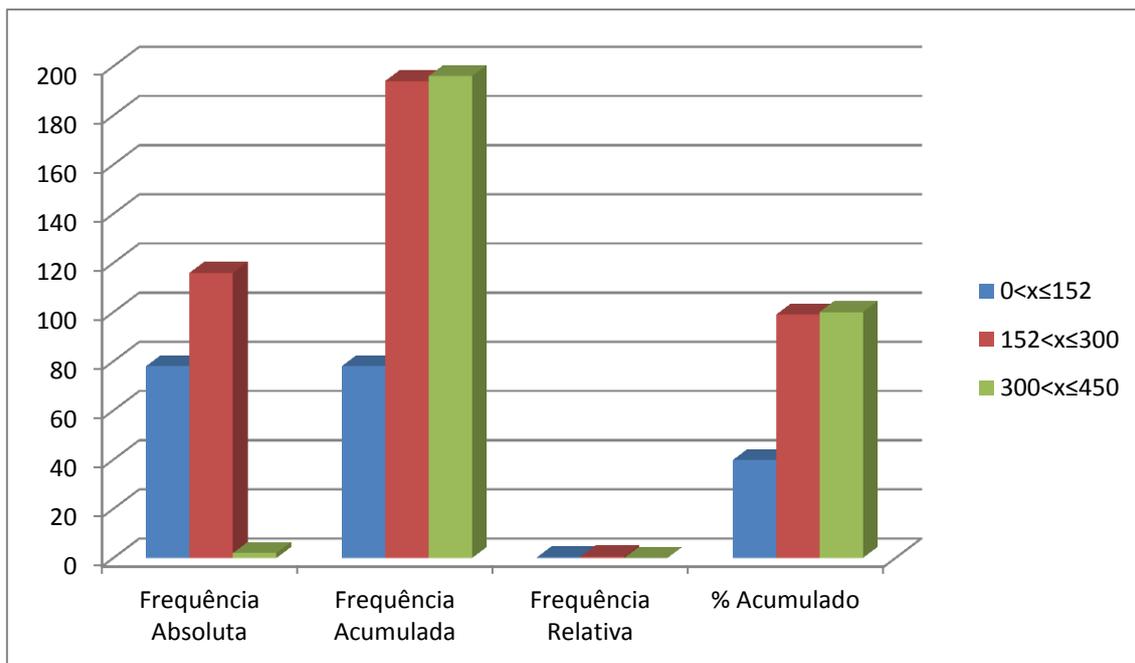


Figura 2.11: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Domínio I - Grupo Vazante.

2.5.1.5 Nível Estático

De acordo com os dados da Tabela 2.18 e Figura 2.12, observa-se que aproximadamente 61% dos poços apresentam níveis estáticos até 20 m, o que significa que esses níveis são rasos, de modo geral. Na classe de 20 a 30 m encontram-se 21% dos poços e no intervalo de poços acima de 30 m estão 17% do total. A rigor, todos esses níveis, notadamente os mais profundos, não são “estáticos”, já que a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração.

Tabela 2.18 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços cadastrados no Domínio I Grupo Vazante.

Classe Nível Estático (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 10	30	30	0,16	16,39
10 < x ≤ 20	82	112	0,45	61,20
20 < x ≤ 30	39	151	0,21	82,51
x > 30	32	183	0,17	100,00
Total	183			

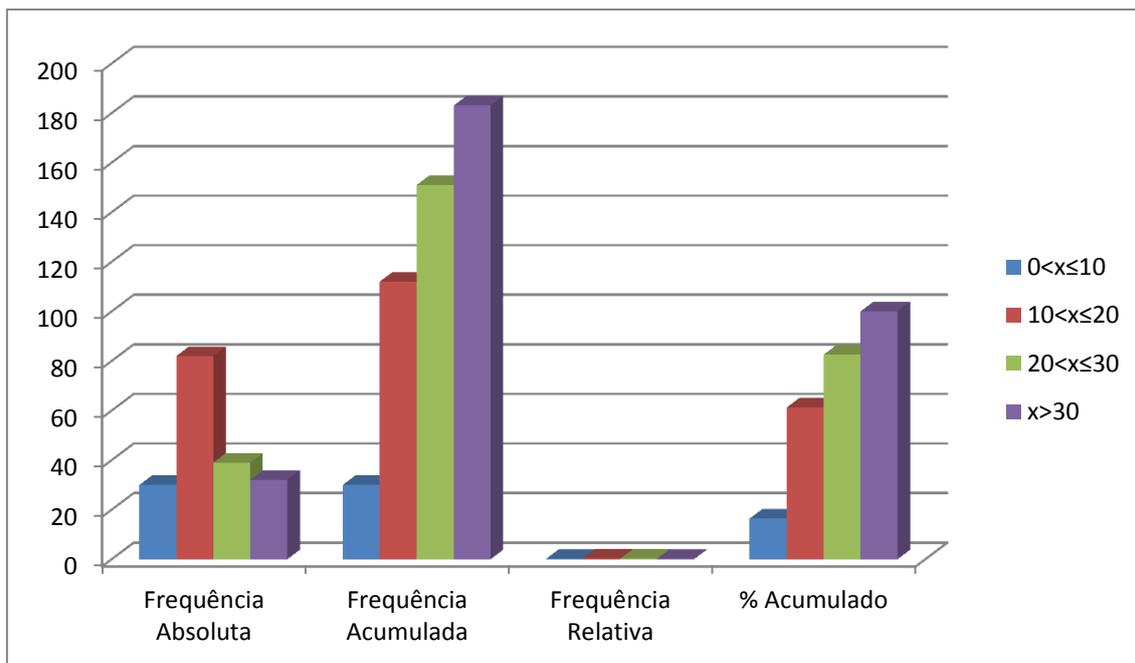


Figura 2.12: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Domínio I - Grupo Vazante.

2.5.1.6 Nível Dinâmico

Para os níveis dinâmicos dos poços no Domínio I Grupo Vazante, tem-se que a classe menos frequente corresponde ao intervalo de 0 a 10 m (1%). Secundariamente, 10% dos poços (17/168) estão no intervalo entre 10 e 20 metros, como pode ser observado na Tabela 2.19 e Figura 2.13. Nota-se, finalmente, que a grande maioria dos níveis dinâmicos (75/168), representando 45%, estão no intervalo de poços com profundidade maiores que 40 m.

Tabela 2.19 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços cadastrados no Domínio I Grupo Vazante.

Classe Nível Dinâmico (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	1	1	0,01	0,60
10<x≤20	17	18	0,10	10,71
20<x≤30	40	58	0,24	34,52
30<x≤40	35	93	0,21	55,36
x>40	75	168	0,45	100,00
Total	168			

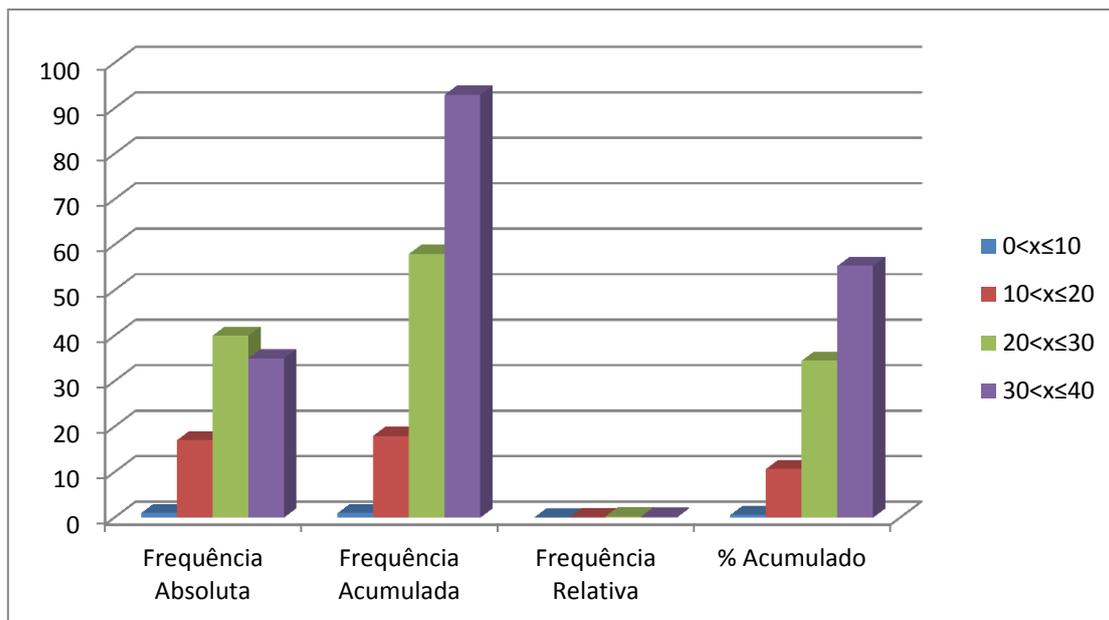


Figura 2.13: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Domínio I - Grupo Vazante.

2.5.1.7 Vazão

No que se refere à vazão dos poços que exploram o aquífero Bambuí do carste São Francisco no Domínio I Grupo Vazante (Tabela 2.20 e Figura 2.14) verifica-se que do total de poços catalogados e cadastrados existem 195 poços com vazão informada. Observa-se (tabela 2.20) que a classe mais frequente é a entre 0 e 10 metros, com aproximadamente 70% e frequência absoluta de 136 poços. A de menor frequência corresponde ao intervalo entre 40 e 50 metros, com apenas 1% do total.

Tabela 2.20 – Distribuição de frequência da vazão dos poços cadastrados no Domínio I Grupo Vazante.

Classe Vazão (m ³ /h)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	136	136	0,70	0,70
10<x≤20	36	172	0,18	0,88
20<x≤30	11	183	0,06	0,94
30<x≤40	4	187	0,02	0,96
40<x≤50	1	188	0,01	0,96
x>50	7	195	0,04	1,00
Total	195			

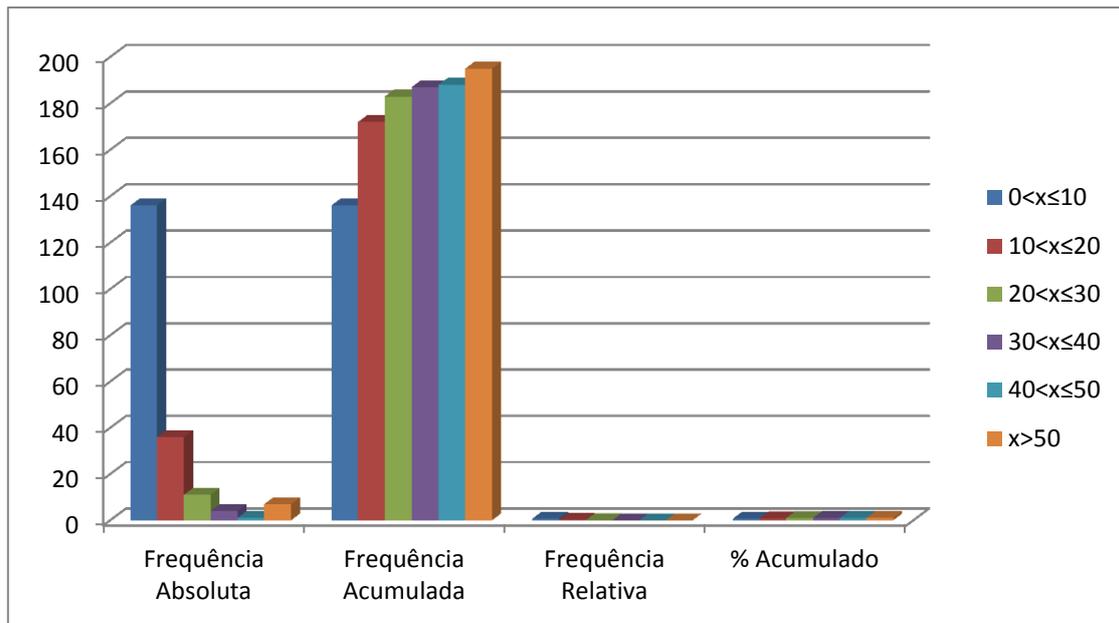


Figura 2.14: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Domínio I - Grupo Vazante.

Não obstante, de acordo com as condições operacionais em que se encontram os poços (Tabela 2.21) verifica-se que existem 193 unidades (88,9%) em condições de funcionamento, ou seja, são poços que estão bombeando (65,9%) e estão equipados (23,0%), conforme ANEXO 1.11 Tabela de poços do Domínio I.

Tabela 2.21 – Situação operacional dos 217 poços catalogados e cadastrados no Domínio I Grupo Vazante.

Registros	Bombeando	Equipado	Parado	Sem informação	Em condições de funcionamento
217	143	50	6	18	193
100%	65,9%	23,0%	2,8%	8,3%	88,9%

2.5.1.8 Conclusões

Com base nos dados apresentados para o Domínio I - Grupo Vazante é possível concluir que:

- A profundidade dos poços inventariados no Domínio I Grupo Vazante variou de 36 a 254 m, com média de 97,4 m, sendo que os poços no intervalo acima de 100 metros constituem a classe mais frequente (42%);
- 45% dos poços possuem níveis estáticos entre 10 e 20 m de profundidade e 61% são os poços com menos de 20 metros. Vale ressaltar que a rigor esses níveis não são “estáticos”, pois a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração;
- As vazões informadas dos poços em cerca de 70% dos casos são menores ou iguais a 10 m³/h e nos 30% restantes oscilam entre mais de 10,0 m³/h até 102,85 m³/h;
- Em termos de condições operacionais do total de 217 poços existem 6 poços parados (Abandonados e Não Instalados), ainda 18 poços sem informação sobre a situação operacional. Dos poços com condições de utilização são: 143 poços bombeando, 50 equipados no Domínio I Grupo Vazante.
- Já no que se refere ao tipo de equipamento, de bombeamento dos poços, verificou-se que nos 156 poços com informações sobre bombas, são 4 Bombas Centrífugas, 2 Bombas Injetoras, 115 bombas submersas e 35 Compressor de Ar (Tabela 2.22).

Tabela 2.22 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.

Equipamentos de bombeamento	Nº	Bomba centrífuga	Bomba injetora	Bomba submersa	Compressor
Registros	156	4	2	115	35
Percentual	100%	3%	1%	74%	22%

2.5.2 Regime de Funcionamento dos Poços

Na Tabela 2.23 são mostrados os valores dos parâmetros estatísticos do número de horas por dia em que são bombeados os poços da área estudada, segundo dados do cadastro realizado no âmbito do projeto.

Existem apenas 182 poços com regime de funcionamento informado e o cálculo do regime médio de funcionamento para todos os 193 poços, em condições de utilização, é feito usando a média ponderada pela frequência do número de horas de bombeamento, nos intervalos de classe, conforme a expressão:

$$\bar{R}_e = \sum_{j=1}^{12} R_{ej} \times w_j$$

Ou seja, o regime médio estimado é dado pela somatória do regime médio ponderado pela frequência relativa ou fator de ponderação.

Tabela 2.23 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Domínio I, usando 182 poços segundo dados do cadastro realizado no âmbito do projeto.

Classe Regime Informado (h/dia)	Regime médio informado R_{ej} (h/dia)	Frequência Absoluta Número de Poços n_j	Frequência Relativa ou Peso $w_j=n_j/N$	Regime médio ponderado (h/dia) $R_{ej} \cdot w_j$
0<x≤1	1,000	4	0,031	0,031
1<x≤2	2,000	11	0,087	0,173
2<x≤3	3,000	10	0,079	0,236
3<x≤4	3,937	13	0,102	0,403
4<x≤5	4,925	7	0,055	0,271
5<x≤6	6,000	4	0,031	0,189
6<x≤7	7,000	3	0,024	0,165
7<x≤8	7,860	26	0,205	1,609
8<x≤9	0,000	4	0,031	0,000
9<x≤10	9,971	12	0,094	0,942
10<x≤11	0,000	2	0,016	0,000
11<x≤12	12,000	5	0,039	0,472
12<x≤24		26	0,205	3,748
Soma		127		8,241

Legenda:

$N = \sum n_j$ = número total de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro de água subterrânea realizado ao longo do projeto.

Frequência Absoluta (n_j): número de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro realizado ao longo do projeto.

Regime Médio Informado (R_{ej}) = Média de horas de funcionamento dos poços em cada intervalo de classe.

Regime médio ponderado em cada intervalo de classe: ($R_{ej} \times w_j$).

Frequência Relativa ou fator de ponderação: $w_j = n_j / N$.

Regime Médio Estimado: $\overline{R_e} = \sum_{j=1}^{12} R_{ej} \times w_j$ 8 horas e 15 minutos.

Como visto na Tabela 2.23, o regime médio de funcionamento estimado para os poços no Domínio I Grupo Vazante em 2015 é de 8,241 horas por dia, o que equivale a aproximadamente 8h:15 min.

2.5.3 Produção Global dos Poços

Considerando o regime de funcionamento e a vazão média dos diferentes intervalos de classe de vazão apresentados na Tabela 2.24, obtém-se uma produção estimada de 16.135 m³/dia, ou 198,3 L/s.

Tabela 2.24 - Produção global estimada, explotada no Domínio I - Grupo Vazante.

Classe Vazão (m³/h)	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Vazão Média (m³/h)	Efetivo de Poços	Vazão Estimada (m³/dia)	Vazão Estimada (m³/s)	
						193 poços	182 poços
0<x≤1	4	0,02	0,63	4	22,03	0,0003	0,0002
1<x≤2,5	12	0,07	1,95	13	204,24	0,0024	0,0022
2,5<x≤5	45	0,25	4,26	48	1674,20	0,0194	0,0183
5<x≤7,5	39	0,21	6,39	41	2.179,50	0,0252	0,0238
7,5<x≤10	33	0,18	8,93	35	2.575,62	0,0298	0,0281
10<x≤15	23	0,13	12,47	24	2.506,31	0,0290	0,0274
15<x≤30	17	0,09	21,41	18	3.181,17	0,0368	0,0347
x>30	9	0,05	54,86	10	4.314,68	0,0499	0,0471
Total	182			193	15.657,76	0,1928	0,1818

Legenda:

N = número total de poços com vazão informada no SIG

Frequência Absoluta (FA) = número de poços com vazão informada no SIG em cada intervalo de classe.

Frequência Relativa (FR) = FA/N.

Vazão Média (QM) = média dos valores de vazão informada em cada intervalo de classe.

Efetivo de poços = N° P.P. x FR= número de poços produtores (bombeando/equipado) encontrados dentro dos limites do domínio.

Vazão Estimada (QE) m³/dia = QM x RME x Efetivo de poços em cada intervalo de classe.

Vazão Estimada (QE) m³/s = QE (m³/dia) x Quantidade de segundos em um dia (84.600).

Segundo os dados informados, a produção de água para um efetivo de 193 poços em operação no ano de 2015 foi estimada em 0,1928 m³/s conforme Tabela 2.24.

A Tabela 2.25 apresenta a produção total dos poços em condições de funcionamento de acordo com a situação operacional informada (ANEXO 1.11). Como visto na Tabela 2.24, a produção global de água estimada para os 193 poços atinge 0,1928 m³/s. Só com os 182 poços em operação, a exploração extraía 94,29% desse total, ou seja, 0,1818 m³/s.

Tabela 2.25 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Domínio I Grupo Vazante.

Poços	Em condições de funcionamento	Bombeando	Equipado
Número	193	143	50
Percentual	100%	74,09%	25,91%
Vazão (m³/s)	0,1928	0,1428	0,0500

A distribuição espacial dos poços produtores no Domínio I Grupo Vazante é mostrada na Figura 2.15, a qual foi gerada a partir da tabela contida no ANEXO 1.11.

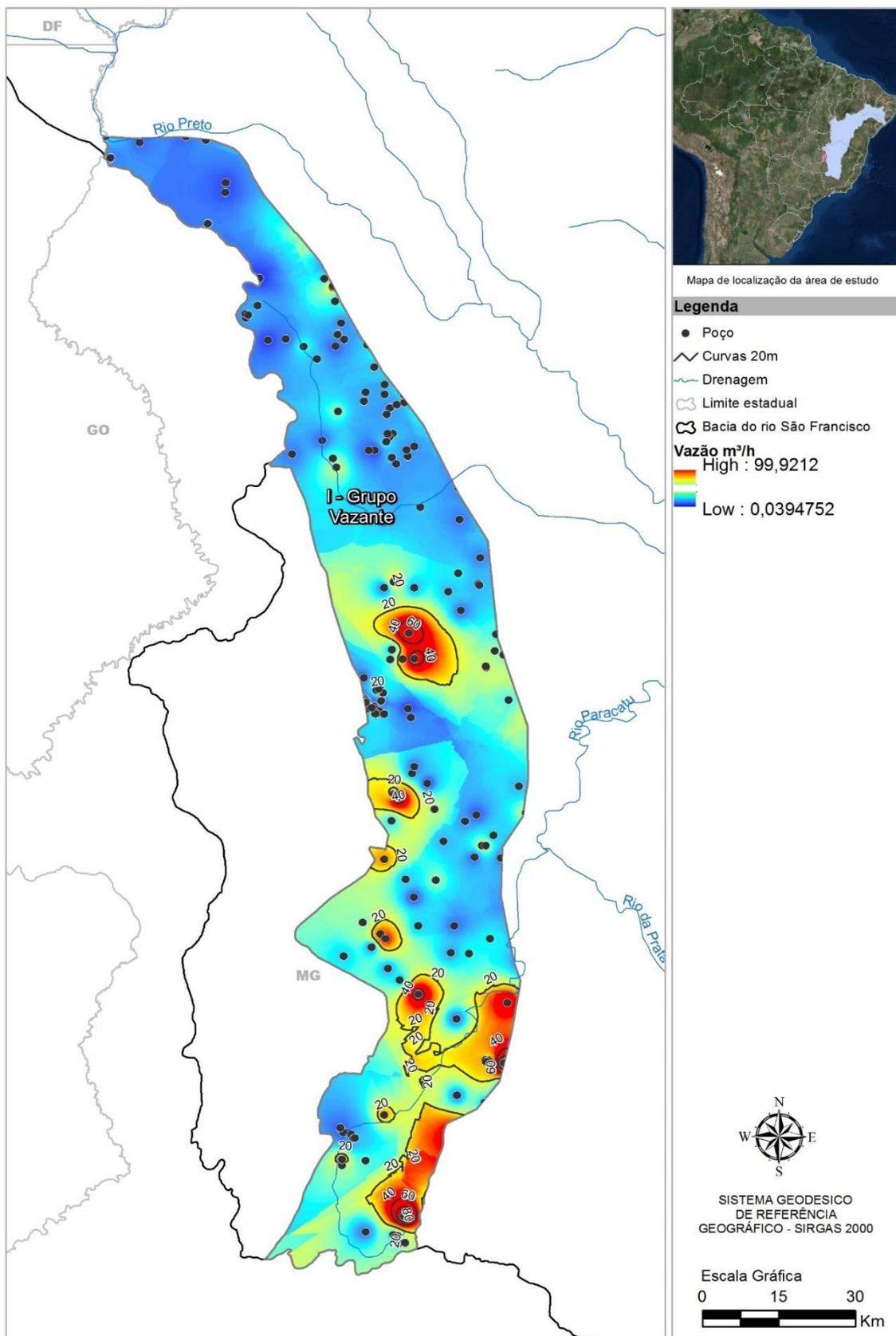


Figura 2.15: Distribuição espacial da produção de 193 poços em operação localizados no Domínio I Grupo Vazante.

2.5.4 Recarga no Domínio I – Grupo Vazante

Na Tabela 2.26, apresentada a seguir, são mostradas as estações fluviométricas utilizadas para os cálculos de recarga, bem como a área da bacia, código e nome da estação, e o período a que se referem os registros de medições de descarga em cada uma delas.

Ressalta-se que as oito estações analisadas apresentam porções que extrapolam os limites do Domínio I, tendo sido, portanto, computados somente os volumes interiores de cada uma das bacias em relação às áreas pertencentes a esse domínio (Figura 2.16).

Do ponto de vista geológico, o conteúdo litológico das oito bacias avaliadas mostrou-se distribuído pelas seguintes tipologias: Formação Vazante – Unidade A, Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas, Formação Vazante Unidade B, Depósitos Aluvionares, Formação Paracatu, coberturas detrito-lateríticas, Grupos Canastra e Santa Fé, Depósitos Aluvionares e à Formação Serra de Santa Helena. A Tabela 2.27 apresentada abaixo indica os percentuais de distribuição de cada uma das tipologias litológicas existentes no Domínio I.

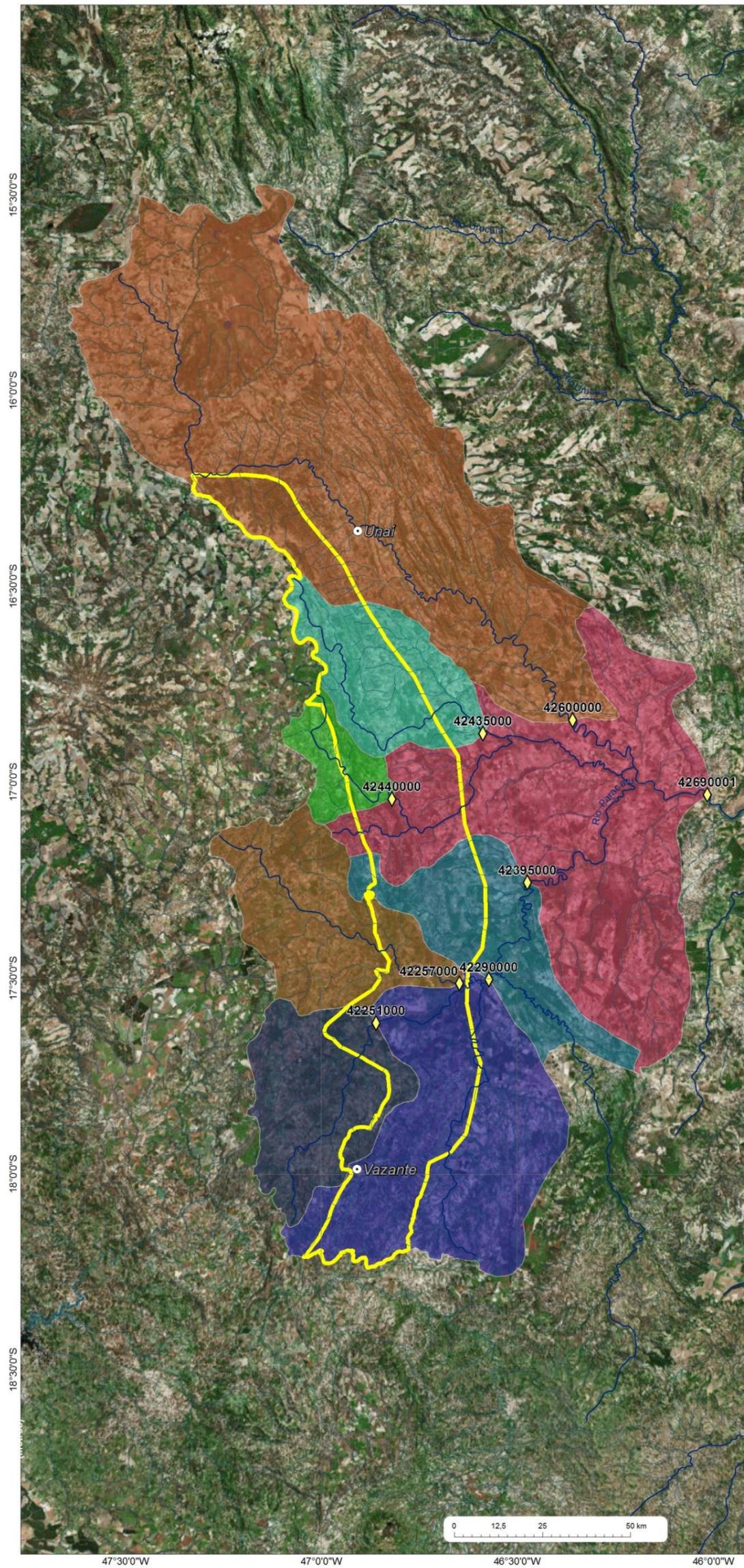
Tabela 2.26 – Informações básicas sobre a estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do Domínio I.

Código da estação*	Latitude	Longitude	Denominação	Curso d'água	Área (km ²)	Período de monitoramento	Período adotado para cálculo
42257000	-17,5125	-46,6461	Barra do Escurinho	Ribeirão Escurinho	2.060,18	1974 - 2015	1974 - 2007
42251000	-17,6133	-46,8586	Fazenda Córrego do Ouro	Rio Escuro	1.849,38	1973 - 2015	1973 – 2007
42440000	-17,0417	-46,8186	Fazenda Poções	Rio São Pedro	581,01	1973 - 2015	1973 - 2007
42395000	-17,2550	-46,4728	Santa Rosa	Rio Paracatu	1.770,22	1955 - 2015	1955 – 2007
42435000	-16,8744	-46,5867	Fazenda Barra da Égua	Rib. Barra da Égua	1.545,50	1974 - 2015	1974 – 2007
42290000	-17,5025	-46,5711	Ponte da BR-040 Paracatu	Rio Paracatu	3.762,79	1965 - 2014	1965 – 2007
42690001	-17,0303	-46,0136	Porto da Extrema	Rio Paracatu	5.675,79	1955 - 2015	1955 – 2007
42600000	-16,8397	-46,3572	Porto dos Poções	Rio Preto	9.289,06	1956 - 2014	1956 - 2007

Tabela 2.27 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Domínio I.

GEOLOGIA DO DOMÍNIO I			
Unidade Geológica	Área (km ²)	%	Tipologia Litológica
Vazante – Unidade A	2806,11	48,36	Ardósia, Foscorito
Vazante – Unidade B	1086,15	18,70	Calcário dolomito, Chert, Foscorito, Rocha metapelítica
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	1704,39	29,34	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de Silte
Depósitos aluvionares	175,99	3,03	Areia, Argila, Cascalho, Silte
Paracatu	35,74	0,62	Sericita filito carbonoso
Paraopeba	0,00	0,00	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga

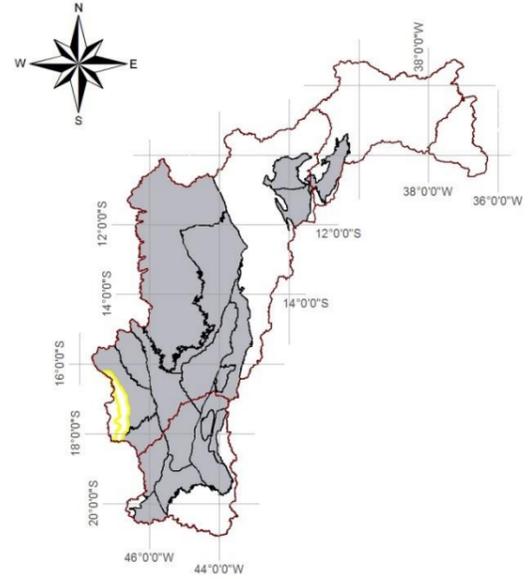
Domínio I - Grupo Vazante



Mapas de localização



Mapa de domínios de ocorrência de unidades carbonáticas



Legendas

- Estação fluviométrica
- Sedes municipais
- Zonas de descarga local
- Zonas de descarga intermediária
- Zonas de descarga regional
- Subdomínio**
- I - Grupo Vazante
- Limite da Bacia Hidrográfica**
- 42257000 - Barra do Escurinho
- 42435000 - Fazenda Barra da Égua
- 42251000 - Fazenda Córrego do Ouro
- 42440000 - Fazenda Poções
- 42290000 - Ponte da BR-040 Paracatu
- 42690001 - Porto da Extrema
- 1746016 - Porto dos Poções
- 42395000 - Santa Rosa

Figura 2.16: Mapa de localização das 8 bacias hidrográficas consideradas nos cálculos de recarga do Domínio I.

O mapa da Figura 2.17 mostra a distribuição dos tipos de rocha existentes no interior do Domínio I, bem como sua inserção na bacia do rio São Francisco.

3.5.4.1 Resultados

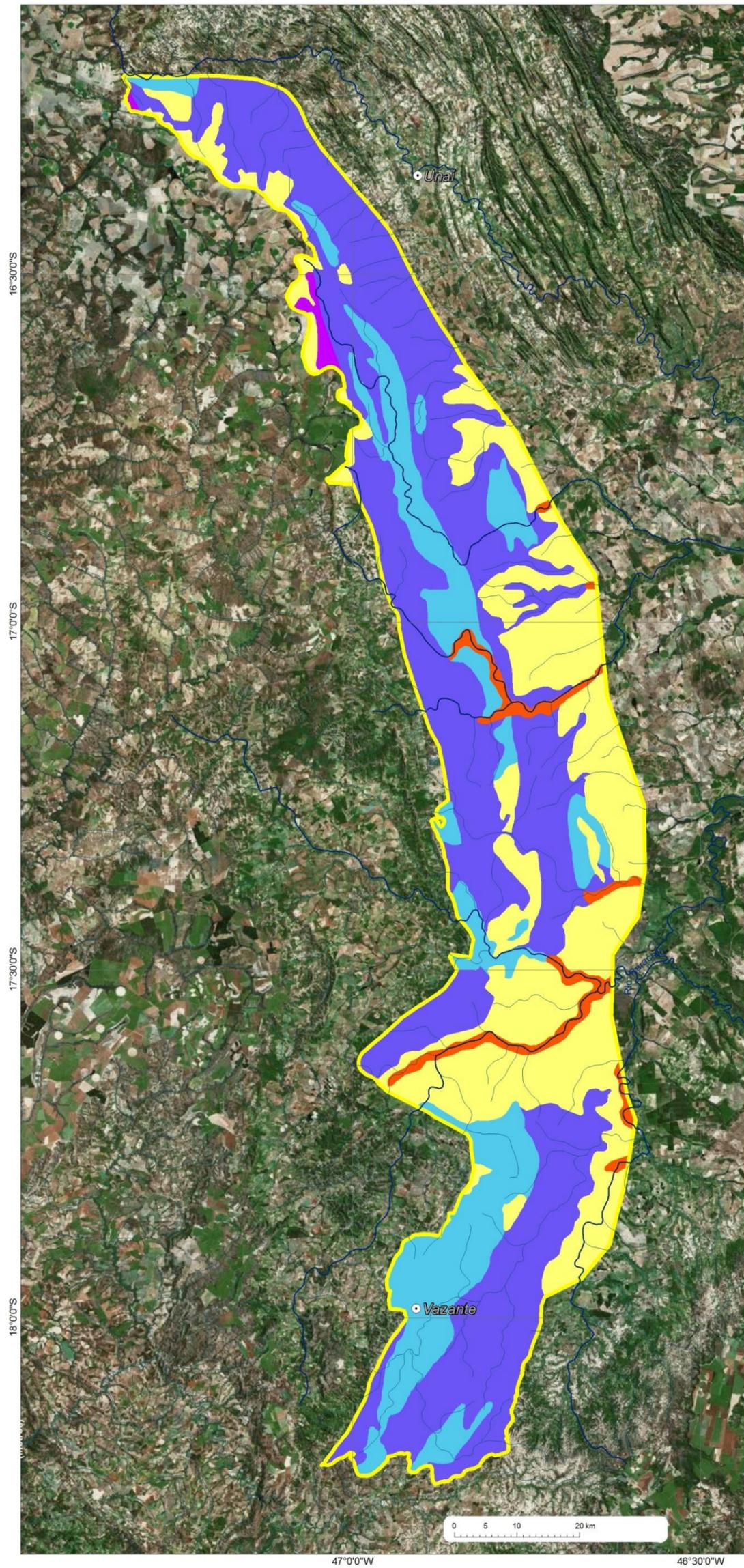
De posse da análise dos hidrogramas de cada uma das oito estações fluviométricas, pôde-se levantar os quantitativos referentes às vazões subterrâneas para cada tipologia litológica, bem como os valores médios de recarga anual e seus respectivos percentuais, quando considerada a média pluviométrica obtida pelas isoietas distribuídas em 8 estações no e em torno do subdomínio I.

Os hidrogramas de cada estação de interesse, os quais serviram para caracterizar os volumes médios que representam as descargas oriundas dos aquíferos, permitem visualizar os traçados que representam os filtros adotados nos procedimentos metodológicos (Eckardt, 2005) e servem ainda para identificar os volumes médios de referência (Filtros A e B) adotados como o valor de base assumido para o escoamento subterrâneo (recarga), considerando-se todo o período de medição de descargas de cada estação.

Considerando-se que cada tipologia litológica apresenta uma determinada característica hidrogeológica, ou seja, suas propriedades físicas intrínsecas permitem que sua capacidade de armazenamento de água seja variável (entre distintos tipos de rocha), o conjunto de rochas presentes numa dada bacia hidrográfica vai definir o potencial médio de água capaz de ser liberado no tempo, e no espaço físico da bacia hidrográfica, o que, por sua vez, definirá o volume de descarga específica média numa dada seção fluviométrica e, também, se for o caso, por tipologia litológica. Por isso, a análise ano a ano de cada hidrograma, segundo o método de aplicação de filtros para separação dos escoamentos superficial e subterrâneo revela-se como ferramenta importante para o reconhecimento dessas descargas específicas médias, numa dada seção de interesse.

Os resultados finais de descarga subterrânea específica obtidos em cada estação são apresentados nas Tabela 2.28 a Tabela 2.35 a seguir.

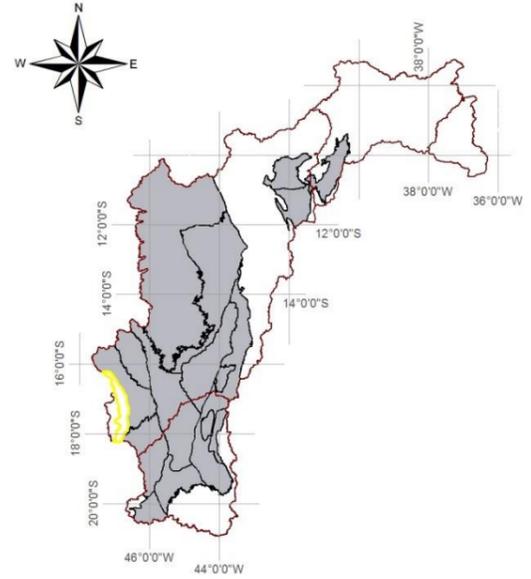
Subdomínio I – Grupo Vazante



Mapas de localização



Mapa de domínios de ocorrência de unidades carbonáticas



Legenda

- Sedes municipais
- Zonas de descarga local
- Zonas de descarga intermediária
- Subdomínio**
- Subdomínio I – Salitre
- Unidades Geológicas**
- CoBERTuras detrito-lateríticas ferruginosas
- Depósitos aluvionares
- Formação Paracatu
- Subgrupo Paraopeba
- Formação Vazante - Unidade A
- Formação Vazante - Unidade B

Figura 2.17: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Domínio I.

Tabela 2.28 – Áreas e valores de vazão para a estação Barra do Escurinho.

Estação Barra do Escurinho	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Formação Vazante – Unidade A	Ardósia, Foscorito	164,29	7,87	6,33	1039,71	6,55
Formação Vazante – Unidade B	Calcário dolomito, Chert, Foscorito, Rocha metapelítica	79,32	3,85	17,09	1355,36	
Formação Paracatu	Sericita filito carbonoso	1223,36	59,38	1,90	2322,59	
Canastra Indiviso	Filito, Xisto, Sericita xisto, Grafita xisto, Metarenito	60,47	2,93	5,06	306,13	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila	518,59	25,17	15,82	8204,76	
Depósitos aluvionares	Areia	14,15	0,69	18,98	268,60	

Tabela 2.29 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Barra da Égua.

Estação Barra da Égua	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Subgrupo Paraopeba, arenito	Arenito	12,91	0,84	3,32	42,86	5,05
Formação Vazante – Unidade A	Ardósia, Foscorito	553,10	35,79	2,77	1530,38	
Formação Vazante – Unidade B	Calcário dolomito, Chert, Foscorito, Rocha metapelítica	264,48	17,11	7,47	1975,85	
Formação Paracatu	Sericita filito carbonoso	31,19	2,02	0,83	25,89	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila	480,74	31,11	6,92	3325,45	
Subgrupo Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	148,01	9,58	3,04	450,50	
Depósitos aluvionares	Areia	55,07	3,56	8,30	457,09	

Tabela 2.30 – Áreas e valores de vazão a para a estação Fazenda Córrego do Ouro.

Estação Fazenda Córrego do Ouro	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Formação Vazante – Unidade A	Ardósia, Foscorito	61,76	3,34	8,25	509,81	8,24
Formação Vazante – Unidade B	Calcário dolomito, Chert, Foscorito, Rocha metapelítica	210,77	11,40	22,29	4697,87	
Formação Paracatu	Sericita filito carbonoso	1131,41	61,18	2,48	2801,91	
Canastra Indiviso	Filito, Xisto, Sericita xisto, Grafita xisto, Metarenito	144,05	7,79	6,60	951,30	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila	285,57	15,44	20,64	5893,33	
Depósitos aluvionares	Areia	15,80	0,85	24,76	391,28	
Serra do Landim	Filito, Sericita filito carbonoso	0,02	0,00	1,65	0,04	

Tabela 2.31 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Poções.

Estação Fazenda Poções	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Formação Vazante – Unidade A	Ardósia, Foscorito	166,69	28,69	6,13	1021,16	6,49
Formação Vazante – Unidade B	Calcário dolomito, Chert, Foscorito, Rocha metapelítica	69,38	11,94	16,54	1147,54	
Formação Paracatu	Sericita filito carbonoso	275,69	47,45	1,84	506,66	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila	58,36	10,04	15,31	893,77	
Depósitos aluvionares	Areia	10,88	1,87	18,38	200,07	

Tabela 2.32 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte da BR-040 Paracatu.

Estação Ponte da BR-040 Paracatu	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Formação Vazante – Unidade A	Ardósia, Foscorito	994,87	12,97	5,77	5736,55	6,02
Formação Vazante – Unidade B	Calcário dolomito, Chert, Foscorito, Rocha metapelítica	619,79	8,08	13,92	8628,28	
Formação Paracatu	Sericita filito carbonoso	2481,41	32,34	2,19	5427,19	
Canastra Indiviso	Filito, Xisto, Sericita xisto, Grafita xisto, Metarenito	214,52	2,80	3,58	767,75	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila	1999,80	26,06	7,95	15904,86	
Paraopeba, calcário	Calcário	137,66	1,79	9,94	1368,55	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	3,32	0,04	2,39	7,93	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	3,37	0,04	11,93	40,18	
Mata da Corda	Arenito, Tufo lapíli	253,08	3,30	3,18	805,12	
Subgrupo Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	739,96	9,64	5,77	4266,68	
Depósitos aluvionares	Areia	224,57	2,93	14,32	3214,86	
Serra do Landim	Filito, Sericita filito carbonoso	0,02	0,00	1,65	0,04	

Tabela 2.33 – Áreas e valores de vazão para a estação Porto da Extrema.

Estação Porto da Extrema	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²
		(km ²)	%	
Formação Vazante – Unidade A	Ardósia, Foscorito	2806,24	9,34	4,18
Formação Vazante – Unidade B	Calcário dolomito, Chert, Foscorito, Rocha metapelítica	1110,75	3,70	9,81
Formação Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito	3,90	0,01	9,23
Formação Paracatu	Sericita filito carbonoso	2994,12	9,97	1,15
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila	8418,87	28,02	6,34
Paraopeba, calcário	Calcário	324,95	1,08	7,21
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	1670,32	5,56	8,65
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	1111,15	3,70	1,73
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	1887,86	6,28	8,65
Mata da Corda	Arenito, Tufo lapili	1004,66	3,34	2,31
Subgrupo Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	6322,19	21,04	4,33

Tabela 2.34 – Áreas e valores de vazão para a estação Porto da Extrem – Continuação.

Estação Porto da Extrema	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Depósitos aluvionares	Areia	1457,72	4,85	10,38	15133,76	
Paraopeba, arenito	Arenito	224,97	0,75	3,32	746,97	
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito	0,24	0,00	9,34	2,22	
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito	2,48	0,01	1,73	4,29	
Paranoá	Metarenito arcoseano, Rocha metapelítica	135,53	0,45	4,85	656,62	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica	12,42	0,04	5,88	73,07	
Serra do Landim	Filito, Sericita filito carbonoso	134,05	0,45	5,02	672,62	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho	0,87	0,00	1,73	1,50	
Paranoá 1 – Conglomerática Rítmica Quartzítica inferior	Conglomerado oligomítico, Metarrilito	0,06	0,00	7,61	0,47	
Paranoá 2 – Síltico Ardosiana	Filito, Mármore, Metassiltito	44,55	0,15	8,31	369,99	
Paranoá 3 – Rítmica Quartzítica Intermediária	Metassiltito, Siltito argiloso	58,28	0,19	9,34	544,57	
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	Metargilito, Metassiltito	89,98	0,30	8,65	778,44	
Canastra Indiviso	Filito, Xisto, Sericita xisto, Grafita xisto, Metarenito	214,52	0,71	3,58	767,75	
Drenagem	Drenagem	12,61	0,04	-	-	

Tabela 2.35 – Áreas e valores de vazão para a estação Porto dos Poções.

Estação Porto dos Poções	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito	0,24	0,00	9,34	2,22	6,06
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito	2,48	0,03	1,73	4,29	
Paraopeba, arenito	Arenito	212,06	2,28	5,02	1064,11	
Paranoá	Metarenito arcoseano, Rocha metapelítica	135,53	1,46	4,85	656,62	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica	12,42	0,13	5,88	73,07	
Formação Vazante – Unidade A	Ardósia, Foscorito	474,54	5,11	5,02	2381,20	
Formação Vazante – Unidade B	Calcário dolomito, Chert, Foscorito, Rocha metapelítica	44,88	0,48	12,11	543,56	
Formação Paracatu	Sericita filito carbonoso	60,14	0,65	1,90	114,47	

Tabela 2.36 – Áreas e valores de vazão para a estação Porto dos Poções – Continuação.

Estação Porto dos Poções	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Qb espec. L/s.km ²	Q mín ponderada por tipologia (L/s)	Q min espec (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila	735,16	7,91	8,13		5978,63
Serra do Landim	Filito, Sericita filito carbonoso	134,02	1,44	5,02		672,50
Paraopeba, calcário	Calcário	14,34	0,15	8,65		124,05
Coberturas detrítico-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	1581,55	17,03	9,34		14777,48
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	352,58	3,80	2,08		732,10
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho	0,87	0,01	1,73		1,50
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	5094,97	54,85	4,85		24684,48
Paranoá 1 – Conglomerática Rítmica Quartzítica inferior	Conglomerado oligomítico, Metarritmito	0,06	0,00	7,61		0,47
Paranoá 2 – Síltico Ardosiana	Filito, Mármore, Metassiltito	44,55	0,48	8,31		369,99
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	Metargilito, Metassiltito	89,98	0,97	8,65		778,44
Depósitos aluvionares	Areia	227,81	2,45	12,46		2838,08
Paranoá 3 – Rítmica Quartzítica Intermediária	Metassiltito, Siltito argiloso	58,28	0,63	9,34		544,57
Drenagem	Drenagem	12,61	0,14	-		-

Tabela 2.37 – Áreas e valores de vazão para a estação Santa Rosa.

Estação Santa Rosa	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Formação Vazante – Unidade A	Ardósia, Foscorito	1247,22	9,63	4,82	6009,30	6,24
Formação Vazante – Unidade B	Calcário dolomito, Chert, Foscorito, Rocha metapelítica	679,97	5,25	11,63	7908,06	
Formação Paracatu	Sericita filito carbonoso	2556,78	19,74	1,83	4672,70	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila	3303,84	25,51	7,81	25798,76	
Paraopeba, calcário	Calcário	245,08	1,89	8,31	2035,88	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	48,97	0,38	8,97	439,30	
Mata da Corda	Arenito, Tufo lapíli	1004,66	7,76	2,99	3004,51	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	949,79	7,33	5,32	5049,60	
Depósitos aluvionares	Areia	495,39	3,82	11,96	5926,02	
Canastra Indiviso	Filito, Xisto, Sericita xisto, Grafita xisto, Metarenito	214,52	1,66	3,58	767,75	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	327,24	2,53	2,39	780,79	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	1878,44	14,50	11,93	22409,53	
Serra do Landim	Filito, Sericita filito carbonoso	0,02	0,00	1,65	0,04	

3.5.4.2 Considerações finais

Diante dos valores encontrados para as recargas dos aquíferos contidos no Domínio I, verifica-se a partir da Tabela 2.38, apresentada a seguir, que o valor médio da vazão subterrânea específica é de 8,31 L/s.km², variando entre 1,95 L/s.km² e 14,65 L/s.km² e em termos médios anuais, a média geral da recarga média anual para o Domínio I corresponde a cerca de 262,13 mm/ano.

Tabela 2.38 – Resultados de recarga encontrados para o Domínio I.

Unidade	Área (km ²)	Vazão mínima ponderada por litologia (L/s)	Vazão subterrânea específica média (L/s.km ²)	Recarga média anual (mm/ano)
Vazante – Unidade A	2806,11	14443,29	5,15	162,32
Vazante – Unidade B	1086,15	15907,52	14,65	461,87
Coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas	1704,39	15078,73	8,85	279,00
Depósitos aluvionares	175,99	2459,40	13,97	440,70
Paracatu	35,74	69,78	1,95	61,57
Paraopeba	0,00	0,01	5,31	167,31
				262,13

2.5.5 Zoneamento da exploração no Domínio I

O zoneamento da exploração é considerado fundamental para a gestão do aquífero e para cumprir essa finalidade foi adotado o seguinte procedimento:

- O ponto de partida para o *zoneamento da exploração* foi a inserção da área do Domínio I, em estudo, no interior de um retângulo compreendido entre os paralelos de 46°30'S e 47°30'W e entre os meridianos de 16°S e 18°30'S, no qual foi feita uma partição em células quadradas de 30' de lado, com área aproximadamente de 3025 km² (55 km x 55 km), conforme Figura 2.18. Globalmente, o Subdomínio IIb, com área de 5.796,5 km², foi recoberto por 7 células com áreas variáveis de 73,2 a 1.613,0 km².
- Foi então realizado um balanço tendo como vazão de entrada em cada célula a recarga média avaliada por sub-bacia (Tabela 2.39) e como descarga de saída, a vazão informada no cadastro de usuários realizado em 2014 na área do projeto. Verificou-se que o número de poços existentes em condições de operação em cada célula varia bastante estando concentrados principalmente nas células R03, S03 e T47. Isto permitiu obter o mapa de zoneamento da exploração do aquífero em 2014 (Figura 2.18). Esse mapa revela que em todas as células há excedente hídrico e que as retiradas são bem inferiores à recarga.
- Essa conclusão baseada em vazão informada sugere que não há motivos para preocupação nesse subdomínio, notadamente porque a julgar pelo índice de concentração de poços, o resultado é consistente com a realidade.
- Neste sentido, não há prioridade para implementação de um programa de monitoramento automático de níveis e descargas de poços neste subdomínio.

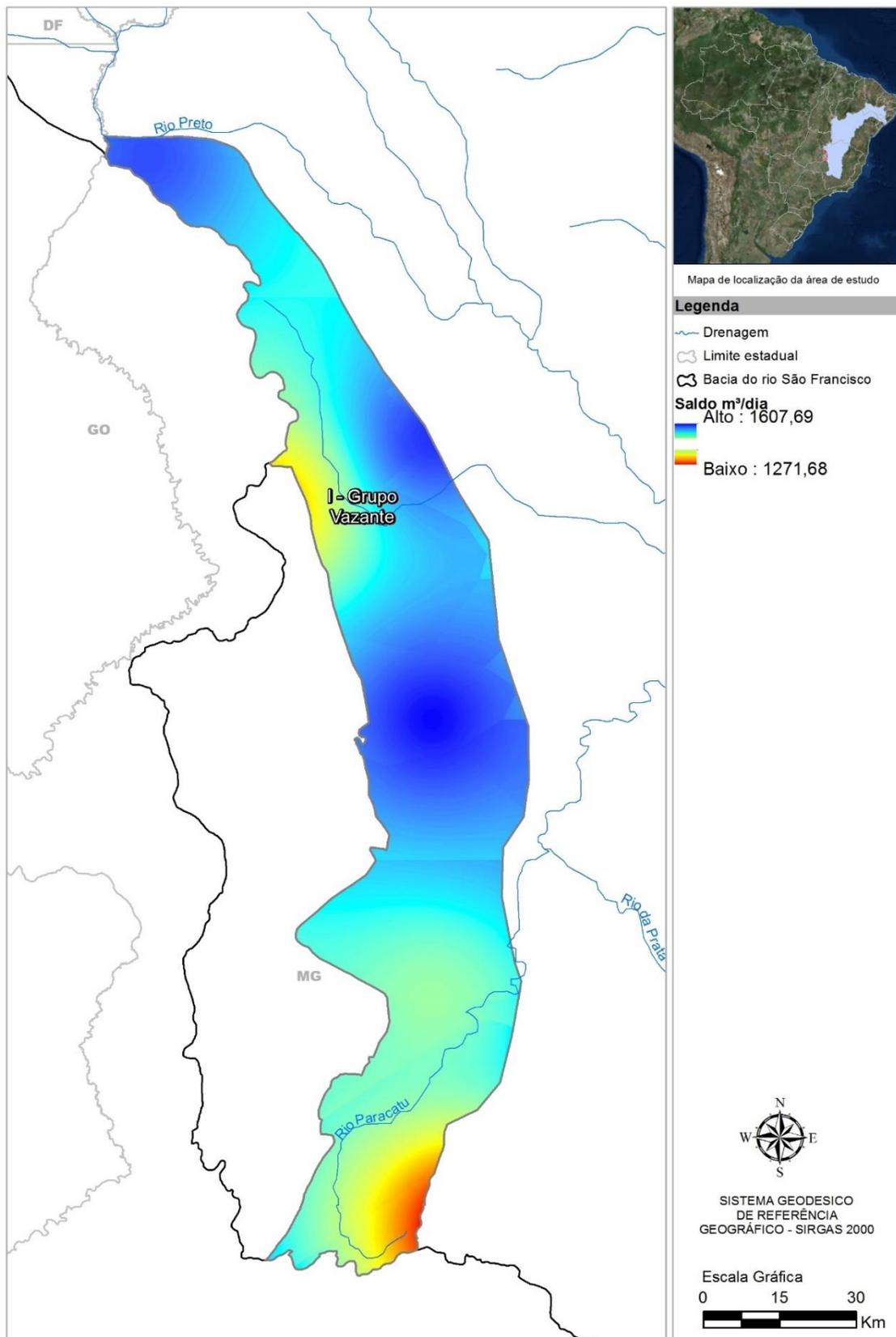


Figura 2.18: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Domínio I, Vazante, com excedente hídrico.

Tabela 2.39 – Balanço entre recarga natural e vazão explorada no Domínio I Bambuí Deformado.

Célula	x	y	Area km ²	Número de Poços	Recarga m ³ /dia	Produção Estimada m ³ /dia	Saldo m ³ /dia
Q02	-47,25	-16,25	512,4	17	440.844	1.688	439.156
Q03	-46,75	-16,25	73,2	1	37.473	235	37.238
R02	-47,042	-16,874	143,2	6	1.336.194	797	1.336.397
R03	-46,75	-16,75	1.315,4	50	747.716	8.661	739.056
S03	-46,75	-17,25	1.598,4	75	1.181.923	20.005	1.161.919
T03	-46,75	-17,75	1.613,0	48	1.013.572	18.547	995.025
U03	-46,68	-18,152	540,9	17	516.029	6.539	509.490

2.6 Reservas, potencialidades e exploração

As conceituações de reservas, potencialidades e exploração encontram-se nos tópicos 1.2, 1.3 e 1.4 do Capítulo 1.

2.6.1 Reservas permanentes

As reservas permanentes do Domínio I – Grupo Vazante foram avaliadas de acordo com o exposto nos itens 1.2.1, 1.2.2 e 1.2.3 do Capítulo 1 do presente relatório. A Tabela 2.40 a seguir sintetiza os valores utilizados e os resultados obtidos.

Tabela 2.40 – Reserva permanente do Domínio I – Grupo Vazante.

Domínio I - Grupo Vazante								
Unidade Geológica	Área (km ²)	%	Litologia predominante	P (m)	NE (m)	μ _e	b (m)	RP (hm ³)
Vazante – Unidade A	3.764,17	64,81	Ardósia, Foscorito	90,00	18,00	0,06	72,00	16.261,21
Vazante – Unidade B	2.044,21	35,19	Calc. Dolom., Chert, Foscorito, metapelite	78,00	24,00	0,16	54,00	17.661,97
Totais	5.808,38	100,00						Reserva permanente total 33.923,19

P = prof. média dos poços NE = nível est. médio μ = poros efetiva b = espes. saturada média RP = Res. Perman.

2.6.4 Exploração

O conceito de exploração de água subterrânea, aqui adotado, é discutido no item 1.4 do presente relatório.

Uma análise bastante detalhada da produção dos poços do Domínio I – Grupo Vazante, foi apresentada acima no item 2.5.3. Os números obtidos nessa análise serão aqui reproduzidos.

2.6.4.1 Exploração efetiva

A exploração efetiva é avaliada em 16.135 m³/dia ou 6,25 hm³/ano para um regime médio de 8,24 horas/dia de bombeamento.

2.6.4.2 Exploração instalada

Considerando-se regime de bombeamento contínuo, chega-se a uma exploração instalada de 18,20 hm³/ano.

3 Domínio II

O Domínio II foi definido como o compartimento oeste de Allkmin & Martins-Neto (2001) e corresponde à zona externa das faixas de dobramento Brasília e Rio Preto, dentro da bacia do São Francisco, no contexto do Grupo Bambuí deformado (Figura 3.1). O Domínio II se caracteriza pela presença de dobras e falhas de empurrão relacionadas ou rotacionadas por sistemas transpressivos dextrais na porção norte e sinistrais na porção sul, com vários conjuntos de juntas. As estruturas alinham-se ao longo do eixo N-S, com vergência de oeste para leste, e existe uma rotação das estruturas que, localmente, eliminam a vergência. Existe uma diminuição progressiva da deformação em direção ao interior do cráton (Allkmin & Martins-Neto, 2001).

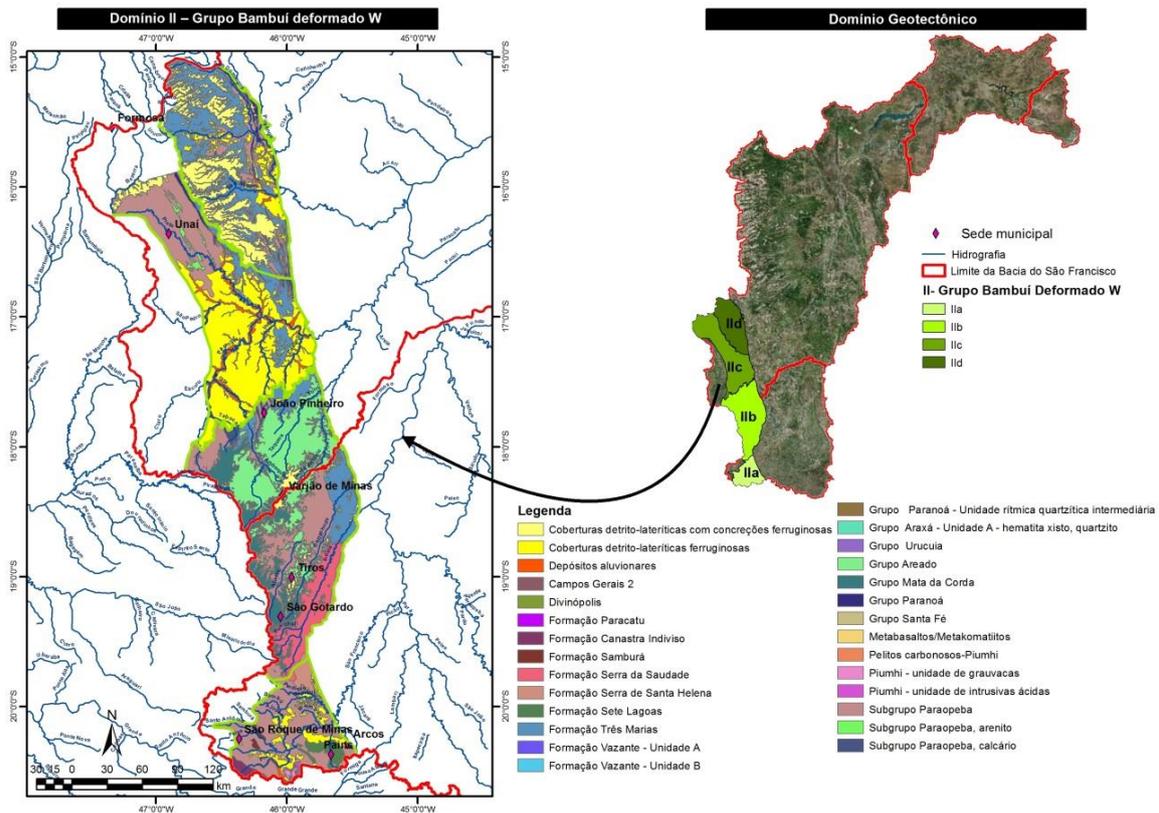


Figura 3.1: Localização do Domínio II – Grupo Bambuí Deformado W.

O Domínio II foi subdividido em quatro subdomínios, que serão caracterizados nos tópicos seguintes.

3.1 Subdomínio Ila

Corresponde à porção sudoeste do cráton do São Francisco em Minas Gerais, e engloba as cidades de Arcos, Pains, São Roque de Minas e áreas a norte de Córrego Danta. Afloram, principalmente, rochas da base do Grupo Bambuí, com porções cobertas por sedimentos cenozóicos. Apresenta uma deformação marcante, com falhas transcorrentes dextrais que rotacionam e cortam os lineamentos marcados pela direção das charneiras de dobras N-S a NNW-SSE. A sudoeste o subdomínio é limitado pelas napes e falhas de empurrão da faixa Brasília (grupos Paranoá e Canastra) e a leste faz contato discordante erosivo com o embasamento cristalino.

3.1.1 Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação

Neste item tem-se o levantamento do uso do solo, das estruturas cársticas e das fontes de contaminação realizado para a área regional, conforme descrito no capítulo de Metodologia, e recortados aqui para o Subdomínio Ila.

Na Tabela 3.1 tem-se as fontes contaminantes do Subdomínio Ila.

Tabela 3.1 – Fontes contaminantes do Subdomínio Ila.

Subdomínio Ila – Fontes contaminantes	
Cemitério	12
Indústria	24
Posto de combustível	47
Total:	83

O quantitativo de estruturas cársticas para o subdomínio Ila foi de 2194 cavidades e 403 dolinas, e estão exibidas na Figura 3.2.

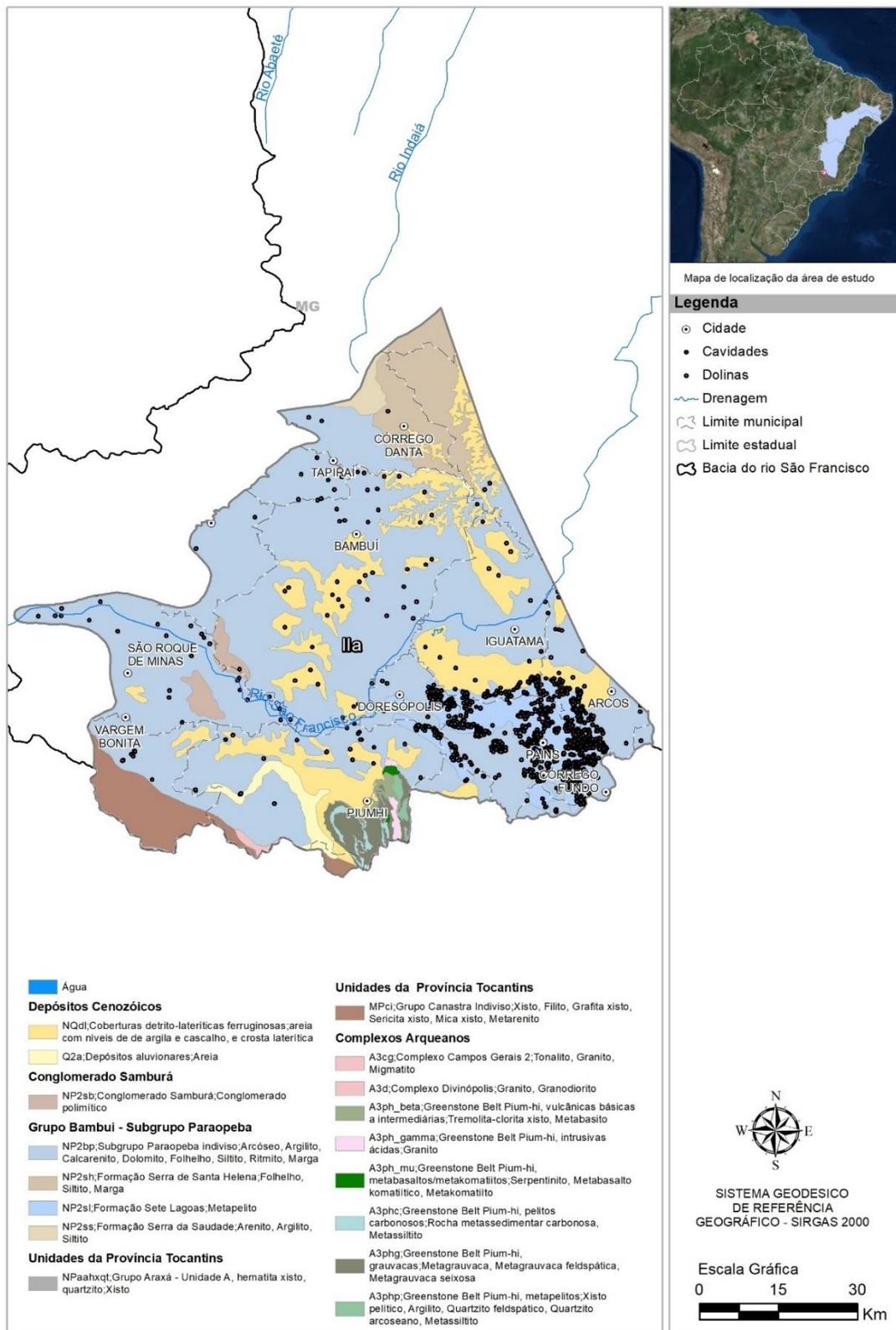


Figura 3.2: Mapa de estruturas cársticas do Subdomínio Ila.

As áreas das diferentes classes de uso do solo do subdomínio Ila são quantificadas conforme mostrado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Áreas de uso do solo do Subdomínio Ila.

Classes de uso do solo	Área em km ²
Área urbanizada	14,94
Campestre	2.360,17
Corpo d'água continental	4,50
Florestal	3.656,15
Lavoura temporária	36,38
Sem informação	0,0025
Total:	6.072,14

A distribuição percentual das áreas das classes de uso do solo no subdomínio Ila é mostrada na Figura 3.3.

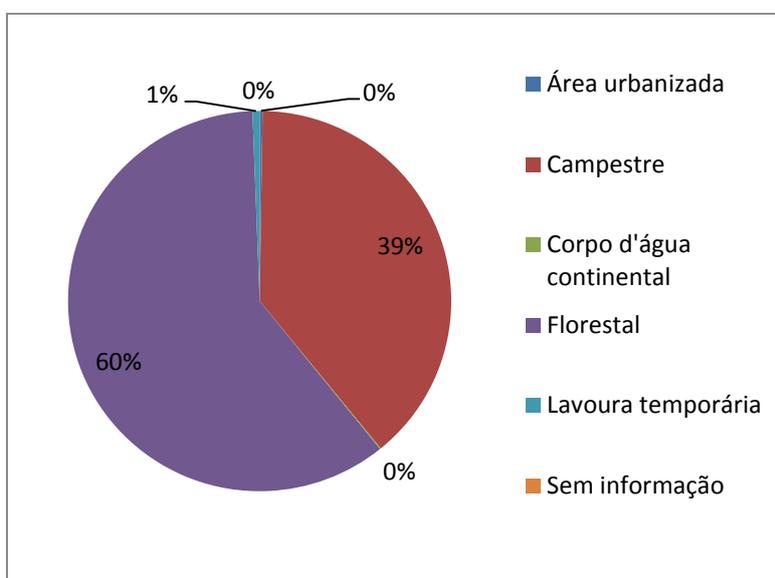


Figura 3.3: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Subdomínio Ila.

A maior porcentagem encontra-se na classe Florestal, com 60% da área total de 6.072,14 km², ou seja, 3.656,15 km² de área; em seguida, a maior área foi identificada como Campestre com 39% ou 2.360,17 km²; a classe Lavoura Temporária representa 1% ou 36,38 km²; as demais classes, como Corpo de Água Continental, Área Urbanizada e Sem Informação, representam valor menor que 1%, respectivamente com 4,5 km², 14,94 km² e 0,0025 km².

O mapa do uso do solo acrescido dos possíveis pontos de contaminação e estruturas cársticas, para o subdomínio Ila, pode ser observado na Figura 3.4.

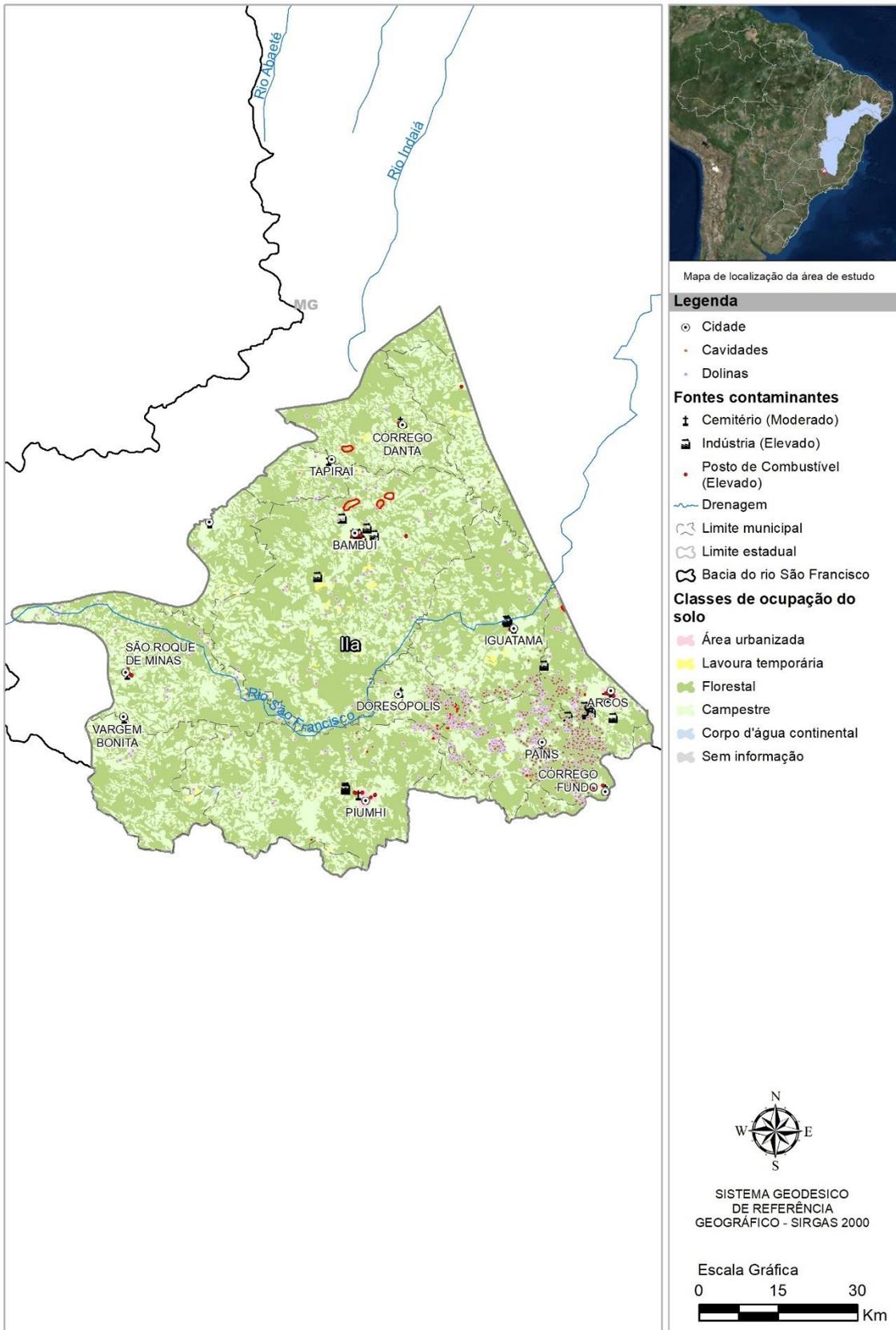


Figura 3.4: Uso e ocupação do solo no Subdomínio IIa.

3.1.2 Levantamento socioeconômico e demandas hídricas

Para a realização de um estudo correto das demandas hídricas de uma localidade, se faz necessário o estudo de parâmetros socioeconômicos e populacionais.

A interpretação dos parâmetros de rendimento e taxa de alfabetização, auxiliam no entendimento do grau de desenvolvimento econômico de uma região, e a partir daí, torna-se possível correlacioná-los à necessidade de água no local. A Tabela 3.3 apresenta tais parâmetros para o subdomínio Ila.

Tabela 3.3 - Dados socioeconômicos do Subdomínio Ila.

Rendimento (R\$)	Alfabetização (%)	IDHM
975,02	93,0	0,728

O subdomínio Ila apresentou, em 2010, o rendimento médio da população um abaixo da média do estado de Minas Gerais (R\$ 1.101,56), sendo cerca de 11% menor. Porém, se comparado ao salário mínimo do ano em questão (R\$ 510,00), este rendimento é cerca de 91% acima deste valor.

No tocante à taxa de alfabetização, o subdomínio Ila apresenta uma taxa (93,0%) mais alta que a taxa do estado de Minas Gerais (92,30%).

No caso do rendimento, tem-se a consideração do peso proporcional de adultos potencialmente receptores de renda no domicílio, diante do cenário em que crianças e idosos tendem a não gerar renda. Sabendo que o rendimento é obtido pela divisão da receita domiciliar pelo número de integrantes no domicílio, um rendimento baixo pode ser entendido como receita familiar baixa e/ou alto número de integrantes da família, assim como um rendimento alto pode significar uma receita familiar alta e/ou um baixo número de integrantes da família.

Analogamente, a taxa de alfabetização contribui para análise das condições de vida populacional, proporcionando o entendimento do bem estar familiar. Essa taxa de alfabetização tende a ser mais baixa em localidades de menor rendimento, indicando menor oportunidade de acesso ao conhecimento.

Dessa forma, compreender o nível de qualidade de vida constitui um fundamento para gerar dados acerca do rendimento e taxa de alfabetização regional, de forma que uma menor qualidade de vida é relacionada a um menor rendimento e menor taxa de alfabetização, o que assinala menor demanda hídrica no local, ao passo que uma maior qualidade de vida é relacionada a um maior rendimento e maior taxa de alfabetização, assinalando uma maior demanda hídrica.

Quando consideramos o IDHM, é possível obter uma análise mais robusta, haja vista que tal índice pondera longevidade, educação e renda, simultaneamente. Nesse âmbito, o Índice de Desenvolvimento Humano para o Subdomínio Ila foi de 0,728, em 2010, classificando-se na faixa de Desenvolvimento Humano Alto (IDHM entre 0,700 e 0,799). Pode-se concluir

que o subdomínio Ila possui rendimento, taxa de alfabetização e IDHM altos, o que indica uma maior demanda hídrica.

O subdomínio Ila representa 8% do PIB e cerca de 6% da população do total dos subdomínios. Porém, quando analisado o PIB per capita, o subdomínio apresenta resultado mais elevado que a média da área de influência total.

Essa situação pode caracterizar má distribuição de renda na região, ou ainda, que a região possui áreas comerciais/industriais, onde a produção de bens é mais intensa que os gastos domiciliares.

Esse cenário pode ser ainda confirmado diante do confronto desse PIB per capita com o PIB per capita de Minas Gerais, chegando a ser apenas 7% menor que do estado (20.592,16), ressaltando o alto nível de produção econômica na área.

Tabela 3.4 apresenta os valores do PIB para o Subdomínio Ila.

Tabela 3.4 – PIB do Subdomínio Ila.

PIB	População	PIB per capita
4.145.163,00	215.443	19.240,18

3.1.2.1 Aspectos sanitários gerais

O estudo dos aspectos sanitários da região, servirão para o monitoramento da qualidade da água, identificando as deficiências que mais influenciam em problemas ambientais. Foram avaliados quatro pontos importantes: formas de abastecimento, tipos de esgotamento sanitário nos domicílios, destino do lixo e quantitativo de domicílios que recebem ou não energia elétrica.

- **Abastecimento**

A porcentagem de abastecimento por rede geral, ou seja, com tratamento de água, no subdomínio Ila (86,50%) é um pouco superior à taxa de abastecimento do estado de Minas Gerais (86,28%), apresentando menores taxas em relação ao abastecimento por poços, nascentes, rios, açudes, o que caracteriza uma área mais urbanizada.

A Tabela 3.5 apresenta a distribuição da forma de abastecimento no subdomínio Ila.

Tabela 3.5 – Formas de abastecimento no subdomínio IIa.

Formas de abastecimento	%
Rede geral	86,50
Poço ou nascente na propriedade	9,20
Poço ou nascente fora da propriedade	2,60
Rio, açude, lago ou igarapé	1,00
Poço ou nascente na aldeia	0,00
Poço ou nascente fora da aldeia	0,00
Outra	0,70

- **Esgotamento sanitário**

Neste subdomínio, apenas 0,30% dos domicílios não possuíam nem banheiro nem sanitário, mostrando-se com taxa ainda menor que a do estado de Minas Gerais (1,26%). A porcentagem de esgoto que não é transportado pela rede geral, não é posto em redes pluviais e nem tratado em fossa séptica é significativa, apontando para grande impacto no meio ambiente desta região.

A Tabela 3.6 abaixo apresenta as porcentagens da existência de banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário no subdomínio IIa.

Tabela 3.6 – Existência de banheiro ou sanitário no subdomínio IIa.

Tipos de esgotamento sanitário	Quantitativo (%)
Banheiro de uso exclusivo do domicílio	99,30
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	87,20
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - outro	12,80
Sanitário	0,30
Sanitário - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	50,20
Sanitário - outro escoadouro	49,80
Sem banheiro e sem sanitário	0,30

- **Destino do lixo**

Com o estudo realizado, foi possível verificar que o subdomínio IIa possui um sistema de destino do lixo similar à média de todo o estado de Minas Gerais, mostrando que 89,0% do lixo é coletado, enquanto a média do estado é 87,63%. Porém ainda 11,0% do lixo possui destino indefinido, o que pode indicar uma destinação incorreta podendo causar contaminação do solo e de águas.

A Tabela 3.7 apresenta as porcentagens de destinação do lixo no subdomínio IIa.

Tabela 3.7 – Destinos do lixo no subdomínio IIa.

Destino do lixo	Quantitativo (%)
Coletado	89,00
Coletado por serviço de limpeza	96,90
Coletado em caçamba de serviço de limpeza	3,10
Outro destino	11,00

- **Energia Elétrica**

Neste quesito, pode-se identificar que o subdomínio IIa é uma região bem atendida por redes elétricas, com porcentagem de pessoas que tem energia elétrica maior que a do estado de Minas Gerais, chegando a atender 99,70% da população e apenas 0,30% da população não recebe atendimento.

3.1.2.2 Demandas Hídricas

O estudo das demandas visa o conhecimento da necessidade de água de uma determinada região, e aliado ao conhecimento das potencialidades e disponibilidades hídricas, se torna um dos elementos essenciais para a realização de seu balanço hídrico, além de constituir um instrumento valioso para o planejamento e estabelecimento das prioridades de uma política de uso dos recursos hídricos.

O levantamento das demandas hídricas foi feito tanto para dados atuais (2010) como para dados futuros (2015, 2020, 2025 e 2030).

- **População urbana e rural**

No subdomínio IIa pode-se observar uma diminuição na população rural, com taxa de crescimento negativa ao passo que houve um aumento na população urbana, com taxa de crescimento positiva, como pode ser observado na Tabela 3.8.

Tabela 3.8 – População e demanda para abastecimento humano (2010).

População	2010	Demanda (m ³ /dia)	Taxa de crescimento (%)
Rural	29.437	6.562	-1,82
Urbana	184.154	54.734	1,04

Este aumento da população urbana e diminuição da população rural indica um processo de urbanização da região. O processo de urbanização é decorrente do desenvolvimento econômico e distribuição de trabalho, intimamente ligado à industrialização.

O crescimento populacional neste subdomínio, aumenta a competição pelos mesmos recursos naturais, para suprimento das necessidades humanas, e, ao mesmo tempo, a produção de poluição. Tudo isso pode implicar na degradação de muitos recursos naturais e aumento de epidemias. Podemos notar que a demanda hídrica rural é menor que demanda hídrica urbana.

- **Dessedentação animal**

O subdomínio Ila representa 7% de bovinos, 26% de bubalinos, 6% de equinos, 1% de asininos, 4% de muares, 1% de caprinos, 2% de ovinos, 11% de suínos e 4% de aves do somatório total das cabeças de todos os subdomínios. O quantitativo de cabeças e o consumo da dessedentação de animais estão na Tabela 3.9.

Tabela 3.9 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.

Rebanhos	Nº de cabeças
Bovinos	485.735
Bubalinos	1.827
Equinos	13.816
Asininos	55
Muares	680
Caprinos	286
Ovinos	1.429
Suínos	100.148
Aves	543.190
Demanda para dessedentação animal (m ³ /dia)	521.679,92

- **Irrigação**

O subdomínio IIa apresentou, em 2010, uma estimativa de área irrigada, calculada segundo a aplicação do PAI-MG, de 6.319 hectares. A partir dos dados de área irrigada e com o coeficiente de demanda unitária adotado, de 0,4 L/s.ha, foi possível converter a área irrigada em demanda hídrica, que foi estimada, para o ano de 2010 em 217.399 m³/dia.

- **Indústria**

A demanda de recursos hídricos das indústrias, para o subdomínio IIa, demonstra ser pequena em relação à demanda de abastecimento da população, sendo igual a 44,57 m³/dia. Porém, segundo análise na seção de demanda de população rural e urbana, pode-se concluir que é uma região que está em desenvolvimento industrial.

3.1.2.3 Demandas futuras (2015, 2020, 2025, 2030)

- **População urbana e rural**

A Tabela 3.10 a seguir apresenta as projeções feitas, para a população urbana e rural no subdomínio IIa. Os coeficientes de retirada de água per capita, também definido na metodologia, foram aplicados às populações projetadas nos referidos anos, de forma a obterem-se as demandas para abastecimento urbano e rural para o subdomínio IIa.

Tabela 3.10 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.

População/Ano	2015	2020	2025	2030
Rural	27.208	25.441	24.093	23.186
Urbana	190.965	196.366	200.498	203.259
Demanda hídrica rural (m ³ /dia)	6.097	5.728	5.447	5.258
Demanda hídrica urbana (m ³ /dia)	57.525	59.738	61.427	62.562

- **Dessedentação animal**

Devido à falta de dados mais recentes foi necessário projetar o número de cabeças por espécie, admitindo a mesma taxa de crescimento linear obtida entre os anos de 1996 e 2006. Assim, foi possível estimar o número de cabeças por espécie para 2010 e da mesma forma se procedeu para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030. Uma vez aplicada a taxa de crescimento linear, estimou-se o número de cabeças por espécie para o subdomínio IIa, e o consumo para dessedentação animal. Ambos apresentados na Tabela 3.11.

Tabela 3.11 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.

Rebanhos	Nº de cabeças por ano			
	2015	2020	2025	2030
Bovinos	489.209	492.707	496.231	499.780
Bubalinos	1.840	1.854	1.867	1.880
Equinos	13.914	14.014	14.114	14.215
Asininos	56	56	57	57
Muares	685	690	695	700
Caprinos	288	290	292	294
Ovinos	1.439	1.450	1.460	1.470
Suínos	100.864	101.586	102.312	103.044
Aves	547.074	550.987	554.927	558.896
Demanda para dessedentação (m³/dia)	525.410,65	529.168,07	532.952,36	536.763,71

- **Irrigação**

De posse da demanda atual para agricultura em 2010, deu-se prosseguimento às metodologias já aplicadas para os demais anos que compõem o horizonte deste estudo. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 3.12.

O resultado dessas projeções consiste nas áreas irrigadas a serem consideradas no futuro. Assim, utilizando-se dos coeficientes de demanda para agricultura, obtêm-se a demanda hídrica futura para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030.

Tabela 3.12 – Projeção dos métodos utilizados para irrigação no subdomínio IIa.

Área irrigada (ha) / Ano	2015	2020	2025	2030
		6.746	6.200	6.686
Demanda para irrigação (m³/dia)	233.126	248.846	265.625	283.536

- **Indústria**

Para demanda relacionada à indústria, de forma semelhante ao que foi feito para calcular a de 2010, projetou-se os PIBs secundários para o subdomínio. Essa projeção teve como base uma taxa de crescimento linear obtida através da comparação entre os PIBs de 2002 e 2012.

Ao aplicar o coeficiente de consumo específico para classe 900 (genérica), equivalente a 0,02713 m³/US\$, como definido na metodologia, inferiram-se as demandas industriais para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030 (Tabela 3.13).

Tabela 3.13 – Projeção da demanda hídrica industrial para o subdomínio IIa.

Demanda Industrial (m ³ /dia)			
2015	2020	2025	2030
50	55	58	60

3.1.3 Vulnerabilidade

A vulnerabilidade foi avaliada de acordo com a metodologia EPIK comentada no item 1.6 do presente relatório.

A classificação dos parâmetros E, P, I e K, é mostrada na Figura 3.5. Essa classificação mostra os seguintes resultados:

Parâmetro E – Epicarste: 7% de epicarste franco (classe E1); 77% de epicarste encoberto (classe E2); e 16% ausente (classe E3).

Parâmetro P – Cobertura de proteção: 78% para a classe P2 e 22% para a classe P3.

Parâmetro I – Condições de infiltração: 7% para a classe I1; 79% para a classe I2; e 14% para a classe I3.

Parâmetro K – Grau de desenvolvimento da rede cárstica: 7% para a classe K1; 77% para a classe K2; e 16% para a classe K3.

Na definição das classes do parâmetro P foi muito útil o mapa das unidades de solo, mostrado na Figura 3.6.

Com os diferentes parâmetros zoneados, foi possível elaborar o mapa de vulnerabilidade (ver item 1.6), mostrado na Figura 3.7. A partir desse mapa quantificam-se percentualmente, na Figura 3.8, as classes de vulnerabilidade.

Como se pode observar na Figura 3.8, a área do Subdomínio IIa é repartida em 16% de vulnerabilidade baixa; 77% de vulnerabilidade média; e 7% de vulnerabilidade alta.

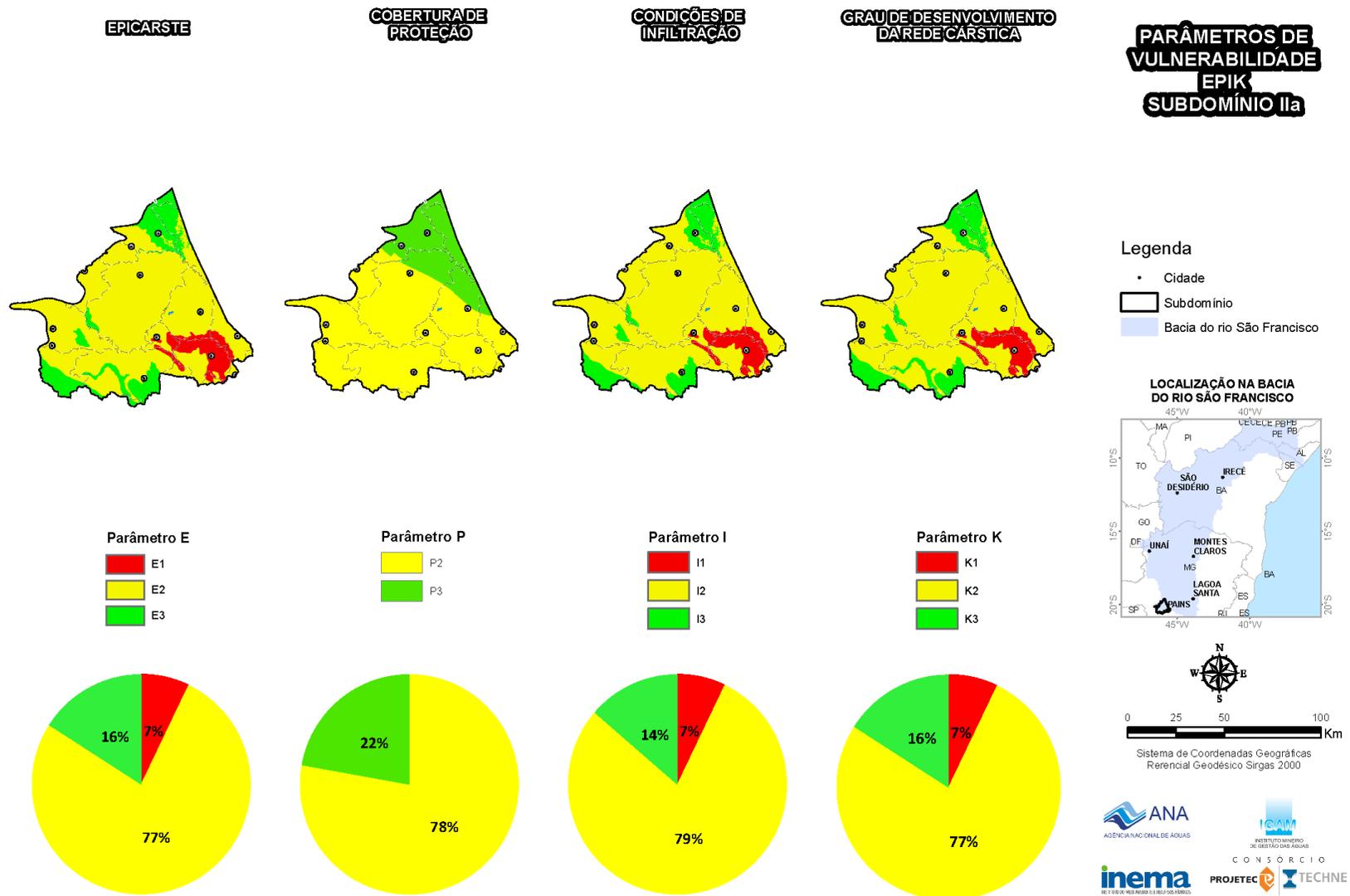


Figura 3.5: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.

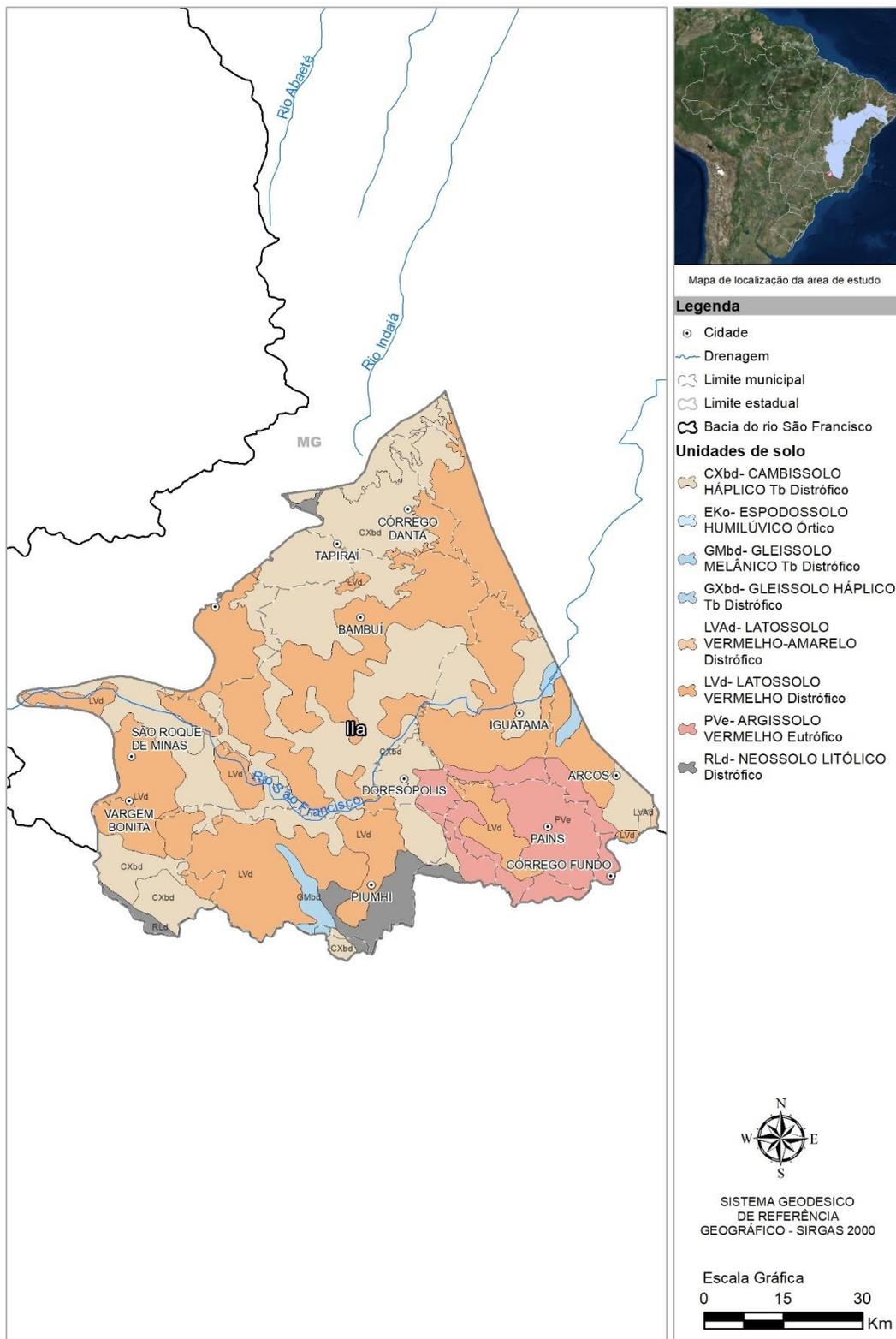


Figura 3.6: Mapa de unidades de solo com a classificação do parâmetro P.

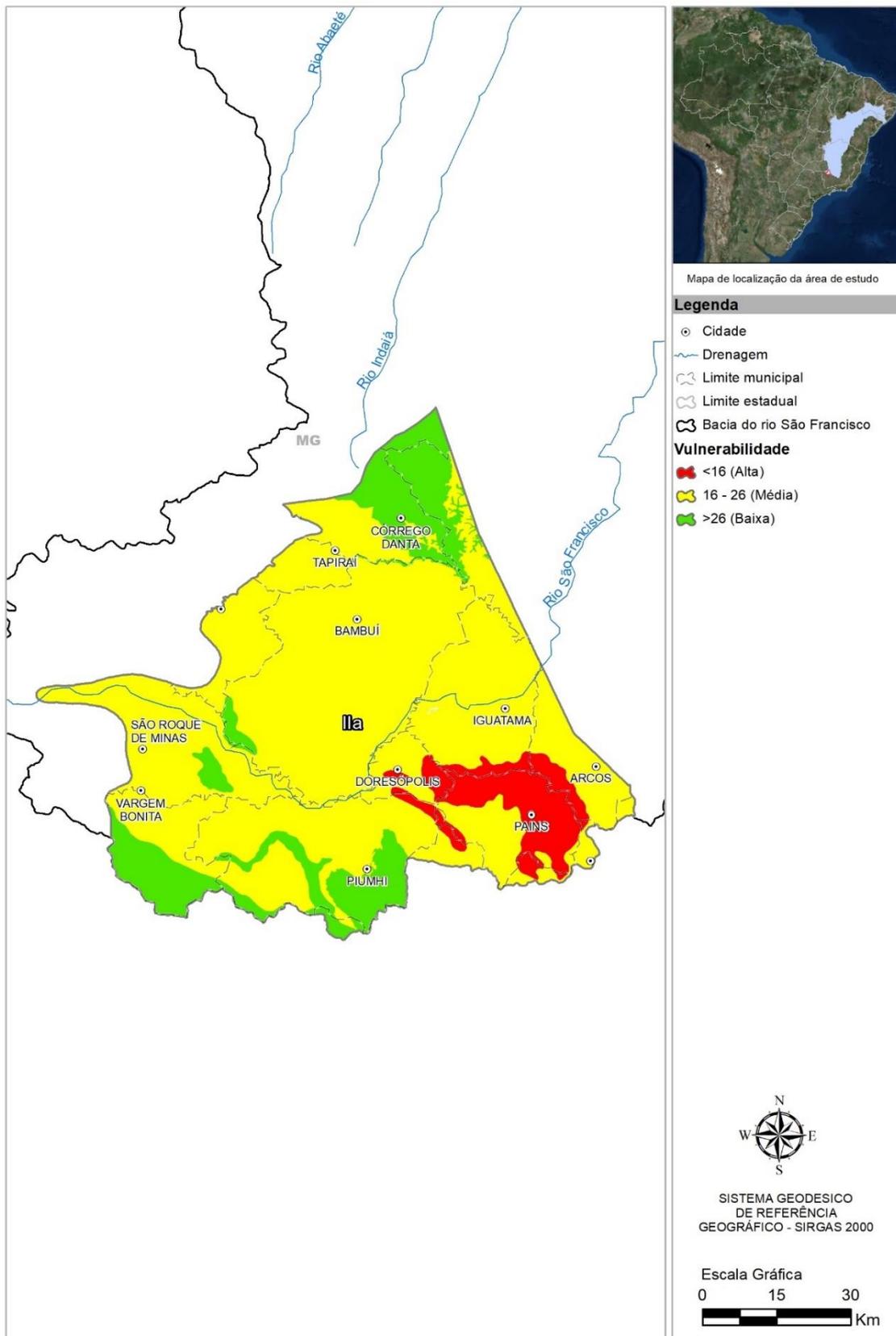


Figura 3.7: Mapa de vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Subdomínio IIa.

Na Figura 3.8 tem-se a distribuição das classes de vulnerabilidade a partir do mapa da Figura 3.7. A classe baixa representa 7% da área total do subdomínio, a média 77% e uma vulnerabilidade alta de 16%.

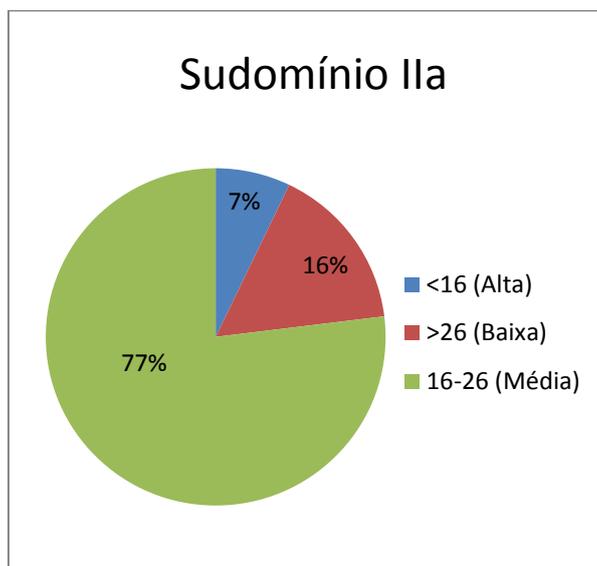


Figura 3.8: Classificação da vulnerabilidade para o Subdomínio IIa.

3.1.4 Perigo de contaminação

Na Tabela 3.14 estão relacionadas as fontes contaminantes cadastradas no Subdomínio IIa, com indicação dos respectivos índices Posh.

Tabela 3.14 – Fontes potenciais de contaminação no Subdomínio IIa

ATIVIDADE	QUANTIDADE	ÍNDICE POSH
Cemitério	12	Moderado
Posto de combustível	47	Elevado
Lavoura temporária	35,23 km ²	Elevado

A distribuição dessas fontes contaminantes no mapa de vulnerabilidade é mostrada na Figura 3.9 onde se pode avaliar o perigo de contaminação no Subdomínio IIa. Verifica-se, neste mapa, que o Subdomínio IIa, apresenta perigo de contaminação extremo em sua porção sudeste, devido a uma vulnerabilidade alta aliada ao polo industrial existente entre a cidade de Arcos e Pains, além dos postos de combustíveis da região. Alto perigo ocorre em pequenas áreas distribuídas por todo o mapa, coincidentes com áreas de vulnerabilidade média (cor amarela) onde há fontes de contaminação classificadas como elevadas, que são os postos de combustíveis, as indústrias e as áreas de lavoura temporária.

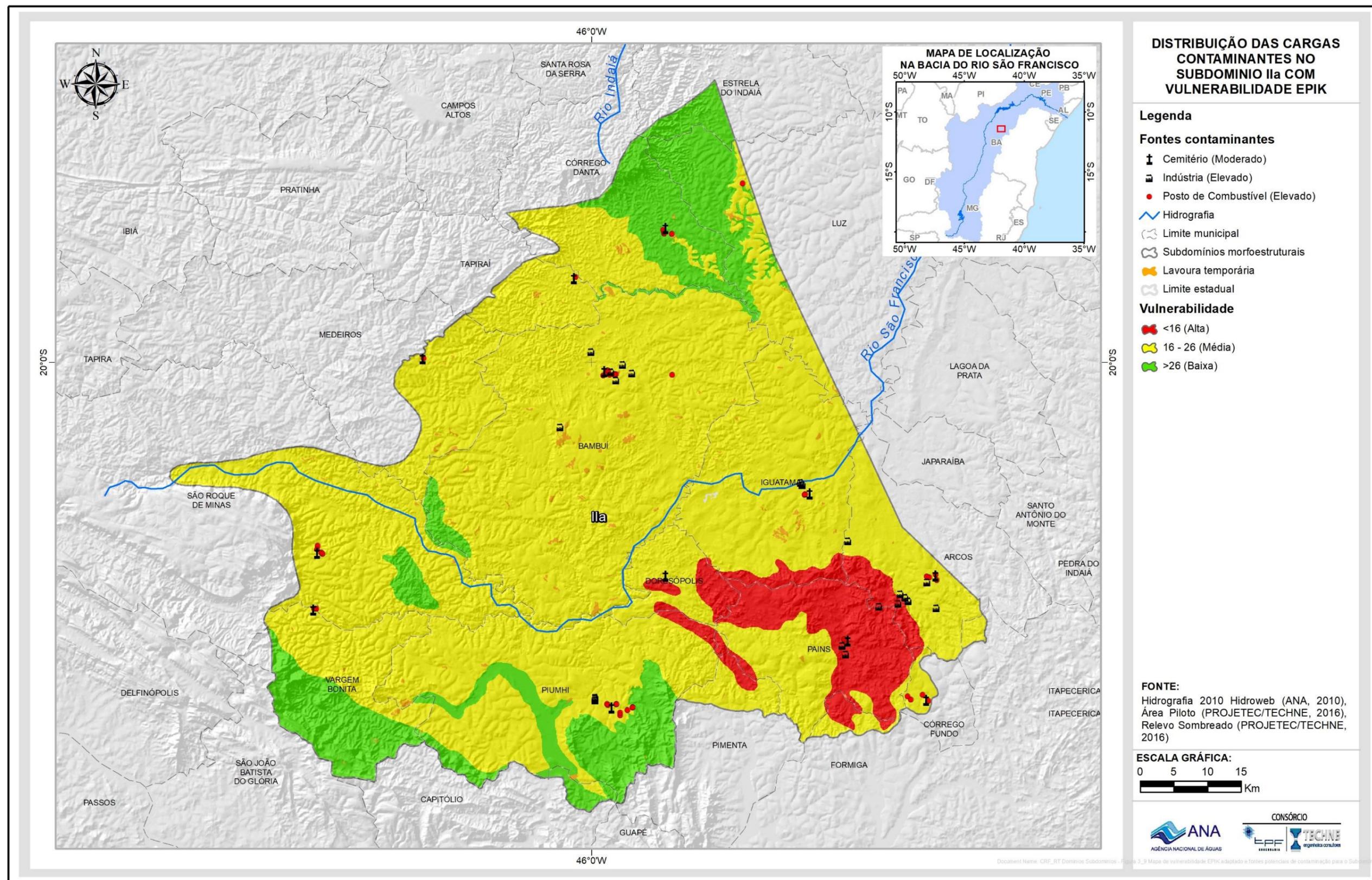


Figura 3.9: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Subdomínio IIa.

3.1.5 Recarga e zonas de exploração

Começando com um panorama regional da evolução histórica dos níveis de água subterrânea no domínio cárstico em Minas Gerais, a situação da exploração das águas subterrâneas do SAB no Subdomínio IIa inclui uma estatística descritiva dos dados de poços levantados e catalogados no âmbito do Projeto ANA – Carste São Francisco bem como uma caracterização do regime de funcionamento dos poços e uma estimativa da produção global de água. Para a recarga, foram realizados os cálculos em função das precipitações e o regime fluvial para cada subdomínio. Com os valores de recarga e exploração do subdomínio foi possível realizar o zoneamento de exploração, demonstrado na Figura 3.18.

3.1.5.1 Levantamento e sistematização dos dados

Os dados de poços levantados no Subdomínio IIa, no âmbito do Projeto foram sistematizados e fazem parte do SIG, que constitui a principal fonte de consulta sobre poços.

3.1.5.1.1 Poços cadastrados

A pesquisa hidrogeológica desenvolvida no Subdomínio IIa baseou-se em dados de 263 poços constantes no SIG, dos quais 65 foram catalogados do SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2010), 2 são novos poços cadastrados no âmbito do Trabalho e 196 foram catalogados do sistema de outorgas de água subterrânea do IGAM (2014) (ANEXO 1.12 – Tabela de poços do Subdomínio IIa). Para o tratamento estatístico não foram considerados os poços escavados. Desses 263 poços excluem-se 9 cisternas e 4 nascentes cadastradas durante o projeto e que estão hachurados na tabela do ANEXO 1.12. O resultado disso são 250 poços: 63 catalogados do SIAGAS, 185 catalogados do IGAM e 2 cadastrados no âmbito do desenvolvimento dos trabalhos.

3.1.5.1.2 Tratamento estatístico dos dados de poços cadastrados

Na Tabela 3.15 é apresentada a estatística descritiva dos valores numéricos de profundidade, diâmetro do revestimento, nível estático, nível dinâmico e vazão dos poços cadastrados e catalogados no Subdomínio IIa, localizado na porção noroeste da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

Tabela 3.15 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Subdomínio IIa.

Parâmetros Estatísticos	Profundidade (m)	Diâmetro da boca(mm)	Nível Estático - NE (m)	Nível Dinâmico - ND (m)	Vazão (m ³ /h)
Média	95,2	155,2	16,9	45,1	13,4
Mediana	100,0	150,0	13,5	40,5	8,1
Desvio Padrão	36,3	24,6	15,6	29,6	16,8
Coefficiente Variação	0,4	0,2	0,9	0,7	1,3
Valor máximo	288,00	254,00	135,50	195,18	99,00
Valor mínimo	21,00	50,00	0,56	1,00	0,003
Nº valores	209	203	208	207	215

3.1.5.1.3 Profundidade

A profundidade dos poços inventariados no Subdomínio IIa, variou de 21 a 288 m. A profundidade média foi de 95,2 m e se explica pelo fato de que a classe mais frequente (34%) corresponde a poços com profundidade superior a 100 m. Se considerarmos todos os poços com mais de 40 m teremos 200 poços ou 96% do total no subdomínio IIa. Já as classes compreendidas entre 0 e 40 m de profundidade possuem uma frequência muito baixa, com apenas 4% ou 9 poços de frequência absoluta. A Tabela 3.16 mostra que na classe de 60 a 80 m e na classe dos poços entre 80 e 100m m estão localizados, respectivamente, 19% e 30%, ou seja, a terceira e a segunda classe mais predominante.

Tabela 3.16 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014) e dos novos cadastrados no Subdomínio IIa.

Classe Profundidade (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤20	0	0	0,00	0,00
20<x≤40	9	9	0,04	4,31
40<x≤60	26	35	0,12	16,75
60<x≤80	40	75	0,19	35,89
80<x≤100	62	137	0,30	65,55
x>100	72	209	0,34	100,00
Total	209			

A distribuição da frequência da profundidade dos poços no Subdomínio IIa pode ser visualizada no diagrama da Figura 3.10.

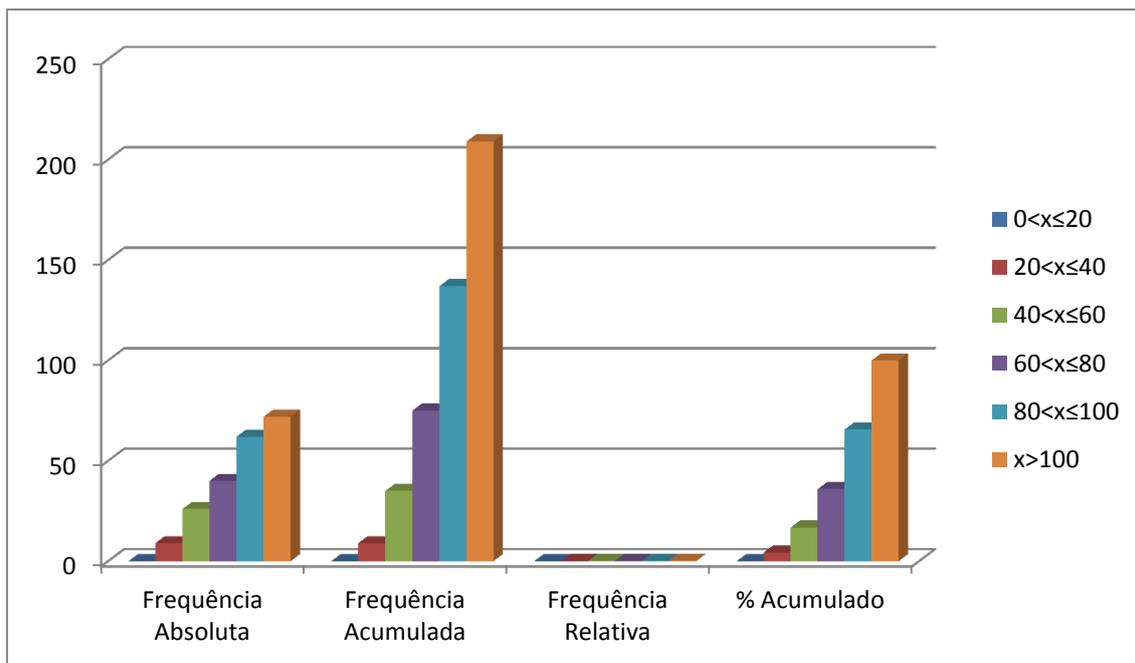


Figura 3.10: Frequências das classes de profundidade dos poços no Subdomínio IIa.

3.1.5.1.4 Diâmetro da Boca do Poço

De acordo com a Tabela 3.17 e Figura 3.12, no Subdomínio IIa, existem duas classes de diâmetro da boca dos poços, o primeiro com 133 poços até 152 mm e 70 poços na classe entre 152 mm e 300 mm. Nota-se a presença da maioria dos poços concentrada na classe de menor diâmetro.

Tabela 3.17 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014) e dos novos cadastrados no Subdomínio IIa.

Classe Diâmetro da Boca (mm)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤152	133	133	0,66	65,52
152<x≤300	70	203	0,34	100,00
Total	203			

A Figura 3.11 ilustra a distribuição de frequência do diâmetro da Boca dos poços no Subdomínio IIa.

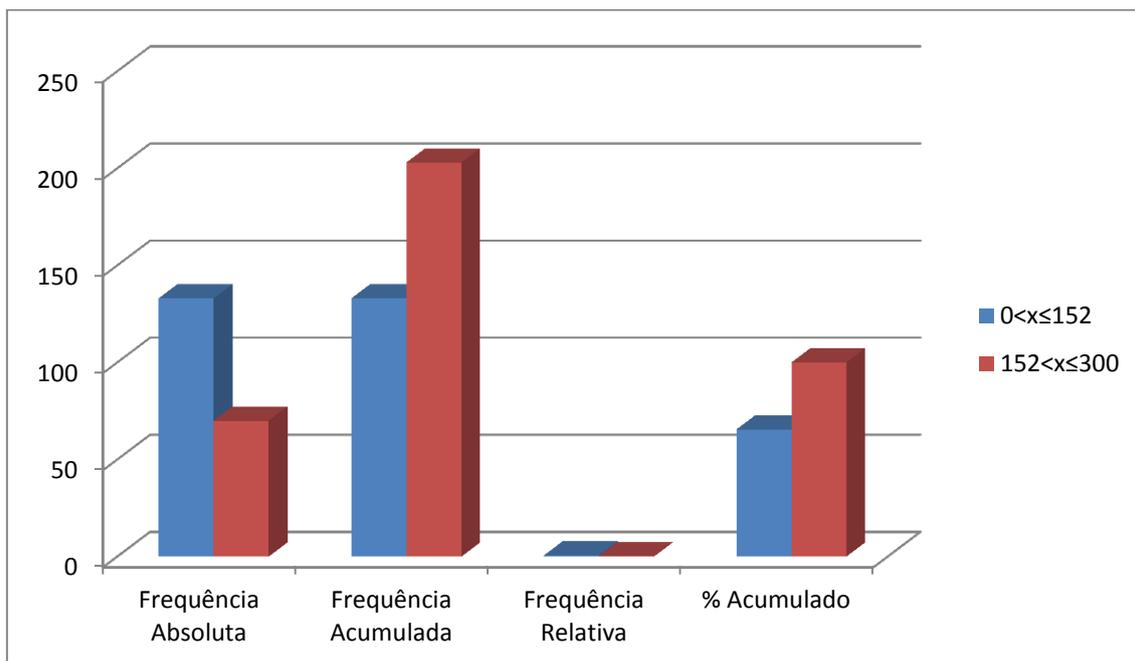


Figura 3.11: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Subdomínio IIa.

3.1.5.1.5 Nível Estático

De acordo com os dados da Tabela 3.18 e Figura 3.12, observa-se que aproximadamente 71% dos poços apresentam níveis estáticos até 20 m, o que significa que esses níveis são rasos, de modo geral. Nas classes de 20 a 30 m encontram-se cerca 13% dos poços e no intervalo de poços acima de 30 m estão 15% do total. A rigor, todos esses níveis, notadamente os mais profundos, não são “estáticos”, já que a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração.

Tabela 3.18 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM e cadastrados no Subdomínio IIa.

Classe Nível Estático (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 10	84	84	0,40	40,38
10 < x ≤ 20	65	149	0,31	71,63
20 < x ≤ 30	28	177	0,13	85,10
x > 50	31	208	0,15	100,00
Total	208			

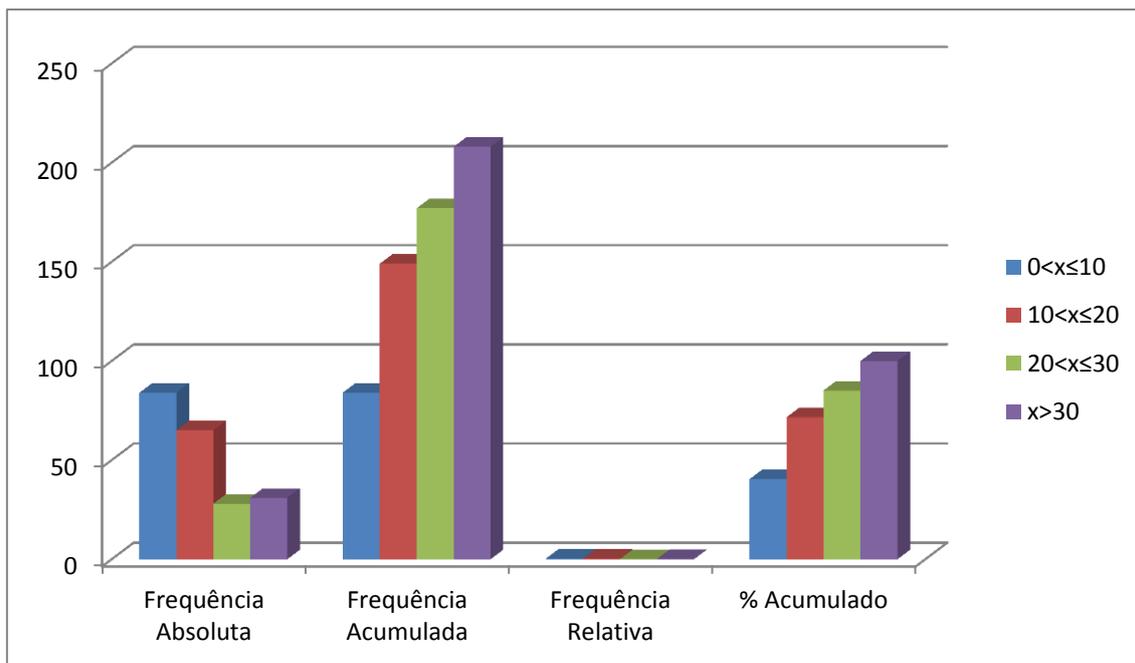


Figura 3.12: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Subdomínio IIa.

3.1.5.1.6 Nível Dinâmico

Para os níveis dinâmicos dos poços no subdomínio IIa, tem-se que a classe menos frequente corresponde ao intervalo entre 0 a 10 m (4%). Secundariamente, 13% dos poços (27/207) estão no intervalo entre 10 e 20 metros, como pode ser observado na Tabela 3.19 e Figura 3.13. Nota-se, finalmente, que a grande maioria dos níveis dinâmicos (104/207), representando 50%, estão no intervalo de poços com profundidades maiores que 40 metros.

Tabela 3.19 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM e cadastrados no Subdomínio IIa.

Classe Nível Dinâmico (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	9	9	0,04	4,35
10<x≤20	27	36	0,13	17,39
20<x≤30	30	66	0,14	31,88
30<x≤40	37	103	0,18	49,76
x>40	104	207	0,50	100,00
Total	207			

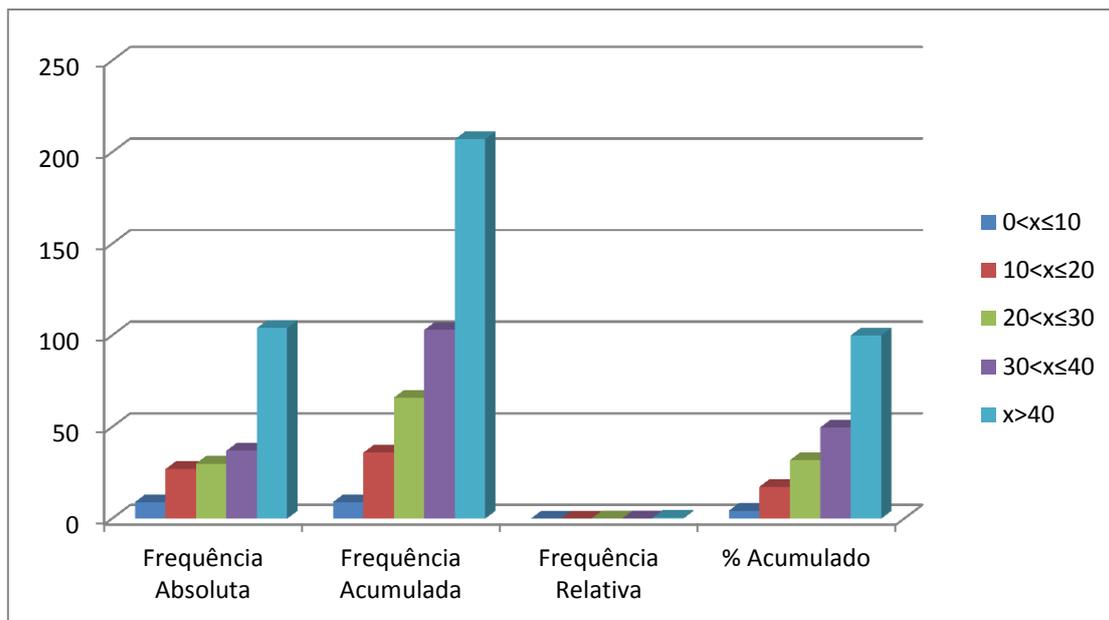


Figura 3.13: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IIa.

3.1.5.1.7 Vazão

No que se refere à vazão dos poços que exploram o aquífero Bambuí do carste São Francisco no Subdomínio IIa (Tabela 3.20), verifica-se que do total de poços catalogados e cadastrados existem 215 poços com vazão informada. Observa-se que a classe mais frequente é a entre 0 e 10 metros, com aproximadamente 60% e frequência absoluta de 130 poços. As de menores frequências são os intervalos entre 40 e 50 metros, com apenas 1% do total.

Tabela 3.20 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM (2014) e cadastrados no Subdomínio IIa.

Classe Vazão (m³/h)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 10	130	130	0,60	60,47
10 < x ≤ 20	46	176	0,21	81,86
20 < x ≤ 30	15	191	0,07	88,84
30 < x ≤ 40	9	200	0,04	93,02
40 < x ≤ 50	3	203	0,01	94,42
x > 50	12	215	0,06	100,00
Total	215			

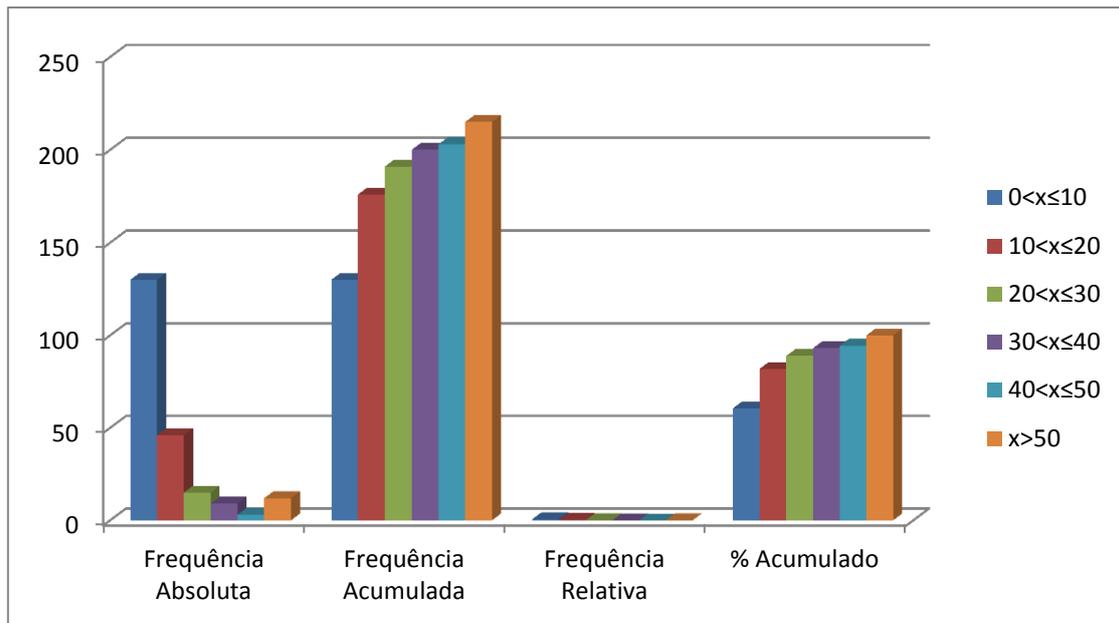


Figura 3.14: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IIa.

Não obstante, de acordo com as condições operacionais em que se encontram os poços (Tabela 3.21) verifica-se que existem 205 unidades (82,0%) em condições de funcionamento, ou seja, são poços que estão bombeando (75,2%), estão equipados (6,8%) conforme ANEXO 1.12 – Tabela de poços do Subdomínio IIa.

Tabela 3.21 – Situação operacional dos 204 poços catalogados e cadastrados no Subdomínio IIa.

Registros	Bombeando	Equipado	Seco	Parado/ Não Instalado	Sem informação	Em condições de funcionamento
250	188	17	4	1	40	205
100%	75,2%	6,8%	1,6%	0,4%	16,0%	82,0%

3.1.5.1.8 Conclusões

Com base nos dados apresentados anteriormente referentes ao Aquífero Bambuí do Carste do São Francisco no Subdomínio Ila é possível concluir que:

- A profundidade dos poços inventariados no Subdomínio Ila variou de 21 a 288 m, com uma média aproximada de 95,2 m (Tabela 3.15), sendo que os poços nos intervalos acima de 40 m constituem (Tabela 3.16) as classes mais frequentes (96%);
- 40% dos poços (Tabela 3.18) possuem níveis estáticos entre 0 e 10 m de profundidade, somados a classe de 10 a 20 m chegam a 149 poços ou 71% do total. Vale ressaltar que a rigor esses níveis não são “estáticos”, pois a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração;
- As vazões informadas dos poços (Tabela 3.20) em 60% dos casos são menores ou iguais a 10 m³/h e nos 40% restantes oscilam entre mais de 10 m³/h até 99 m³/h;
- Em termos de condições operacionais (Tabela 3.21) do total de 343 poços, existem 4 poços secos e sem condições de utilização e ainda 40 poços sem informação sobre o tema. Dos poços em condições de utilização, 188 poços estão bombeando e 17 equipados no Subdomínio Ila;
- No que se refere ao tipo de equipamento instalado nos poços (Tabela 3.22), verificou-se que nos 178 poços com informações sobre bombas, 7 usam bomba centrífuga, 1 bomba injetora, 165 bomba submersa e 5 compressor de ar.

Tabela 3.22 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.

Equipamentos de bombeamento	Nº	Bomba centrífuga	Bomba injetora	Bomba submersa	Compressor
Registros	178	7	1	165	5
Percentual	100%	4%	1%	93%	3%

3.1.5.2 Regime de Funcionamento dos Poço

Na Tabela 3.23 são mostrados os valores dos parâmetros estatísticos do número de horas por dia em que são bombeados os poços da área estudada, segundo dados do cadastro de água subterrânea da ANA realizado no âmbito do projeto.

Existem apenas 147 poços com regime de funcionamento informado e o cálculo do regime médio de funcionamento para todos os 205 poços, em condições de utilização, é feito usando a média ponderada pela frequência do número de horas de bombeamento, nos intervalos de classe, conforme a expressão:

$$\overline{R_e} = \sum_{j=1}^{12} R_{ej} \times w_j$$

Ou seja, o regime médio estimado é dado pela somatória do regime médio ponderado pela frequência relativa ou fator de ponderação.

Tabela 3.23 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Subdomínio Ila, usando 147 poços segundo dados do cadastro de água subterrânea realizado no âmbito do projeto.

Classe Regime Informado (h/dia)	Regime médio informado Rej (h/dia)	Frequência Absoluta Número de Poços nj	Frequência Relativa ou Peso wj=nj/N	Regime médio ponderado (h/dia) Rej*wj
0<x≤1	0,898	9	0,061	0,055
1<x≤2	1,831	21	0,143	0,262
2<x≤3	2,814	9	0,061	0,172
3<x≤4	3,865	10	0,068	0,263
4<x≤5	4,927	13	0,088	0,436
5<x≤6	5,885	12	0,082	0,480
6<x≤7	6,527	7	0,048	0,311
7<x≤8	7,916	8	0,054	0,431
8<x≤9	0,000	4	0,027	0,000
9<x≤10	9,918	10	0,068	0,675
10<x≤11	0,000	0	0,000	0,000
11<x≤12	11,944	9	0,061	0,731
12<x≤24	16,929	35	0,238	4,031
Soma		147		7,846

Legenda:

$N = \sum n_j = N = \sum n_j$ = número total de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro de água subterrânea realizado ao longo do projeto.

Frequência Absoluta (n_j): número de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro realizado ao longo do projeto.

Regime Médio Informado (R_{ej}) = Média de horas de funcionamento dos poços em cada intervalo de classe.

Regime médio ponderado em cada intervalo de classe: $(R_{ej} \times w_j)$.

Frequência Relativa ou fator de ponderação: $w_j = n_j / N$.

Regime Médio Estimado: $\bar{R}_e = \sum_{j=1}^{12} R_{ej} \times w_j$ 7 horas e 51 minutos.

Como visto na Tabela 3.23, o regime médio de funcionamento estimado para os poços no Subdomínio Ila em 2015 é de 7,846 horas por dia, o que equivale a 7h:51 min.

3.1.5.3 Produção Global dos Poços

Considerando o regime de funcionamento e a vazão média dos diferentes intervalos de classe de vazão apresentados na Tabela 3.24, obtém-se uma produção estimada de 17.793,68 m³/dia, ou 205,9 L/s.

Tabela 3.24 - Produção global estimada, explorada no Subdomínio IIa.

Classe Vazão (m³/h)	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Vazão Média (m³/h)	Efetivo de Poços	Vazão Estimada (m³/dia)	Vazão Estimada (m³/s)	
						205 poços	194 poços
0<x≤1	13	0,07	0,75	14	80,47	0,0009	0,0009
1<x≤2,5	29	0,15	1,88	31	451,00	0,0052	0,0049
2,5<x≤5	38	0,20	3,73	40	1.174,95	0,0136	0,0129
5<x≤7,5	19	0,10	6,19	20	974,80	0,0113	0,0107
7,5<x≤10	29	0,15	8,95	31	2.151,25	0,0249	0,0236
10<x≤15	28	0,14	12,27	30	2.849,09	0,0330	0,0312
15<x≤30	26	0,13	21,23	27	4.576,66	0,0530	0,0501
x>30	12	0,06	55,64	13	5.535,47	0,0641	0,0606
Total	194			205	17.793,68	0,2059	0,1949

Legenda:

N = número total de poços com vazão informada no SIG

Frequência Absoluta (FA) = número de poços com vazão informada no SIG em cada intervalo de classe.

Frequência Relativa (FR) = FA/N.

Vazão Média (QM) = média dos valores de vazão informada em cada intervalo de classe.

Efetivo de poços = N° P.P. x FR= número de poços produtores (bombeando/equipado) encontrados dentro dos limites do subdomínio.

Vazão Estimada (QE) m³/dia = QM x RME x Efetivo de poços em cada intervalo de classe.

Vazão Estimada (QE) m³/s = QE (m³/dia) x Quantidade de segundos em um dia (84.600).

Segundo os dados informados, a produção de água para um efetivo de 205 poços em operação no ano de 2015 foi estimada em 0,2059 m³/s conforme a Tabela 3.24.

A Tabela 3.25 apresenta a distribuição da produção global dos poços em condições de funcionamento (Tabela 3.21) de acordo com a situação operacional informada (ANEXO 1.12). Como visto na Tabela 3.24, a produção global de água estimada para os 265 poços atinge 0,2059 m³/s. Só com os 194 poços em operação, a exploração extraía 94,66% desse total, ou seja, 0,1949 m³/s.

Tabela 3.25 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Subdomínio IIa.

Poços	Em condições de funcionamento	Bombeando	Equipado
Número	205	188	17
Percentual	100%	91,71%	8,29%
Vazão (m³/s)	0,2059	0,1888	0,0171

A distribuição espacial dos poços produtores no Subdomínio IIa é mostrada na Figura 3.15, a qual foi gerada a partir da tabela contida no ANEXO 1.12.

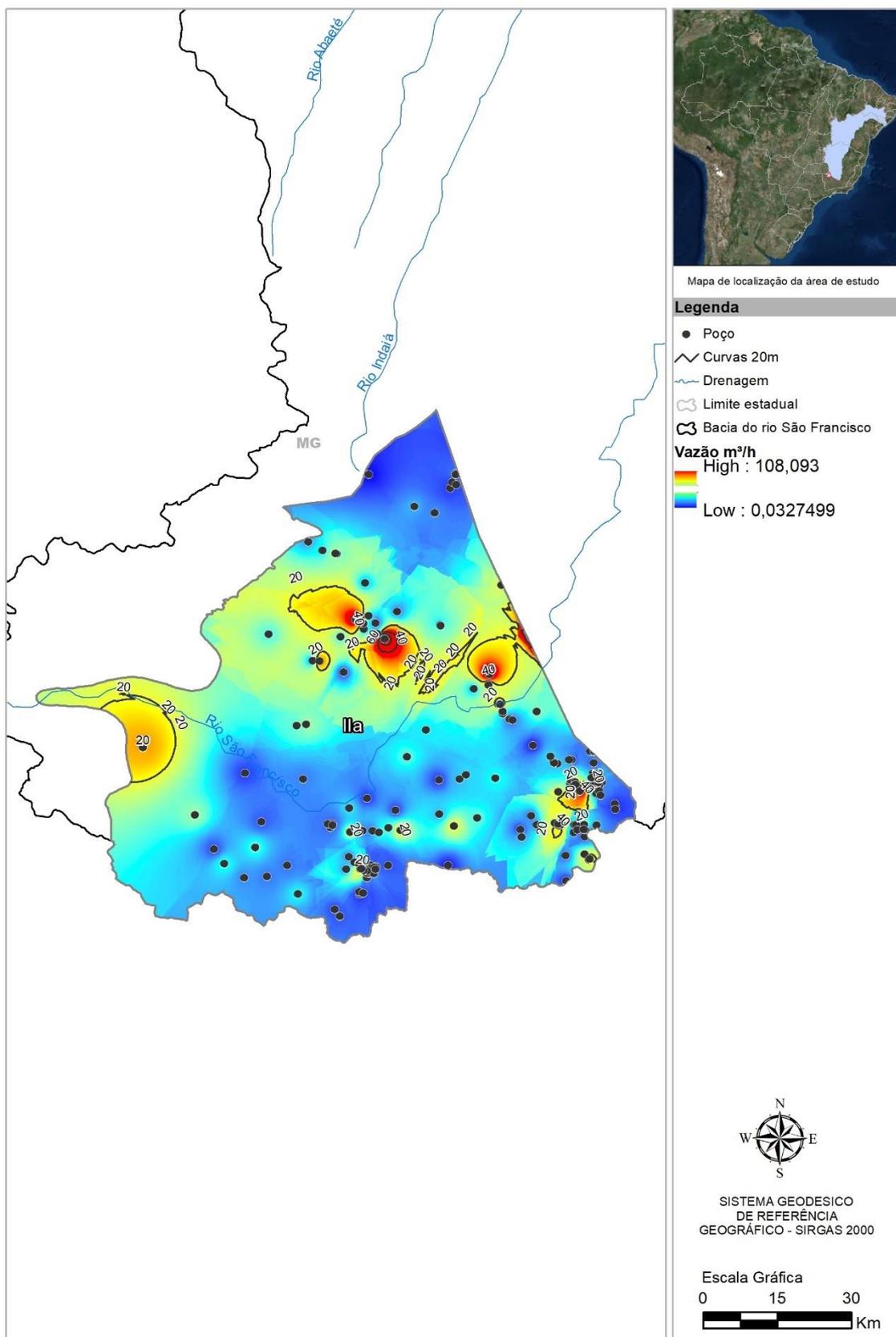


Figura 3.15: Distribuição espacial da produção de 205 poços em operação localizados no Subdomínio IIa.

3.1.5.4 Recarga no Subdomínio Ila

A Tabela 3.26 apresentada a seguir, identifica quais são as estações utilizadas para os cálculos de recarga, sendo mostradas ainda, outras informações como dimensão da bacia, código e nome da estação, e o período a que se referem os registros de medições de descarga em cada uma delas.

Tabela 3.26 – Informações básicas sobre a estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do Subdomínio Ila.

Código da estação*	Latitude	Longitude	Denominação	Curso d'água	Área (km ²)	Período de monitoramento	Período adotado para cálculo
40053000	-20,2369	-45,6606	CALCIOLÂNDIA	Rio São Miguel	329,47	1966 - 2015	1966 – 2007
40032000	-20,1508	-46,3033	FAZENDA SAMBURÁ	Rio Samburá	760,35	1964 - 2014	1964 – 2007
40037000	-20,2156	-46,2322	FAZENDA DA BARRA	Rio Santo Antônio	763,58	1964 - 2014	1964 – 2007
40050000	-20,17	-45,7158	IGUATAMA	Rio São Francisco	5382,10	1931 - 2015	1931 – 2007
40070000	-19,7761	-45,4792	PONTE DO CHUMBO	Rio São Francisco	9963,84	1965 - 2014	1965 – 2006
40060001	-19,8881	-46,0181	TAPIRAÍ – JUSANTE	Rio Perdição	593,88	1975 - 2015	1975 - 2007
40080000	-19,6706	-45,61	TAQUARAL	Rib. São Mateus Grande	581,84	1965 - 2010	1965 – 2005

Ressalta-se que seis das sete estações analisadas apresentam porções que extrapolam os limites do Subdomínio Ila, tendo sido, portanto, computados somente os volumes interiores de cada uma das bacias em relação às áreas pertencentes a esse subdomínio. (Figura 3.16)

Do ponto de vista geológico, o conteúdo litológico das sete bacias avaliadas mostrou-se distribuído pelas seguintes tipologias: Paraopeba, Serra da Saudade, Coberturas detrito-lateríticas ferruginosa, Serra de Santa Helena, Sete lagoas, Depósitos Aluvionares, Canastra indiviso, Samburá, Araxá - Unidade A - hematita xisto, quartzito, Campos Gerais 2, Piumhi - unidade de grauvacas, Piumhi - unidade de metapelitos, Pelitos carbonosos-Piumhi, Metabasaltos/Metakomatiitos, Piumhi - unidade de intrusivas ácidas, Piumhi - unidade de vulcânicas básicas a intermediárias e Drenagem

A Tabela 3.27 apresentada abaixo indica os percentuais de distribuição de cada uma das tipologias litológicas existentes no Subdomínio Ila.

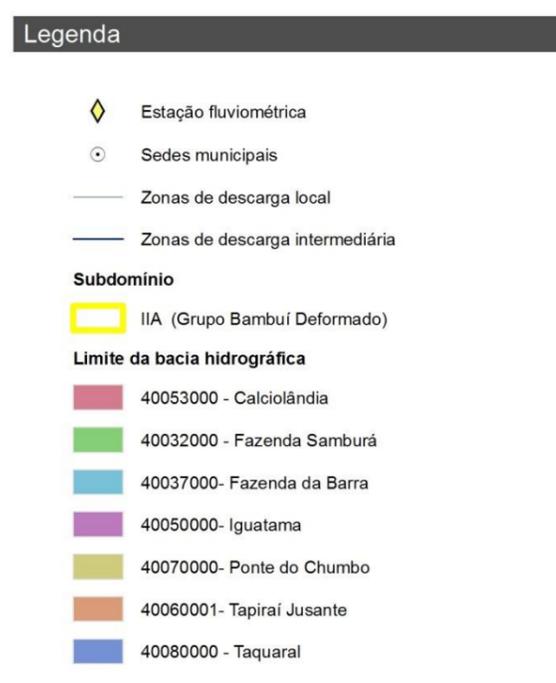
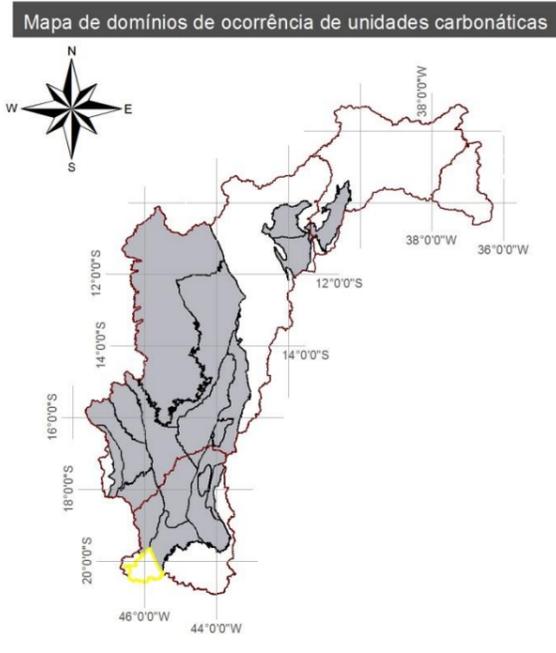
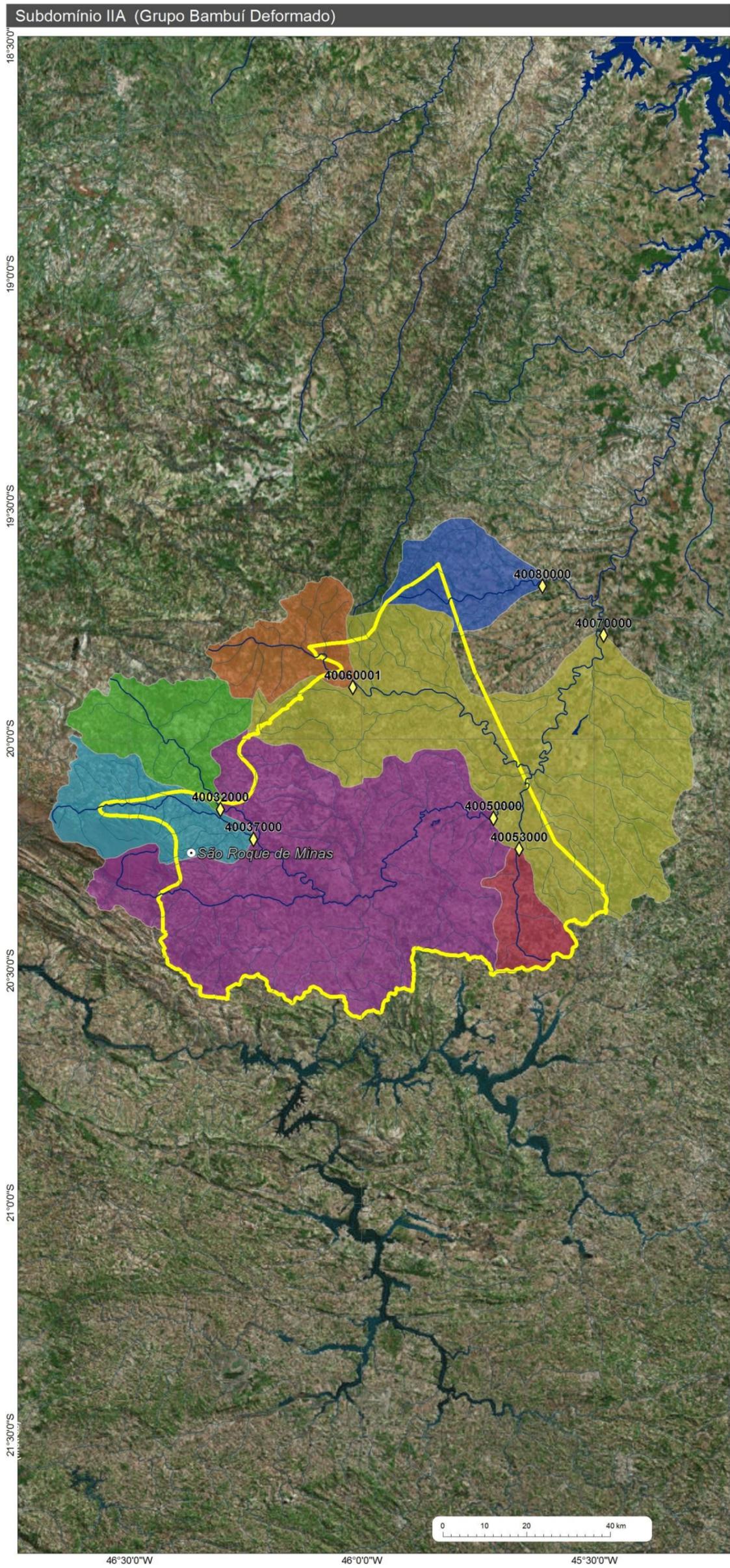


Figura 3.16: Mapa de localização das 7 bacias hidrográficas consideradas nos cálculos de recarga do Subdomínio Iia.

Tabela 3.27 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Subdomínio IIa.

GEOLOGIA DO SUBDOMÍNIO IIb			
Unidade Geológica	Área (km ²)	%	Tipologia Litológica
Serra da Saudade	43,24	0,71	Siltito, Argilito, Arenito, Rocha pelítica
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	947,79	15,65	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte
Serra de Santa Helena	362,33	5,98	Siltito, Folhelho, Marga
Sete Lagoas	432,28	7,14	Rocha metapelítica, Dolomito
Paraopeba	3.709,50	61,24	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga
Depósitos aluvionares	94,44	1,56	Areia, Argila, Cascalho, Silte
Canastra Indiviso	220,55	3,64	Filito, Xisto, Sericita xisto, Grafita xisto, Metarenito, Metasiltito, Metargilito, Ardósia
Samburá	68,74	1,13	Conglomerado
Araxá – Unidade A – hematita xisto, quartzito	2,60	0,04	Xisto
Campos Gerais 2	10,37	0,17	Tonalito, Trondhjemito, Migmatito, Granito, Gnaiss, Rocha vulcânica ultramáfica, Granodiorito, Gondito
Piumhi – unidade de grauvas	91,99	1,52	Metagrauvaca lítica, Metagrauvaca feldspática, Metagrauvaca, Metasiltito, Xisto
Piumhi – unidade de metapelitos	12,86	0,21	Xisto, Metasiltito, Quartzito arcoseano, Quartzitofeldspático, Argilito
Pelitos carbonosos – Piumhi	22,21	0,37	Metasiltito, Rocha metassedimentar carbonoso, Metagrauvaca
Metabasaltos/Metakomatiitos	6,05	0,10	Metavulcânica ultramáfica, Wehrlito
Piumhi – unidade de intrusivas ácidas	12,96	0,21	Granito
Piumhi – unidade de vulcânicas básicas a intermediárias	18,70	0,31	Metabasito, Tremolita clorita xisto, Metariodacito
Drenagem	1,00	0,02	
Total	6.057,61	100,00	

O mapa da Figura 3.17 mostra a distribuição dos tipos de rocha existentes no interior do subdomínio IIa, bem como sua inserção na bacia do rio São Francisco.

3.1.5.4.1 Resultados

De posse da análise dos hidrogramas de cada uma das oito estações fluviométricas, pôde-se levantar os quantitativos referentes às descargas subterrâneas para cada tipologia litológica, bem como os valores médios de recarga anual e seus respectivos percentuais, quando considerada a média pluviométrica obtida pelas isoietas distribuídas em 7 estações no e em torno do subdomínio IIa. Esses valores ainda poderão sofrer ajustes quando da identificação e análise de subdomínios vizinhos, quando avaliadas as outras estações existentes.

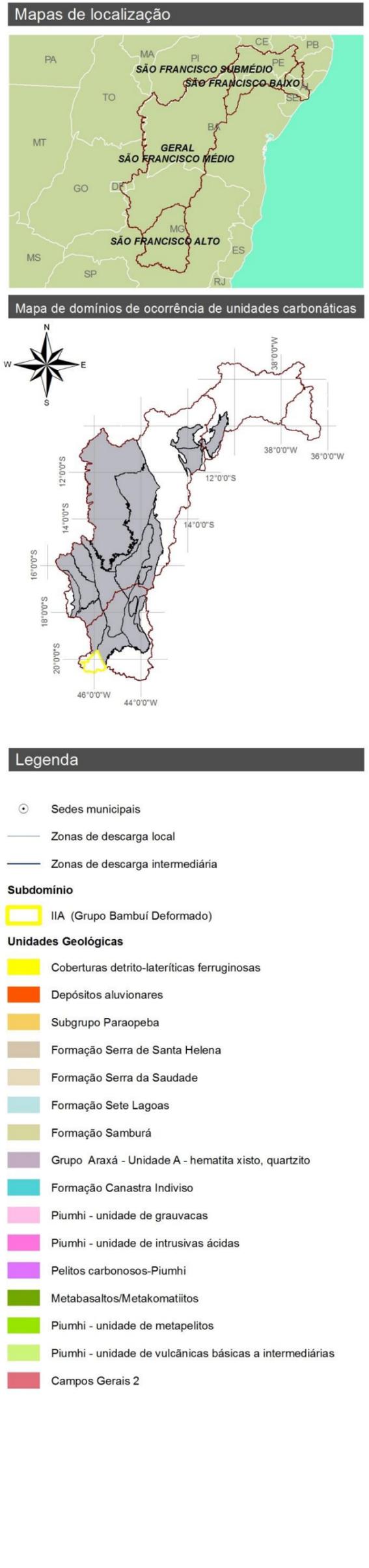
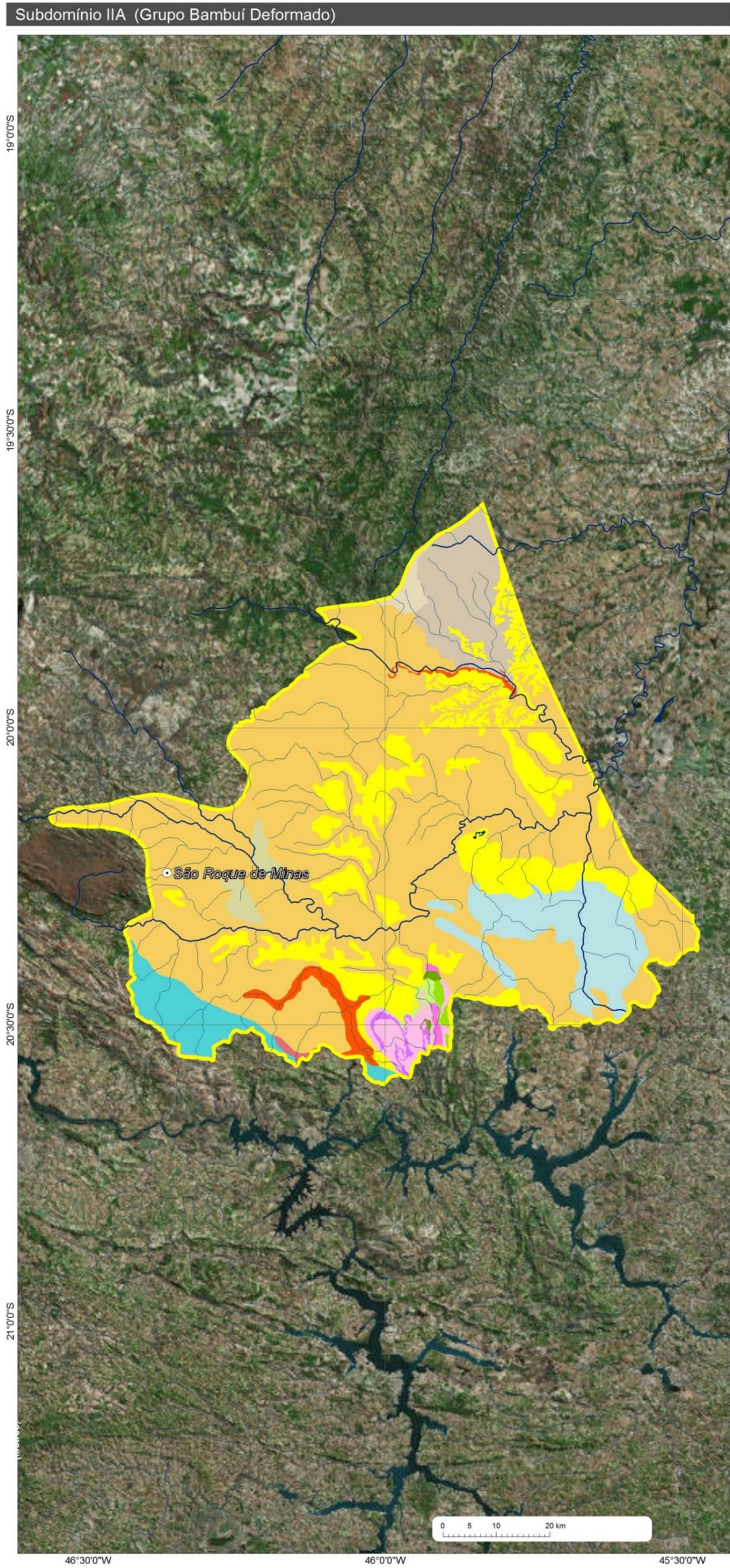


Figura 3.17: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IIA.

Os hidrogramas de cada estação de interesse, os quais serviram para caracterizar os volumes médios que representam as descargas oriundas dos aquíferos permitem visualizar os traçados que representam os filtros adotados nos procedimentos metodológicos (Eckardt 2008), e servem ainda para identificar os volumes médios de referência (Filtros A e B) adotados como o valor de base assumido para o escoamento subterrâneo (recarga), considerando-se todo o período de medição de descargas de cada estação.

Considerando-se que cada tipologia litológica apresenta uma determinada característica hidrogeológica, ou seja, suas propriedades físicas intrínsecas permitem que sua capacidade de armazenamento de água seja variável (entre distintos tipos de rocha), o conjunto de rochas presentes numa dada bacia hidrográfica vai definir o potencial médio de água capaz de ser liberado no tempo, e no espaço físico da bacia hidrográfica, o que, por sua vez, definirá o volume de descarga específica média numa dada seção fluviométrica e, também, se for o caso, por tipologia litológica. Por isso, a análise ano a ano de cada hidrograma, segundo os métodos de aplicação de filtros para separação dos escoamentos superficial e subterrâneo, revela-se como ferramenta importante para o reconhecimento dessas descargas específicas médias, numa dada seção de interesse.

Os resultados finais de descarga subterrânea específica obtidos em cada estação são apresentados nas Tabela 3.28 a Tabela 3.34.

Tabela 3.28 – Áreas e valores de vazão para a estação Calciolândia.

Estação Calciolândia	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Qb espec. L/s.km ²	Q min ponderada por tipologia (L/s)	Q mínima espec da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	216,340	65,664	4,819	1042,455	4,627
Coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de silte	10,653	3,233	7,086	75,491	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	102,473	31,103	3,968	406,640	

Tabela 3.29 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda da Barra.

Estação Fazenda da Barra	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Qb esp. L/s.km ²	Q min ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Canastra Indiviso	Filito, Xisto, Sericita xisto, Grafita xisto, Metarenito, Metassiltito, Metargilito, Ardósia	452,878	59,310	9,409	4261,141	13,817
Coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de silte	24,864	3,256	23,523	584,858	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	284,541	37,264	19,994	5689,174	
Samburá	Conglomerado	1,294	0,169	11,761	15,218	

Tabela 3.30 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Samburá.

Estação Fazenda Samburá	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Canastra Indiviso	Filito, Xisto, Sericita xisto, Grafita xisto, Metarenito, Metassiltito, Metargilito, Ardósia	749,989	98,637	14,224	10667,734	14,369
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	10,365	1,365	24,892	258,015	

Tabela 3.31 – Áreas e valores de vazão para a estação Iguatama.

Estação Iguatama	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	164,907	3,064	13,911	2294,086	10,845
Canastra Indiviso	Filito, Xisto, Sericita xisto, Grafita xisto, Metarenito, Metassilito, Metargilito, Ardósia	1779,332	33,060	6,547	11648,462	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de silte	600,333	11,154	20,458	12281,566	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Silito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	2510,147	46,639	11,456	28757,333	
Samburá	Conglomerado	68,736	1,277	8,183	562,476	
Araxá – Unidade A – hematita xisto, quartzito	Xisto	2,602	0,048	6,547	17,035	
Campos Gerais 2	Tonalito, Trondhjemitto, Migmatito, Granito, Gnaiss, Rocha vulcânica ultramáfica, Granodiorito, Gondito	10,375	0,193	4,910	50,940	
Piumhi – unidade de grauvas	Metagrauvasa lítica, Metagrauvasa feldspática, Metagrauvasa, Metassilito, Xisto	91,994	1,709	5,728	526,964	
Piumhi – unidade de metapelitos	Xisto, Metassilito, Quartzito arcoseano, Quartzito feldspático, Argilito	12,860	0,239	4,092	52,617	
Pelitos carbonosos – Piumhi	Metassilito, Rocha metassedimentar carbonoso, Metagrauvasa	22,207	0,413	3,273	72,689	
Metabasaltos/Metakomatiitos	Metavulcânica ultramáfica, Wehrlito	6,047	0,112	1,637	9,897	
Piumhi – unidade de intrusivas ácidas	Granito, Metariodacito	12,957	0,241	5,728	74,222	
Piumhi – unidade de vulcânicas básicas e intermediárias	Metabasito, Tremolita clorita xisto	18,702	0,347	3,273	61,218	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	79,895	1,484	24,550	1961,371	
Drenagem		1,002	0,019	0,000	0,000	

Tabela 3.32– Áreas e valores de vazão para a estação Ponte de Chumbo.

Estação Ponte de Chumbo	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito, Rocha pelítica	73,728	0,740	3,363	247,933	9,591
Divinópolis	Granito, Granodiorito	759,472	7,622	5,381	4086,338	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	440,851	4,425	11,434	5040,500	
Canastra Indiviso	Filito, Xisto, Sericita xisto, Grafita xisto, Metarenito, Metassiltito, Metargilito, Ardósia	2186,182	21,941	6,053	13233,094	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de silte	1341,759	13,466	15,805	21206,800	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	267,955	2,689	4,035	1081,299	
Mata da Corda	Arenito, Tufo lapíli, Rocha vulcânica	28,510	0,286	6,053	172,570	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	4453,513	44,697	10,088	44928,982	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	160,032	1,606	24,212	3874,736	

Tabela 3.33– Áreas e valores de vazão para a estação Ponte de Chumbo – Continuação.

Estação Ponte de Chumbo	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área	Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
Drenagem		4,045	0,041	0,000	0,000
Samburá	Conglomerado	68,736	0,690	8,183	562,476
Araxá – Unidade A – hematita xisto, quartzito	Xisto	2,602	0,026	6,547	17,035
Campos Gerais 2	Tonalito, Trondhjemito, Migmatito, Granito, Gnaiss, Rocha vulcânica ultramáfica, Granodiorito, Gondito	10,375	0,104	4,910	50,940
Piumhi – unidade de grauwacas	Metagrauvaca lítica, Metagrauvaca feldspática, Metagrauvaca, Metassiltito, Xisto	91,994	0,923	5,728	526,964
Piumhi – unidade de metapelitos	Xisto, Metassiltito, Quartzito arcoseano, Quartzito feldspático, Argilito	12,860	0,129	4,092	52,617
Pelitos carbonosos – Piumhi	Metassiltito, Rocha metassedimentar carbonoso, Metagrauvaca	22,207	0,223	3,273	72,689
Metabasaltos/Metakomatiitos	Metavulcânica ultramáfica, Wehrlito	6,047	0,061	1,637	9,897
Piumhi – unidade de intrusivas ácidas	Granito, Metariorodacito	12,957	0,130	5,728	74,222
Piumhi – unidade de vulcânicas básicas e intermediárias	Metabasito, Tremolita clorita xisto	18,702	0,188	3,273	61,218
Paraopeba, calcário	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	1,310	0,013	27,532	36,064

Tabela 3.34 – Áreas e valores de vazão para a estação Tapiraí Jusante.

Estação Ponte de Chumbo	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Canastra Indiviso	Filito, Xisto, Sericita xisto, Grafita xisto, Metarenito, Metassiltito, Metargilito, Ardósia	340,488	57,333	9,177	3124,731	12,342
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	225,069	37,898	17,335	3901,521	
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito, Rocha pelítica	1,270	0,214	5,098	6,475	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de silte	2,920	0,492	25,492	74,438	
Paraopeba, calcário	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	1,310	0,221	27,532	36,064	
Mata da Corda	Arenito, Tufo lapíli, Rocha vulcânica	22,824	3,843	8,158	186,185	

Tabela 3.35 – Áreas e valores de vazão para a estação Taquaral.

Estação Taquaral	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito, Rocha pelítica	51,116	8,785	4,341	221,881	7,908
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de silte	183,752	31,582	17,001	3124,042	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	346,967	59,633	3,617	1255,089	

3.1.5.4.2 Considerações finais

Diante dos valores encontrados para as recargas dos aquíferos contidos no subdomínio IIa, verifica-se a partir da Tabela 3.36, apresentada a seguir, que o valor médio da Vazão subterrânea específica é de 7,59 L/s.km², variando entre 1,64 L/s.km² e 24,51 L/s.km². E em termos médios anuais, a média geral da Recarga média anual para o subdomínio IIa corresponde a cerca de 225,27 mm/ano.

Tabela 3.36 – Resultados de recarga encontrados para o Subdomínio IIa.

Unidade	Área (km ²)	Vazão mínima ponderada por litologia (L/s)	Vazão subterrânea específica média (L/s.km ²)	Recarga média anual (mm/ano)
Serra da Saudade	43,24	153,85	3,56	112,22
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	947,79	18358,05	19,37	610,83
Serra de Santa Helena	362,33	1376,71	3,80	119,82
Sete Lagoas	432,28	3498,13	8,09	255,20
Paraopeba	3709,50	44719,76	12,06	380,18
Depósitos aluvionares	94,44	2314,46	24,51	772,86
Canastra Indiviso	220,55	1443,85	6,55	206,45
Samburá	68,74	571,94	8,32	262,40
Araxá – Unidade A – hematita xisto, quartzito	2,60	17,04	6,55	206,45
Campos Gerais 2	10,37	50,94	4,91	154,84
Piumhi – unidade de grauvacas	91,99	526,96	5,73	180,65
Piumhi – unidade de metapelitos	12,86	52,62	4,09	129,03
Pelitos carbonosos - Piumhi	22,21	72,69	3,27	103,23
Metabasaltos/Metakomatiitos	6,05	9,90	1,64	51,61
Piumhi – unidade de intrusivas ácidas	12,96	74,22	5,73	180,65
Piumhi – unidade de vulcânicas básicas e intermediárias	18,70	61,22	3,27	103,23
Drenagem	1,00	0,00	0,00	0,00
				225,27

3.1.5.5 Zoneamento da exploração no Subdomínio IIa

O zoneamento da exploração é considerado fundamental para a gestão do aquífero e para cumprir essa finalidade foi adotado o seguinte procedimento:

- O ponto de partida para o *zoneamento da exploração* foi a inserção da área do Subdomínio IIa, em estudo, no interior de um retângulo compreendido entre os paralelos de 45°W e 47°W e entre os meridianos de 19°30'S e 20°30'S, no qual foi feita uma partição em células quadradas de 30' de lado, com área aproximadamente de 3025 km² (55 km x 55 km), conforme Figura 3.18. Globalmente, o Subdomínio IIa, com área de 5.788,3 km², foi recoberto por 6 células com áreas variáveis de 20,4 a 2.349,8 km².
- Foi então realizado um balanço tendo como vazão de entrada em cada célula a recarga média avaliada por sub-bacia (Tabela 3.41)

e como descarga de saída, a vazão informada no cadastro de usuários realizado em 2014 na área do projeto. Verificou-se que o número de poços existentes em condições de operação em cada célula varia de zero a 48 estando concentrados principalmente nas células Y05, Y04 e X05. Isto permitiu obter o mapa de zoneamento da exploração do aquífero em 2014 (Figura 3.18). Esse mapa revela que em todas as células há excedente hídrico e que as retiradas são bem inferiores à recarga.

- Essa conclusão baseada em vazão informada sugere que não há motivos para preocupação nesse subdomínio, notadamente porque a julgar pelo índice de concentração de poços, o resultado é consistente com a realidade.
- Neste sentido, não há prioridade para implementação de um programa de monitoramento automático de níveis e descargas de poços neste subdomínio.

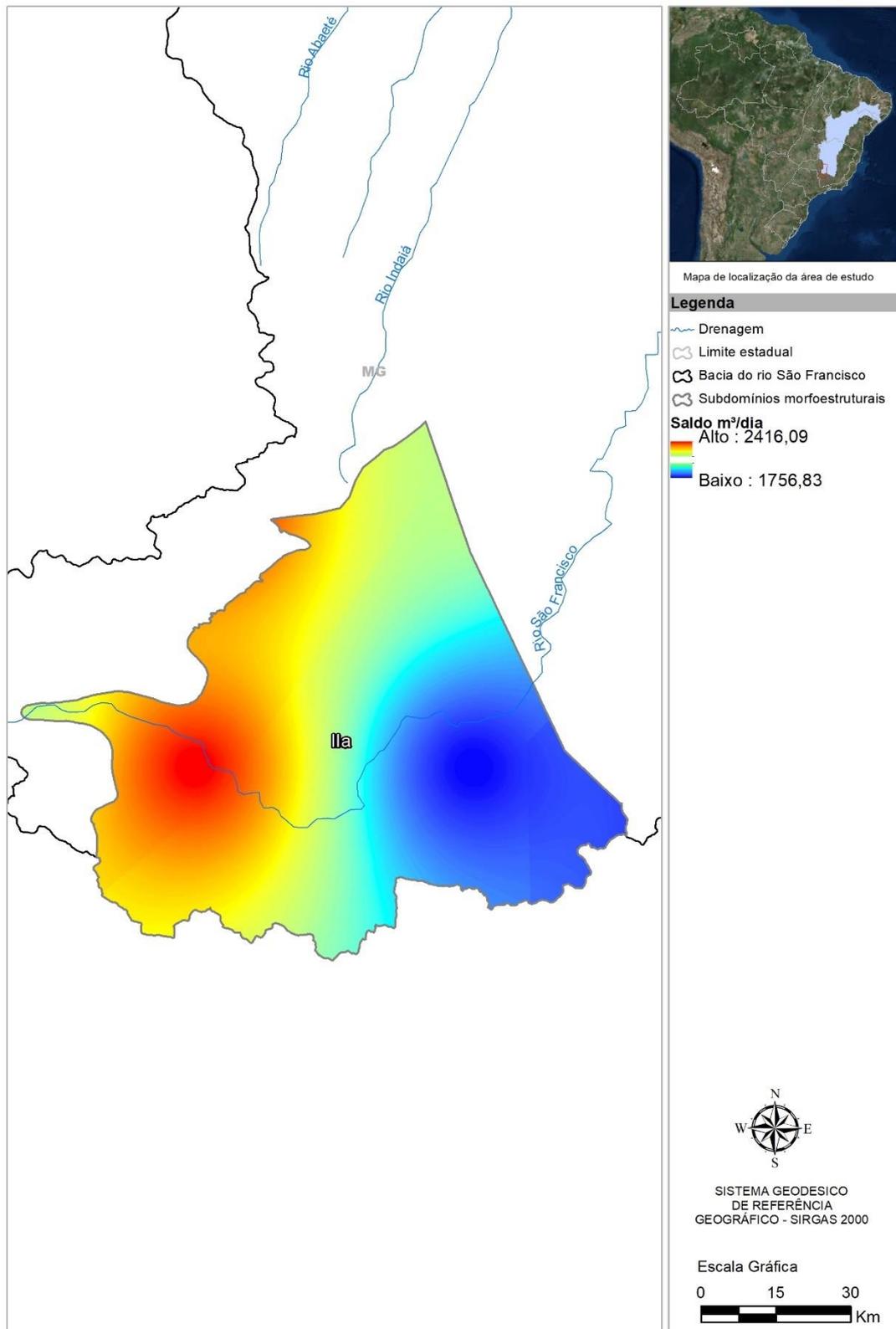


Figura 3.18: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Subdomínio IIa, Bambuí Deformado, com excedente hídrico.

Tabela 3.37 – Balanço entre recarga natural e vazão explorada no subdomínio Ila Bambuí Deformado.

Célula	x	y	Area km ²	Número de Poços	Recarga m ³ /dia	Produção Estimada m ³ /dia	Saldo m ³ /dia
X04	-46,214	-19,77	326,5	7	1.050.220	1.356	1.047.864
X05	-45,75	-19,75	878,7	19	642.587	4.797	636.789
Y03	-46,57	-20,136	20,4	0	2.101.326	0	2.101.326
Y04	-46,25	-20,25	2.196,0	38	2.426.817	11.430	2.416.387
Y05	-45,75	-20,25	2.349,8	180	1.583.084	54.173	1.527.911
Y06	-45,25	-20,25	16,9	0	246.012	0	246.012

3.1.6 Reservas, potencialidades e exploração

As conceituações de reservas, potencialidades e exploração encontram-se nos tópicos 1.2, 1.3 e 1.4 do Capítulo 1.

3.1.6.1 Reservas permanentes

As reservas permanentes do Subdomínio Ila do Domínio II – Grupo Bambuí Deformado W foram avaliadas de acordo com o exposto nos itens 1.2.1 e 1.2.2 do Capítulo 1 do presente relatório. A Tabela 3.38 a seguir sintetiza os valores utilizados e os resultados obtidos.

Tabela 3.38 – Reserva permanente do Subdomínio Ila

Subdomínio Ila do Domínio II								
Unidade Geológica	Área (km ²)	%	Litologia predominante	P (m)	NE (m)	μ_e	b (m)	RP (hm ³)
Serra da Saudade	232,798	4,39	Siltito, Argilito, Arenito, Rocha pelítica	120,00	17,70	0,020	102,30	476,30
Serra de Santa Helena	551,888	10,40	Siltito, Folhelho, Marga	102,00	3,00	0,030	99,00	1.639,11
Sete Lagoas	621,838	11,72	Rocha metapelítica, Dolomito	120,00	22,00	0,110	98,00	6.703,41
Paraopeba	3.899,06	73,49	Calcar., Arc., Dolom., Siltito, Folh., Argilito, Ritmito, Marga	98,00	18,00	0,130	80,00	40.550,20
Totais	5.305,58	100,00						Reserva permanente total 49.369,03

P = prof. média dos poços NE = nível est. médio μ_e = poros efetiva b = espes. saturada média RP = Res. Perman.

3.1.6.4 Exploração

O conceito de exploração de água subterrânea, aqui adotado, é discutido no item 1.4 do presente relatório.

Uma análise bastante detalhada da produção dos poços do Subdomínio Ila foi apresentada acima no item 3.1.5.3. Os números obtidos nessa análise serão aqui reproduzidos.

3.1.5.4.1 Exploração efetiva

A exploração efetiva é avaliada em 16.794 m³/dia ou 6,25 hm³/ano para um regime médio de 7,85 horas/dia de bombeamento.

3.1.6.4.2 Exploração instalada

Considerando-se regime de bombeamento contínuo, chega-se a uma exploração instalada de 19,9 hm³/ano.

3.2 Subdomínio IIb

Este subdomínio abrange as cidades de São Gotardo, Tiros, Varjão de Minas até João Pinheiro. Ocorrem áreas de afloramento de rochas intermediárias ou do topo do Grupo Bambuí sobrepostas por espessas coberturas cretáceas, especialmente os arenitos do Grupo Areado e as rochas vulcânicas do Grupo Mata da Corda. As rochas apresentam-se deformadas, e lineamentos marcados no relevo denotam um trend estrutural aproximadamente N-S. Falhas de empurrão de direção NE-SW e NW-SE ocorrem ao longo da área.

3.2.1 Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação

Neste item tem-se o levantamento do uso do solo, das estruturas cársticas e das fontes de contaminação realizado para a área regional, conforme descrito no capítulo de Metodologia, e recortados aqui para o Subdomínio IIb.

Na Tabela 3.39 tem-se as fontes contaminantes do Subdomínio IIb.

Tabela 3.39 – Fontes contaminantes do Subdomínio IIb

Subdomínio IIb – Fontes contaminantes	
Cemitério	11
Posto de combustível	51
Total:	62

O quantitativo de estruturas cársticas para o subdomínio IIb foi de 75 cavidades e 85 dolinas, e estão exibidas na Figura 3.19.

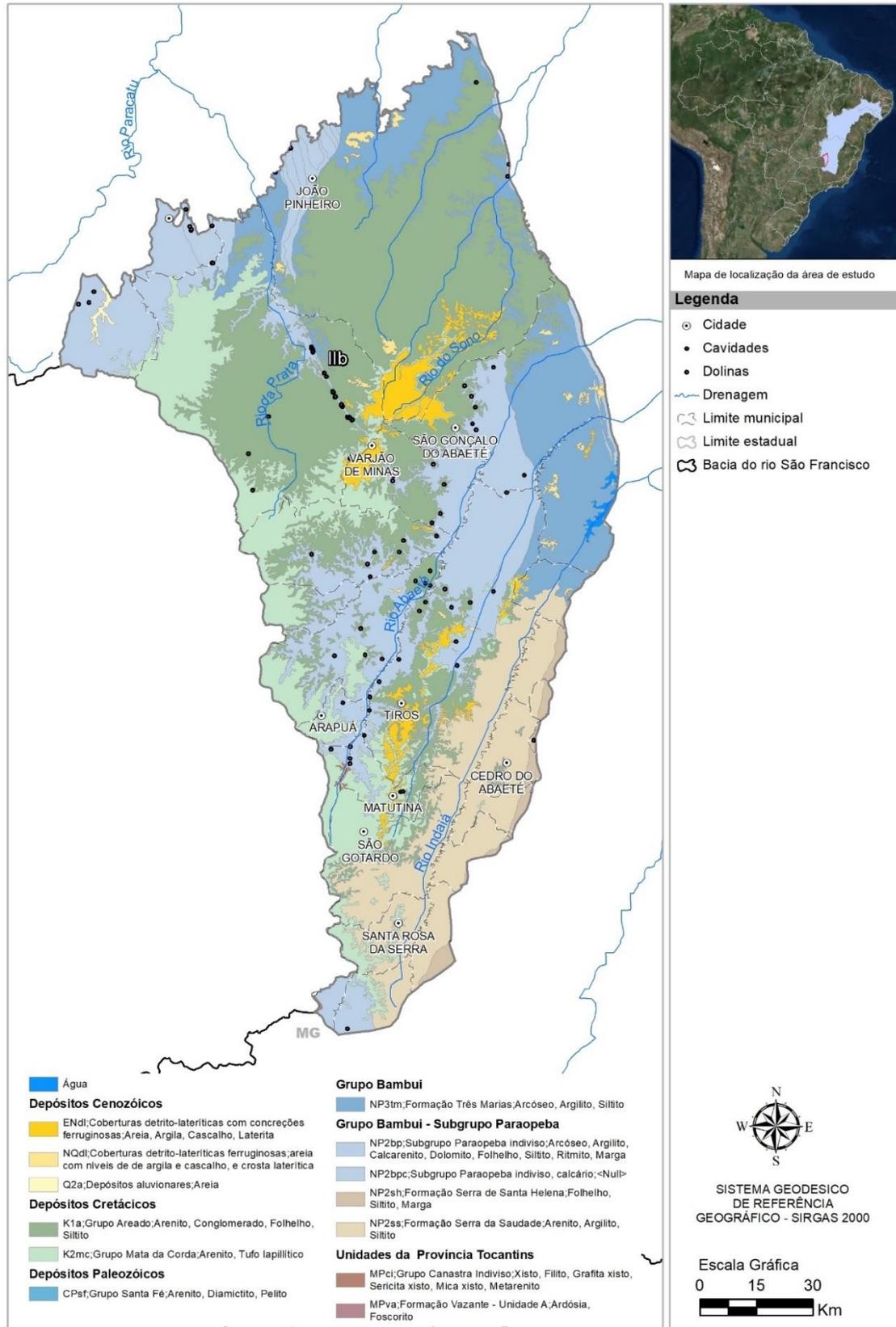


Figura 3.19: Mapa de estruturas cársticas do Subdomínio IIb.

As áreas das diferentes classes de uso do solo do subdomínio IIb são quantificadas conforme mostrado na Tabela 3.40.

Tabela 3.40 – Áreas de uso do solo do Subdomínio IIb.

Classes de uso do solo	Área em km ²
Área urbanizada	1,56
Campestre	6903,10
Corpo d'água continental	27,13
Florestal	9914,52
Lavoura temporária	384,79
Sem informação	1,55
Total:	16.232,65

A distribuição percentual das áreas das classes de uso do solo no subdomínio IIb é mostrada na Figura 3.20.

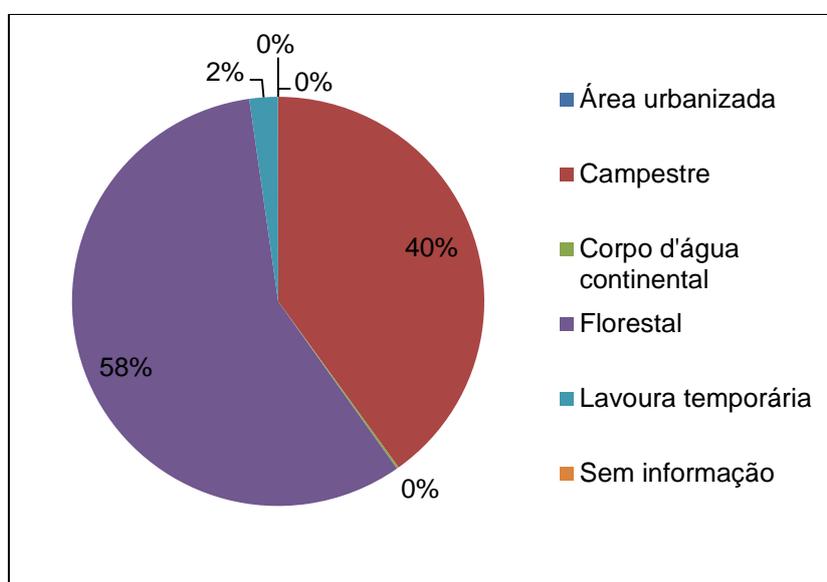


Figura 3.20: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Subdomínio IIb.

A maior porcentagem encontra-se na classe Florestal, com 58% da área total de 16.232,65 km², ou seja, 8.914,52 km² de área; em seguida, a maior área foi identificada como Campestre com 40% ou 6.903,10 km²; a classe Lavoura Temporária representa 2% ou 384,79 km²; as demais classes, como Corpo de Água Continental, Área Urbanizada e Sem Informação, representam valor menor que 1%, respectivamente com 27,13 km², 1,56 km² e 1,55 km².

O mapa do uso do solo acrescido dos possíveis pontos de contaminação e estruturas cársticas, para o subdomínio IIb, pode ser observado na Figura 3.21.

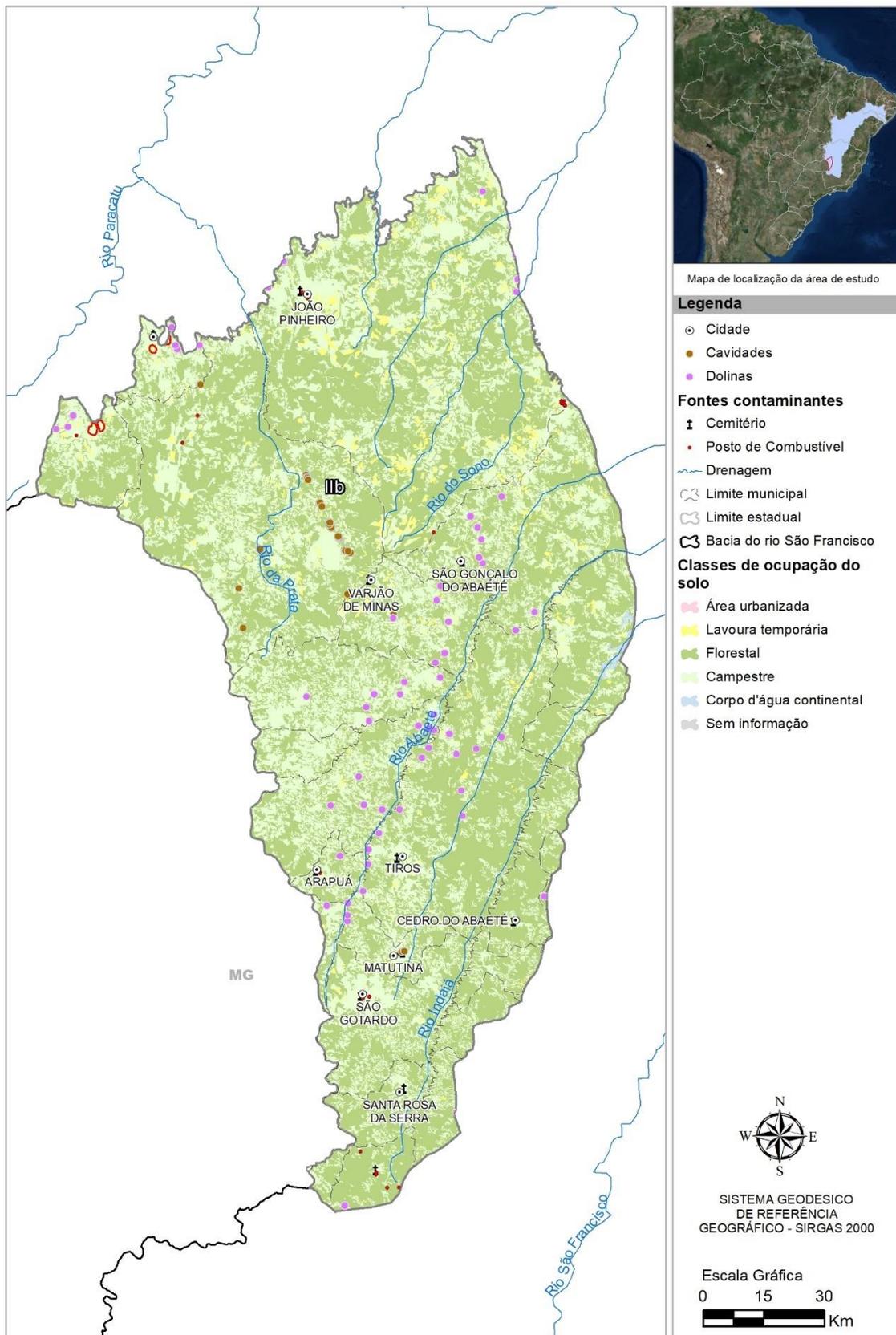


Figura 3.21: Uso e ocupação do solo no Subdomínio IIb.

3.2.2 Levantamento socioeconômico e demandas hídricas

Para a realização de um estudo correto das demandas hídricas de uma localidade, se faz necessário o estudo de parâmetros socioeconômicos e populacionais.

A interpretação dos parâmetros de rendimento e taxa de alfabetização, auxiliam no entendimento do grau de desenvolvimento econômico de uma região, e a partir daí, torna-se possível correlacioná-los à necessidade de água no local. A Tabela 3.41 apresenta tais parâmetros para o subdomínio IIb.

Tabela 3.41 - Dados socioeconômicos do Subdomínio IIb.

Rendimento (R\$)	Alfabetização (%)	IDHM
1.014,37	91,40	0,72

O subdomínio IIb apresentou, em 2010, o rendimento médio da população um pouco a abaixo da média do estado de Minas Gerais, sendo cerca de 8% menor. Porém, se comparado ao salário mínimo do ano em questão (510 reais), este rendimento é cerca de 99% acima.

No tocante à taxa de alfabetização, o subdomínio IIb também apresenta uma taxa (91,40%) próxima à taxa do estado de Minas Gerais (92,30%).

No caso do rendimento, tem-se a consideração do peso proporcional de adultos potencialmente receptores de renda no domicílio, diante do cenário em que crianças e idosos tendem a não gerar renda. Sabendo que o rendimento é obtido pela divisão da receita domiciliar pelo número de integrantes no domicílio, um rendimento baixo pode ser entendido como receita familiar baixa e/ou alto número de integrantes da família, assim como um rendimento alto pode significar uma receita familiar alta e/ou um baixo número de integrantes da família.

Analogamente, a taxa de alfabetização contribui para análise das condições de vida populacional, proporcionando o entendimento do bem estar familiar. Essa taxa de alfabetização tende a ser mais baixa em localidades de menor rendimento, indicando menor oportunidade de acesso ao conhecimento.

Dessa forma, compreender o nível de qualidade de vida constitui um fundamento para gerar dados acerca do rendimento e taxa de alfabetização regional, de forma que uma menor qualidade de vida é relacionada à menor rendimento e menor taxa de alfabetização, o que assinala menor demanda hídrica no local e o oposto também é válido.

Quando consideramos o IDHM, é possível obter uma análise mais robusta, haja vista que tal índice pondera longevidade, educação e renda, simultaneamente. Nesse âmbito, o Índice de Desenvolvimento Humano para o Subdomínio IIb foi de 0,72, em 2010, classificando-se na faixa de Desenvolvimento Humano Alto (IDHM entre 0,700 e 0,799). Pode-se concluir que o subdomínio IIb possui rendimento, taxa de alfabetização e IDHM altos, o que indica uma maior demanda hídrica.

O subdomínio IIb representa 17% do PIB e cerca de 13% da população do total dos subdomínios. Porém, quando analisado o PIB per capita, o subdomínio apresenta resultados mais elevados.

Essa situação pode caracterizar má distribuição de renda na região, ou ainda, que a região possui áreas comerciais/industriais, onde a produção de bens é mais intensa que os gastos domiciliares.

Esse cenário pode ser ainda confirmado diante do confronto desse PIB per capita mais elevado diante do PIB per capita de Minas Gerais, chegando a ser apenas 9,4% menor que do estado (20.592,16), ressaltando o alto nível de produção econômica em tais áreas.

Ainda para o PIB per capita, o subdomínio apresentaram valor superior ao médio da área de influência total, descrevendo elevado nível de produção econômica na região de análise. A Tabela 3.42 apresenta os valores do PIB para o Subdomínio IIb.

Tabela 3.42 – PIB do Subdomínio IIb.

PIB	População	PIB per capita
6.518.033,00	348.385	17.658,59

3.2.2.1 Aspectos sanitários gerais

O estudo dos aspectos sanitários da região, servirão para o monitoramento da qualidade da água, identificando as deficiências que mais influenciam em problemas ambientais. Foram avaliados quatro pontos importantes: formas de abastecimento, tipos de esgotamento sanitário nos domicílios, destino do lixo e quantitativo de domicílios que recebem ou não energia elétrica.

- **Abastecimento**

A porcentagem de abastecimento por rede geral, ou seja, com tratamento de água, no subdomínio IIb (84,60%) é apenas um pouco inferior à taxa de abastecimento do estado de Minas Gerais (86,28%), apresentando menores taxas em relação ao abastecimento por poços, nascentes, rios, açudes, o que caracteriza uma área mais urbanizada.

A Tabela 3.43 apresenta a distribuição da forma de abastecimento no subdomínio IIb.

Tabela 3.43 – Formas de abastecimento no subdomínio IIb.

Formas de abastecimento	%
Rede geral	84,60
Poço ou nascente na propriedade	10,20
Poço ou nascente fora da propriedade	3,80
Rio, açude, lago ou igarapé	0,90
Poço ou nascente na aldeia	0,00
Poço ou nascente fora da aldeia	0,00
Outra	0,60

- **Esgotamento sanitário**

Neste subdomínio, apenas 0,70% dos domicílios não possuíam nem banheiro nem sanitário, mostrando-se com taxa ainda menor que a do estado de Minas Gerais (1,26%). A porcentagem de esgoto que não é transportado pela rede geral, não é posto em redes pluviais e nem tratado em fossa séptica é significativa, apontando para grande impacto no meio ambiente desta região.

A Tabela 3.44 abaixo apresenta as porcentagens da existência de banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário no subdomínio IIb.

Tabela 3.44 – Existência de banheiro ou sanitário no subdomínio IIb.

Tipos de esgotamento sanitário	Quantitativo (%)
Banheiro de uso exclusivo do domicílio	98,60
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	83,10
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - outro	16,90
Sanitário	0,70
Sanitário - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	34,60
Sanitário - outro escoadouro	65,40
Sem banheiro e sem sanitário	0,70

- **Destino do lixo**

Com o estudo realizado, foi possível verificar que o subdomínio IIb possui um sistema de destino do lixo similar à média de todo o estado de Minas Gerais, mostrando que 86,10% do lixo é coletado, enquanto a média do estado é 87,63%. Porém ainda 13,90% do lixo possui destino indefinido, o que pode indicar uma destinação incorreta podendo causar contaminação do solo e de águas.

A Tabela 3.45 apresenta as porcentagens de destinação do lixo no subdomínio IIb.

Tabela 3.45 – Destinos do lixo no subdomínio IIb.

Destino do lixo	Quantitativo (%)
Coletado	86,10
Coletado por serviço de limpeza	97,60
Coletado em caçamba de serviço de limpeza	2,40
Outro destino	13,90

- **Energia Elétrica**

Neste quesito, pode-se identificar que o subdomínio IIb é uma região bem atendida por redes elétricas, com porcentagem de pessoas que tem energia elétrica igual à do estado de Minas Gerais, chegando a atender 99,30% da população e apenas 0,70% da população não recebe atendimento.

3.2.2.2 Demandas Hídricas

O estudo das demandas visa o conhecimento da necessidade de água de uma determinada região, e aliado ao conhecimento das potencialidades e disponibilidades hídricas, se torna um dos elementos essenciais para a realização de seu balanço hídrico, além de constituir um instrumento valioso para o planejamento e estabelecimento das prioridades de uma política de uso dos recursos hídricos.

O levantamento das demandas hídricas foi feito tanto para dados atuais (2010) como para dados futuros (2015, 2020, 2025 e 2030).

- **População urbana e rural**

No subdomínio IIb pode-se observar uma diminuição na população rural, com taxa de crescimento negativa ao passo que houve um aumento na população urbana, com taxa de crescimento positiva, como pode ser observado na Tabela 3.45.

Tabela 3.46 – População e demanda para abastecimento humano (2010).

População	2010	Demanda (m ³ /dia)	Taxa de crescimento (%)
Rural	51.738	11.813	-1,46
Urbana	293.230	91.207	1,35

Este aumento da população urbana e diminuição da população rural indica um processo de urbanização da região. O processo de urbanização é decorrente do desenvolvimento econômico e distribuição de trabalho, intimamente ligado à industrialização.

O crescimento populacional neste subdomínio, aumenta a competição pelos mesmos recursos naturais, para suprimento das necessidades humanas, e, ao mesmo tempo, a produção de poluição. Tudo isso pode implicar na degradação de muitos recursos naturais e aumento de epidemias. Podemos notar que a demanda hídrica rural é menor que demanda hídrica urbana.

- **Dessedentação animal**

O subdomínio IIb representa 15,4% de bovinos, 9,7% de bubalinos, 9,02 de equinos, 22,3% de asininos, 12,4% de muares, 7,9% de caprinos, 8,1% de ovinos, 5,03% de suínos e 10,4% do somatório total das cabeças de todos os subdomínios. O quantitativo de cabeças e o consumo da dessedentação de animais estão na Tabela 3.47.

Tabela 3.47 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.

Rebanhos	Nº de cabeças
Bovinos	1.032.182
Bubalinos	675
Equinos	26.385
Asininos	126
Muares	1.069
Caprinos	826
Ovinos	4.183
Suínos	283.173
Aves	723.802
Demanda para dessedentação animal (m³/dia)	1.115.252,24

- **Irrigação**

A Tabela 3.48 apresenta a estimativa de área irrigada do subdomínio IIb em 2010, calculada segundo a aplicação do PAI-MG. E a partir dos dados de área irrigada e com o coeficiente de demanda unitária adotado, de 0,4 L/s.ha, foi possível converter a área irrigada em demanda hídrica.

Tabela 3.48 – Estimativa da área irrigada e demanda para irrigação.

Tipo de irrigação	Área irrigada (ha)
Inundação + Sulcos	3.688
Outros métodos	349
Métodos Pressurizados	46.748
Demanda para irrigação (m ³ /dia)	1.755.123

- **Indústria**

A demanda de recursos hídricos das indústrias, para o subdomínio IIb, demonstra ser pequena em relação à demanda de abastecimento da população (Tabela 3.49). Porém, segundo análise na seção de demanda de população rural e urbana, pode-se concluir que é uma região que está em desenvolvimento industrial.

Tabela 3.49 – Consumo das indústrias no Subdomínio IIb.

Valor de produção 2012		Consumo Indústria (m ³ /dia)
Real/Ano	US\$/Ano	2012
820.156,00	402.037,25	16,90

3.2.2.3 Demandas futuras (2015, 2020, 2025, 2030)

- População urbana e rural

A Tabela 3.50 a seguir apresenta as projeções feitas, para a população urbana e rural no subdomínio IIb. Os coeficientes de retirada de água per capita, também definido na metodologia, foram aplicados às populações projetadas nos referidos anos, de forma a obterem-se as demandas para abastecimento urbano e rural para o subdomínio IIb.

Tabela 3.50 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.

População/Ano	2015	2020	2025	2030
Rural	90.753	86.777	85.505	83.978
Urbana	306.041	316.991	326.350	331.967
Demanda hídrica rural (m ³ /dia)	10.344	9.972	9.688	9.497
Demanda hídrica urbana (m ³ /dia)	96.449	101.638	104.836	105.985

- **Dessedentação animal**

Devido à falta de dados mais recentes foi necessário projetar o número de cabeças por espécie, admitindo a mesma taxa de crescimento linear obtida entre os anos de 1996 e 2006. Assim, foi possível estimar o número de cabeças por espécie para 2010 e da mesma forma se procedeu para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030. Uma vez aplicada a taxa de crescimento linear,

estimou-se o número de cabeças por espécie para o subdomínio IIb, e o consumo para dessedentação animal. Amos apresentados na Tabela 3.51.

Tabela 3.51 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio IIb.

Rebanhos	Nº de cabeças por ano			
	2015	2020	2025	2030
Bovinos	1.038.564	1.046.998	1.054.486	1.062.027
Bubalinos	680	685	689	694
Equinos	26.574	26.764	26.955	26.148
Asininos	127	128	128	129
Muares	1.077	1.084	1.092	1.100
Caprinos	832	838	844	850
Ovinos	4.213	4.243	4.273	4.304
Suínos	285.198	286.237	288.291	291.360
Aves	727.979	734.192	738.442	744.730
Demanda para dessedentação (m³/dia)	1.123.228	1.131.260	1.138.351	1.146.499

- **Irrigação**

De posse da demanda atual para agricultura em 2010, deu-se prosseguimento às metodologias já aplicadas para os demais anos que compõem o horizonte deste estudo. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 3.52.

O resultado dessas projeções consiste nas áreas irrigadas a serem consideradas no futuro. Assim, utilizando-se dos coeficientes de demanda para agricultura, obtêm-se a demanda hídrica futura para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030.

Tabela 3.52 – Projeção dos métodos utilizados para irrigação no subdomínio IIb.

Tipo de irrigação	Área irrigada (ha) por ano			
	2015	2020	2025	2030
Inundação + Sulcos (ha)	4.663	5.512	6.251	6.898
Métodos Pressurizados (ha)	54.309	58.221	58.322	58.322
Outros Métodos (ha)	349	349	349	349
Demanda para irrigação (m³/dia)	2.075.638	2.473.984	2.974.258	2.995.610

- **Indústria**

Para demanda relacionada à indústria, de forma semelhante ao que foi feito para calcular a de 2010, projetou-se os PIBs secundários para o subdomínio. Essa projeção teve como base uma taxa de crescimento linear obtida através da comparação entre os PIBs de 2002 e 2012.

Ao aplicar o coeficiente de consumo específico para classe 900 (genérica), equivalente a 0,02713 m³/US\$, como definido na metodologia, inferiram-se as demandas industriais para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030 (Tabela 3.51).

Tabela 3.53 – Projeção da demanda hídrica industrial para o subdomínio IIb.

Demanda Industrial (m³/dia)			
2015	2020	2025	2030
25	51	108	237

3.2.3 Vulnerabilidade

A vulnerabilidade foi avaliada de acordo com a metodologia EPIK comentada no item 1.6 do presente relatório.

A classificação dos parâmetros E, P, I e K, é mostrada na Figura 3.22. Essa classificação mostra os seguintes resultados:

Parâmetro E – Epicarste: 27% de epicarste encoberto (classe E2); e 73% ausente (classe E3).

Parâmetro P – Cobertura de proteção: 38% para a classe P1; 54% para a classe P2; e 8% para a classe P3.

Parâmetro I – Condições de infiltração: 47% para a classe I1; 52% para a classe I2; e apenas 1% para a classe I3.

Parâmetro K – Grau de desenvolvimento da rede cárstica: 27% para a classe K2; e 73% para a classe K3.

Na definição das classes do parâmetro P foi muito útil o mapa das unidades de solo, mostrado na Figura 3.23.

Com os diferentes parâmetros zoneados, foi possível elaborar o mapa de vulnerabilidade (ver item 1.6), mostrado na Figura 3.24. A partir desse mapa quantificam-se percentualmente, na Figura 3.25, as classes de vulnerabilidade.

Como se pode observar na Figura 3.25, a área do Subdomínio IIb é repartida em 27% de vulnerabilidade baixa; e 73% de vulnerabilidade média.

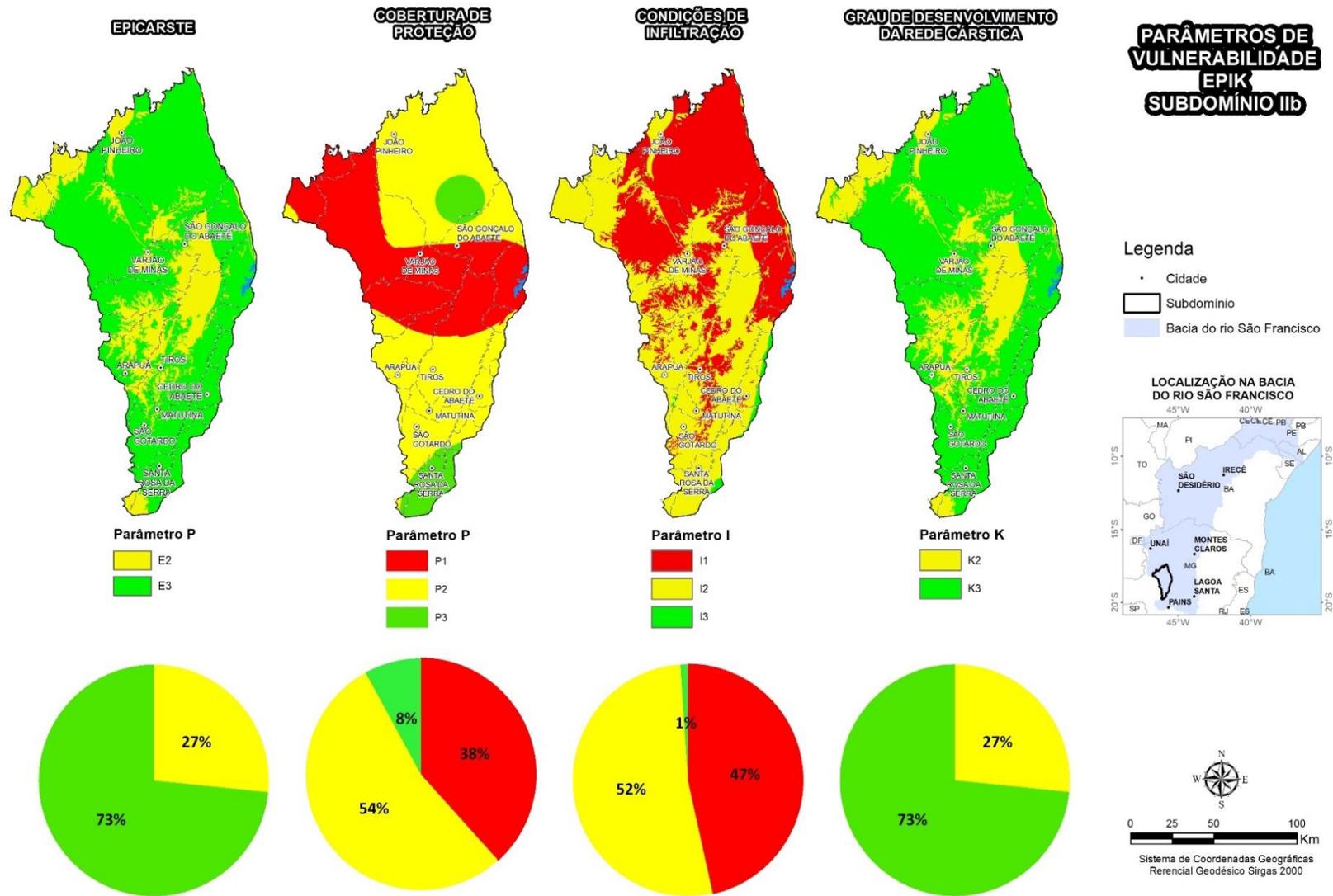


Figura 3.22: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.

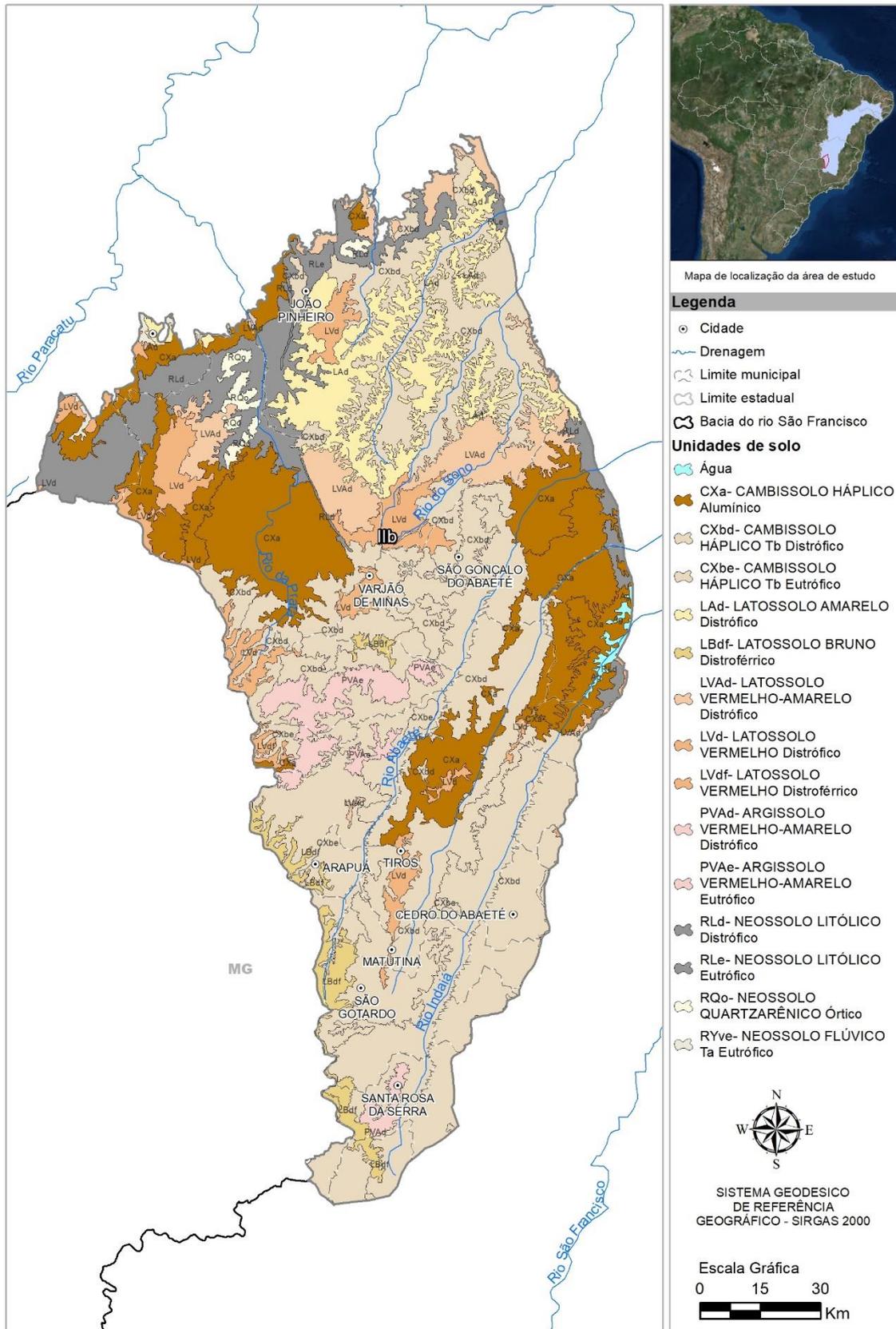


Figura 3.23: Mapa de unidades de solo com a classificação do parâmetro P.

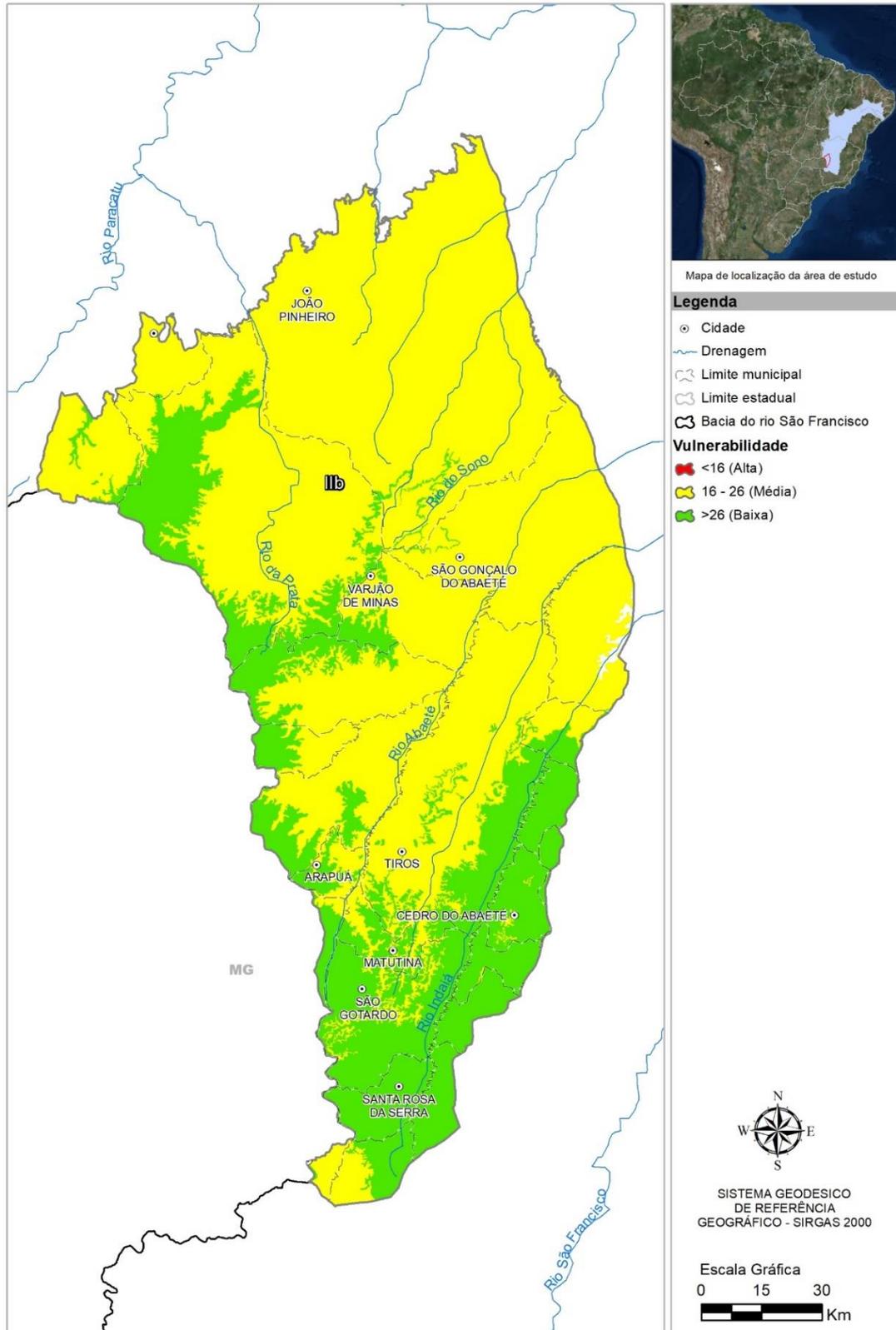


Figura 3.24: Mapa de vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Subdomínio IIb.

VULNERABILIDADE DO SUBDOMÍNIO IIb

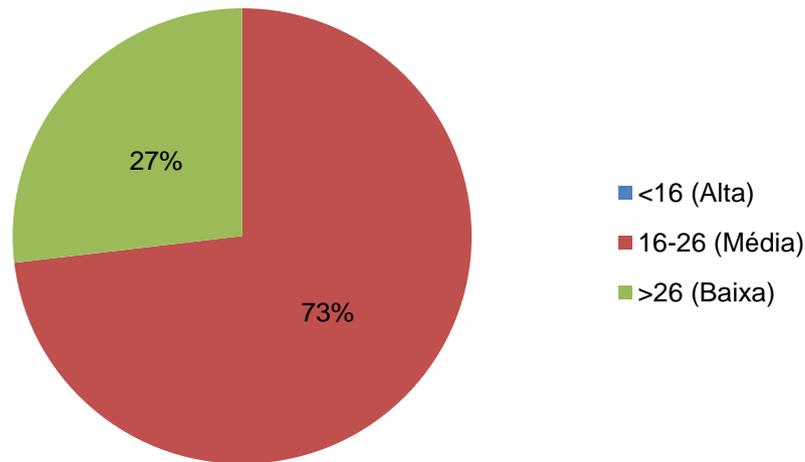


Figura 3.25: Classificação da vulnerabilidade para o Subdomínio IIb.

3.2.4 Perigo de contaminação

Na Tabela 3.54 estão relacionadas as fontes contaminantes cadastradas no Subdomínio IIb, com indicação dos respectivos índices PosH.

Tabela 3.54 – Fontes potenciais de contaminação no Subdomínio IIb

ATIVIDADE	QUANTIDADE	ÍNDICE POSH
Cemitério	3	Moderado
Posto de combustível	13	Elevado
Lavoura temporária	379,35 km ²	Elevado

A distribuição dessas fontes contaminantes no mapa de vulnerabilidade é mostrada na Figura 3.26 onde se pode avaliar o perigo de contaminação no Subdomínio IIb. Verifica-se, neste mapa, que o Subdomínio IIb não apresenta perigos de contaminação extremo, pois não possui áreas de vulnerabilidade alta. Tem-se altos perigos em pequenas áreas distribuídas na parte norte do mapa, onde estão as áreas de vulnerabilidade média (cor amarela) com fontes de contaminação classificadas como elevadas segundo a metodologia POSH. Essas fontes são os postos de combustíveis e pequenas áreas de lavoura temporária.

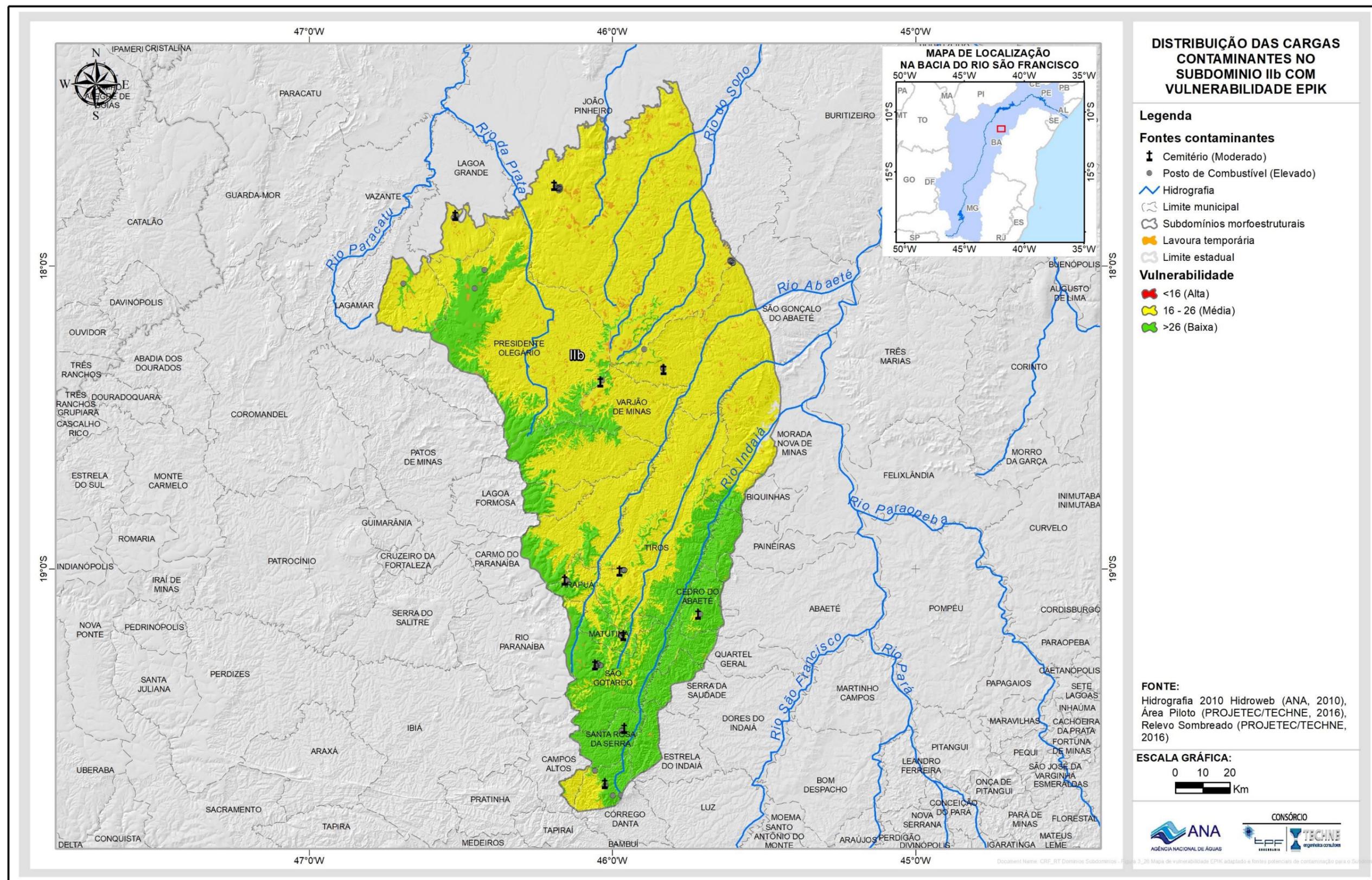


Figura 3.26: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Subdomínio IIb.

3.2.5 Recarga e zonas de exploração

Começando com um panorama regional da evolução histórica dos níveis de água subterrânea no domínio cárstico em Minas Gerais, a situação da exploração das águas subterrâneas do SAB no Subdomínio IIb inclui uma estatística descritiva dos dados de poços levantados e catalogados no âmbito do Projeto bem como uma caracterização do regime de funcionamento dos poços e uma estimativa da produção global de água. Para a recarga, foram realizados os cálculos em função das precipitações e o regime fluvial para cada subdomínio. Com os valores de recarga e exploração do subdomínio foi possível realizar o zoneamento de exploração, demonstrado na Figura 3.35.

3.2.5.1 Levantamento e sistematização dos dados

Os dados de poços levantados no Subdomínio IIb (Grupo Bambuí Deformado), no âmbito do Projeto foram sistematizados e fazem parte do SIG, que constitui a principal fonte de consulta sobre poços.

3.2.5.1.1 Poços catalogados e cadastrados

A pesquisa hidrogeológica desenvolvida no Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado baseou-se em dados de 358 poços constantes no SIG, dos quais 170 foram catalogados do SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2010), 3 (três) são novos poços cadastrados, no âmbito do Projeto e 194 foram catalogados do sistema de outorgas de água subterrânea do IGAM (2014) (ANEXO 1.13 – Tabela de poços do Subdomínio IIb). Para o tratamento estatístico não foram considerados os poços escavados. Desses 358 poços excluem-se 15 (dez cisternas do SIAGAS, três do IGAM e dois dos novos poços cadastrados que estão hachurados na tabela do ANEXO 1.13. O resultado disso são 343 poços: 160 catalogados do SIAGAS, 182 catalogados do IGAM e um dos novos cadastrados.

3.2.5.1.2 Tratamento estatístico dos poços cadastrados

Na Tabela 3.54 é apresentada a estatística descritiva dos valores numéricos de profundidade, diâmetro do revestimento, nível estático, nível dinâmico e vazão dos poços cadastrados e catalogados no Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado, localizado na área regional de Montes Claros, na porção sudoeste da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

Tabela 3. 55 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado.

Parâmetros Estatísticos	Profundidade (m)	Diâmetro da boca(mm)	Nível Estático - NE (m)	Nível Dinâmico - ND (m)	Vazão (m ³ /h)
Média	114,8	170,4	55,0	22,0	15,5
Mediana	108,5	152,4	52,3	16,7	6,5
Desvio Padrão	43,1	43,1	27,7	18,0	21,8
Coefficiente Variação	0,4	0,3	0,5	0,8	1,4
Valor máximo	250,0	381,0	174,5	105,0	144,3
Valor mínimo	10,0	37,5	8,0	0,3	0,1
Nº valores	262	271	223	222	238

3.2.5.1.3 Profundidade

A profundidade dos poços inventariados no Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado variou de 10 a 250 m. A profundidade média foi de 114,8 m e se explica pelo fato de que as classes mais frequentes (54%) correspondem a poços com profundidade superior a 100 m. Se considerarmos todos os poços com mais de 50 m teremos 250 poços ou 95% do total no subdomínio IIb. Já as classes compreendidas entre 0 e 50 m de profundidade possuem uma frequência acumulada muito baixa, como acontece entre 20 e 50 m, com apenas 4,58% e de 0 a 20 m, com menos 1% do total. A Tabela 3.56 mostra que na classe de 50 a 100 m e na classe de 100 e 150 m estão localizados, igualmente, os 40% dos poços em cada, ou seja, as mais predominantes.

Tabela 3.56 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014) e dos novos cadastrados no Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado.

Classe Profundidade (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤20	1	1	0,00	0,38
20<x≤50	11	12	0,04	4,58
50<x≤100	105	117	0,40	44,66
100<x≤150	106	223	0,40	85,11
150<x≤200	25	248	0,09	94,66
x>200	14	262	0,05	100,00
Total	262			

A distribuição da frequência da profundidade dos poços no Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado pode ser visualizada no diagrama da Figura 3.27.

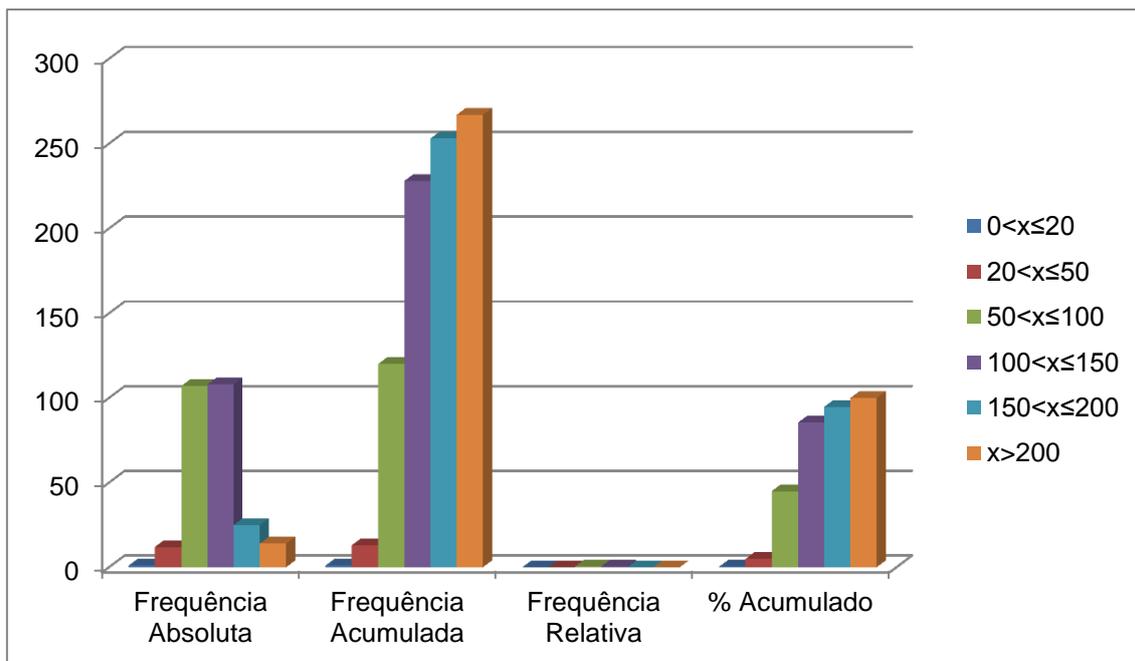


Figura 3.27: Frequências das classes de profundidade dos poços no Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado.

3.2.5.1.4 Diâmetro da Boca do Poço

De acordo com a Tabela 3.57 e Figura 3.30, no Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado, a maioria dos poços (198/271), ou seja, 75% apresentam diâmetro da Boca até 152 mm. A segunda classe mais frequente situa-se entre 152 e 300 mm com 63 poços (23%). Se considerarmos as classes acima de 300 mm, todas juntas totalizam apenas 10 poços (4%).

Tabela 3.57 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014) e dos novos cadastrados no Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado.

Classe Diâmetro da Boca (mm)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 152	198	198	0,73	73,06
152 < x ≤ 300	63	261	0,23	96,31
x > 300	10	271	0,04	100,00
Total	271			

A Figura 3.28 ilustra a distribuição de frequência do diâmetro da Boca dos poços no Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado.

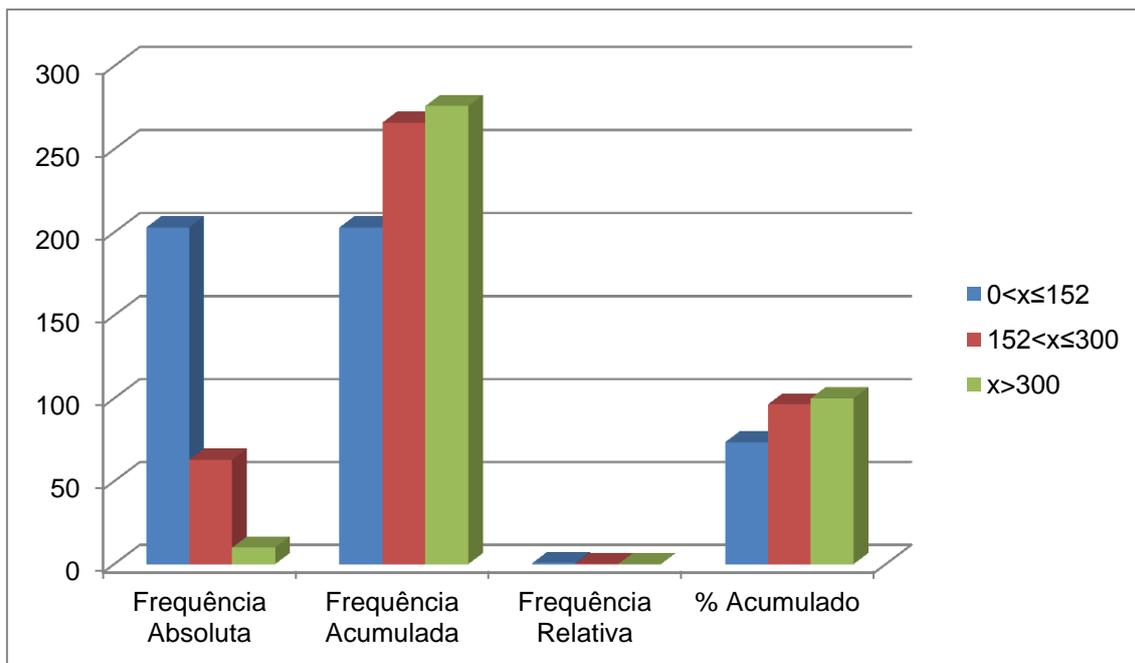


Figura 3.28: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Subdomínio IIb - Grupo Bambuí Deformado.

3.2.5.1.5 Nível Estático

De acordo com os dados da Tabela 3.58 e Figura 3.29, observa-se que aproximadamente 59% dos poços apresentam níveis estáticos até 20 m, o que significa que esses níveis são rasos, de modo geral. Na classe de 20 a 30 m encontram-se 16% dos poços, no intervalo de 30 a 50 m estão 14% do total e apenas 10% dos poços possuem nível estático superior a 50 m de profundidade. A rigor, todos esses níveis, notadamente os mais profundos, não são “estáticos”, já que a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração.

Tabela 3.58 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM e cadastrados no Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado.

Classe Nível Estático (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 10	64	64	0,29	28,70
10 < x ≤ 20	68	132	0,30	59,19
20 < x ≤ 30	37	169	0,17	75,78
30 < x ≤ 50	32	201	0,14	90,13
x > 50	22	223	0,10	100,00
Total	223			

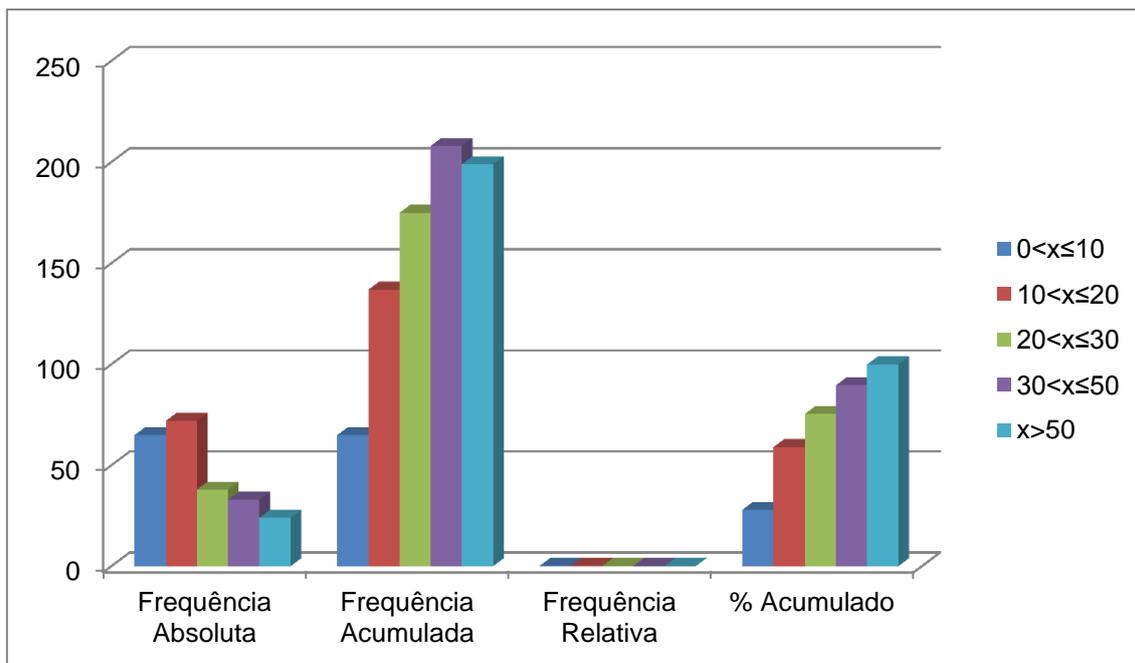


Figura 3.29: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Subdomínio IIb - Grupo Bambuí Deformado.

3.2.5.1.6 Nível Dinâmico

Para os níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado, tem-se que a classe menos frequente corresponde ao intervalo de mais de 0 a 20 m (8,66%). Secundariamente, 17% dos poços (39/231) estão no intervalo dos poços com profundidade maior do que 80 m, como pode ser observado na Tabela 3.59 e Figura 3.30. Nota-se, finalmente, que a grande maioria dos níveis dinâmicos (62/231), representando 27%, estão no intervalo entre 20 e 40 m.

Tabela 3.59 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM e cadastrados no Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado.

Classe Nível Dinâmico (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 20	17	17	0,08	7,66
20 < x ≤ 40	60	77	0,27	34,68
40 < x ≤ 60	50	127	0,23	57,21
60 < x ≤ 80	57	184	0,26	82,88
x > 80	38	165	0,17	100,00
Total	231			

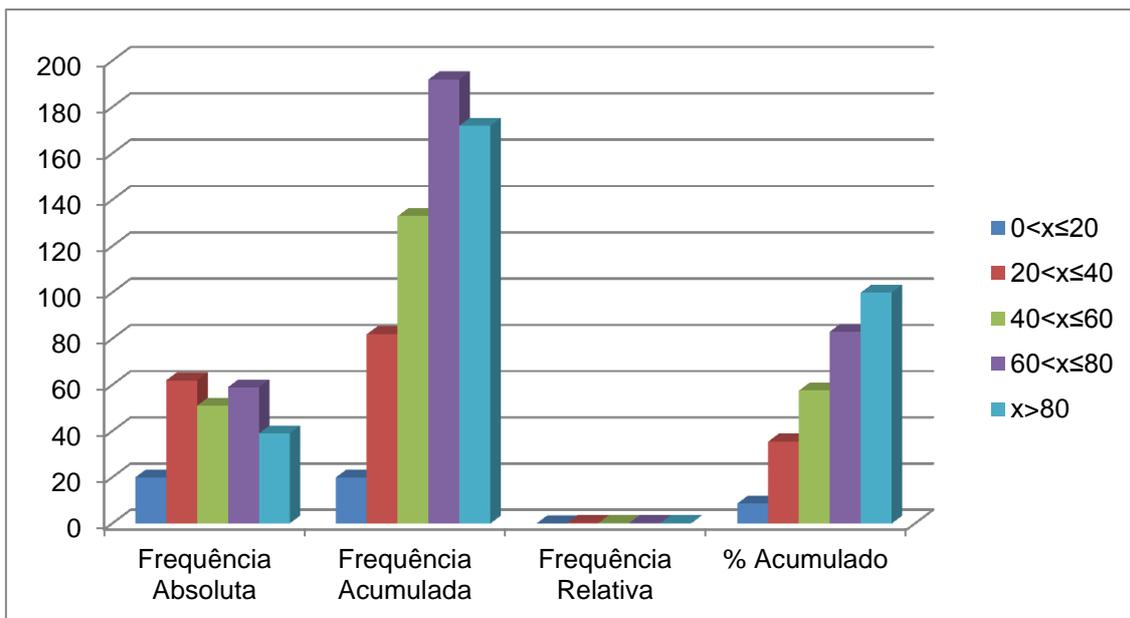


Figura 3.30: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IIb - Grupo Bambuí Deformado.

3.2.5.1.7 Vazão

No que se refere à vazão dos poços que exploram o aquífero Bambuí do carste São Francisco no Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado, verifica-se que do total de 204 poços catalogados e cadastrados (Tabela 3.60) existem 238 poços com vazão informada. Observa-se que a classe mais frequente é a entre 0 e 10 metros, com aproximadamente 63% e frequência absoluta de 149 poços. Já a de menos frequência é a entre 30 e 40 metros, com apenas 3% do total.

Tabela 3.60 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM (2014) e cadastrados no Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado.

Classe Vazão (m ³ /h)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	149	149	0,63	62,61
10<x≤20	34	183	0,14	76,89
20<x≤30	18	201	0,08	84,45
30<x≤40	6	207	0,03	86,97
40<x≤50	13	220	0,05	92,44
x>50	18	238	0,08	100,00
Total	238			

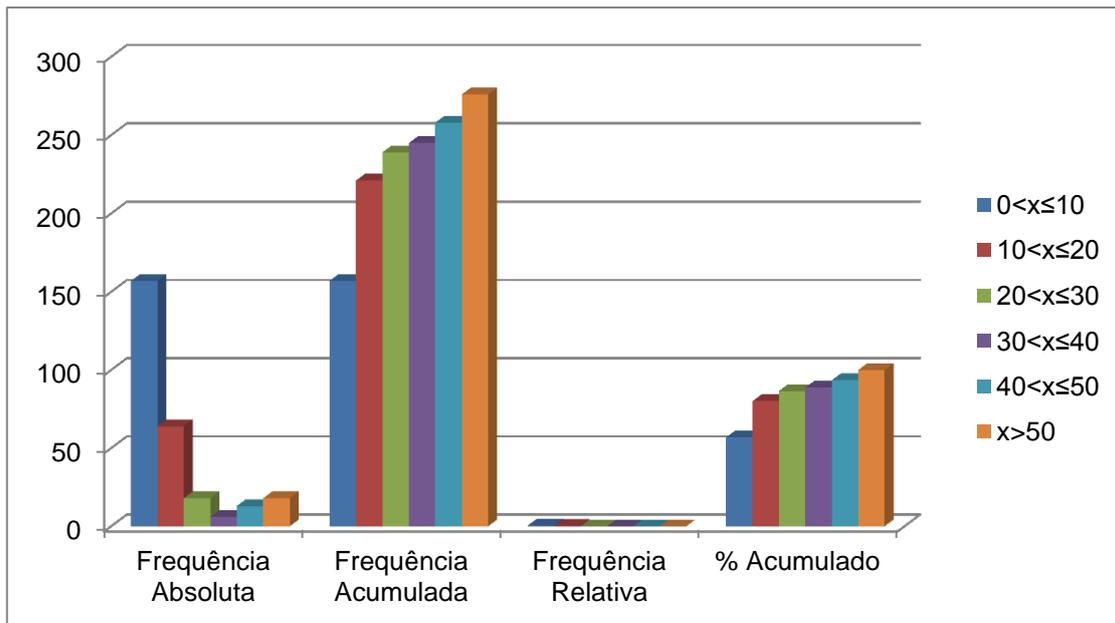


Figura 3.31: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Subdomínio IIb - Grupo Bambuí Deformado.

Não obstante, de acordo com as condições operacionais em que se encontram os poços (Tabela 3.60) verifica-se que existem 265 unidades (77,1%) em condições de funcionamento, ou seja, são poços que estão bombeando (70%), estão equipados (5,1%) ou parados/não instalado (2%), conforme ANEXO 1.13 Tabela de poços do Subdomínio IIb.

Tabela 3.61 – Situação operacional dos 204 poços catalogados e cadastrados no Subdomínio IIb.

Registros	Bombeando	Equipado	Seco	Parado/ Não Instalado	Sem informação	Em condições de funcionamento
343	240	18	27	7	51	265
100%	70%	5,1%	7,9%	2%	14,9%	77,1%

3.2.5.1.8 Conclusões

Com base nos dados apresentados anteriormente referentes ao Aquífero Bambuí do Carste do São Francisco no Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado é possível concluir que:

- A profundidade dos poços inventariados no Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado variou de 10 a 250 m, com uma média aproximada de 115 m (Tabela 3. 55), sendo que os poços nos intervalos entre 50 e 150 m constituem (Tabela 3.56) as classes mais frequentes (80%);
- 59% dos poços (Tabela 3.58) possuem níveis estáticos inferiores a 20 m de profundidade. Vale ressaltar que a rigor esses níveis não são “estáticos”, pois a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração;
- As vazões informadas dos poços (Tabela 3.60) em 63% dos casos são menores ou iguais a 10 m³/h e nos 47% restantes oscilam entre mais de 10 m³/h até 60 m³/h;

- Em termos de condições operacionais (Tabela 3.60) do total de 343 poços existem 27 poços secos e sem condições de utilização e ainda 51 poços sem informação sobre o tema. Dos poços em condições de utilização, 240 poços estão bombeando, 18 equipados e 7 poços parados/não instalados no Subdomínio IIb;
- No que se refere ao tipo de equipamento instalado nos poços (Tabela 3.62), verificou-se que nos 170 poços com informações sobre bombas, 3 usam bomba centrífuga, 3 bomba injetora, 135 bomba submersa, 22 compressor e 7 sarilho.

Tabela 3.62 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.

Equipamentos de bombeamento	Nº	Bomba centrífuga	Bomba injetora	Bomba submersa	Compressor	Sarilho
Registros	170	3	3	135	22	7
Percentual	100%	2%	2%	79%	13%	4

3.2.5.2 Regime de Funcionamento dos Poços

Na Tabela 3.63 são mostrados os valores dos parâmetros estatísticos do número de horas por dia em que são bombeados os poços da área estudada, segundo dados do cadastro de outorgas de água subterrânea IGAM (2014).

Existem apenas 155 poços com regime de funcionamento informado e o cálculo do regime médio de funcionamento para todos os 265 poços, em condições de utilização, é feito usando a média ponderada pela frequência do número de horas de bombeamento, nos intervalos de classe, conforme a expressão:

$$\overline{R_e} = \sum_{j=1}^{12} R_{ej} \times w_j$$

Ou seja, o regime médio estimado é dado pela somatória do regime médio ponderado pela frequência relativa ou fator de ponderação.

Tabela 3.63 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Subdomínio IIb, usando 155 poços com regime informado no cadastro de outorgas (IGAM, 2014).

Classe Regime Informado (h/dia)	Regime médio informado Rej (h/dia)	Frequência Absoluta Número de Poços nj	Frequencia Relativa ou Peso wj=nj/N	Regime médio ponderado (h/dia) Rej*wj
0<x≤2	1,33	26	0,17	0,22
2<x≤4	3,23	22	0,14	0,46
4<x≤6	5,08	17	0,11	0,56
6<x≤8	6,95	13	0,08	0,58
8<x≤10	9,40	11	0,07	0,67
10<x≤12	11,14	7	0,05	0,50
12<x≤14	13,92	6	0,04	0,54
14<x≤16	15,61	9	0,06	0,91
16<x≤18	17,55	5	0,03	0,57
18<x≤20	19,70	19	0,12	2,42
20<x≤22	20,98	15	0,10	2,03
22<x≤24	24,00	5	0,03	0,77
Soma		155	1	10,22

Legenda:

$N = \sum n_j$ = número total de poços com regime de funcionamento informado no cadastro de outorgas de água subterrânea do IGAM Montes Claros – MG.

Frequência Absoluta (n_j): número de poços com regime de funcionamento informado no cadastro de outorgas de água subterrânea do IGAM Montes Claros – MG.

Regime Médio Informado (R_{ej}) = Média de horas de funcionamento dos poços em cada intervalo de classe.

Regime médio ponderado em cada intervalo de classe: ($R_{ej} \times w_j$).

Frequência Relativa ou fator de ponderação : $w_j = n_j / N$.

Regime Médio Estimado: $\overline{R_e} = \sum_{j=1}^{12} R_{ej} \times w_j$ **10 horas e 13 minutos.**

Como visto na Tabela 3.63, o regime médio de funcionamento estimado para os poços no Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado em 2015 é de 10,22 horas por dia, o que equivale a 10h:13 min.

3.2.5.3 Produção Global dos Poços

Considerando o regime de funcionamento e a vazão média dos diferentes intervalos de classe de vazão apresentados na Tabela 3.64, obtém-se uma produção estimada de 40.772,27 m³/dia, ou 472 L/s.

Tabela 3.64 - Produção global estimada, explotada no Subdomínio IIb - Grupo Bambuí Deformado.

Classe Vazão (m ³ /h)	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Vazão Média (m ³ /h)	Efetivo de Poços	Vazão Estimada (m ³ /dia)	Vazão Estimada (m ³ /s)	
						265 poços	198 poços
0<x≤5	93	0,47	2,52	124	3.211,95	0,04	0,03
5<x≤10	40	0,20	7,23	54	3.957,62	0,05	0,03
10<x≤20	28	0,14	14,01	37	5.368,98	0,06	0,05
20<x≤30	6	0,03	24,11	8	1.979,08	0,02	0,02
30<x≤40	5	0,03	37,00	7	2.531,59	0,03	0,02
40<x≤50	9	0,05	45,61	12	5.616,50	0,06	0,05
x>50	17	0,09	77,84	23	17.106,18	0,21	0,16
Total	198			265	40.772,27	0,472	0,353

Legenda:

N = número total de poços com vazão informada no SIG

Frequência Absoluta (FA) = número de poços com vazão informada no SIG em cada intervalo de classe.

Frequência Relativa (FR) = FA/N.

Vazão Média (QM) = média dos valores de vazão informada em cada intervalo de classe.

Efetivo de poços = N° P.P. x FR = número de poços produtores (bombeando/equipado) encontrados dentro dos limites do subdomínio.

Vazão Estimada (QE) m³/dia = QM x RME x Efetivo de poços em cada intervalo de classe.

Vazão Estimada (QE) m³/s = QE (m³/dia) x Quantidade de segundos em um dia (84.600).

Segundo os dados informados, a produção de água para um efetivo de 265 poços em operação no ano de 2015 foi estimada em 0,472 m³/s conforme Tabela 3.26.

A Tabela 3.65 apresenta a distribuição da produção global dos poços em condições de funcionamento (Tabela 3.59) de acordo com a situação operacional informada (ANEXO 1.13). Como visto na Tabela 3.49, a produção global de água estimada para os 265 poços atinge 0,472 m³/s. Só com os 198 poços em operação, a exploração extraía 75% desse total, ou seja, 0,353 m³/s.

Tabela 3.65 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado.

Poços	Em condições de funcionamento	Bombeando	Equipado	Parado
Número	265	240	18	7
Percentual	100%	90,6%	6,8%	2,6%
Vazão (m³/s)	0,472	0,428	0,032	0,012

A distribuição espacial dos poços produtores no Subdomínio IIb Grupo Bambuí Deformado é mostrada Figura 3.32, a qual foi gerada a partir da tabela contida no ANEXO 1.13.

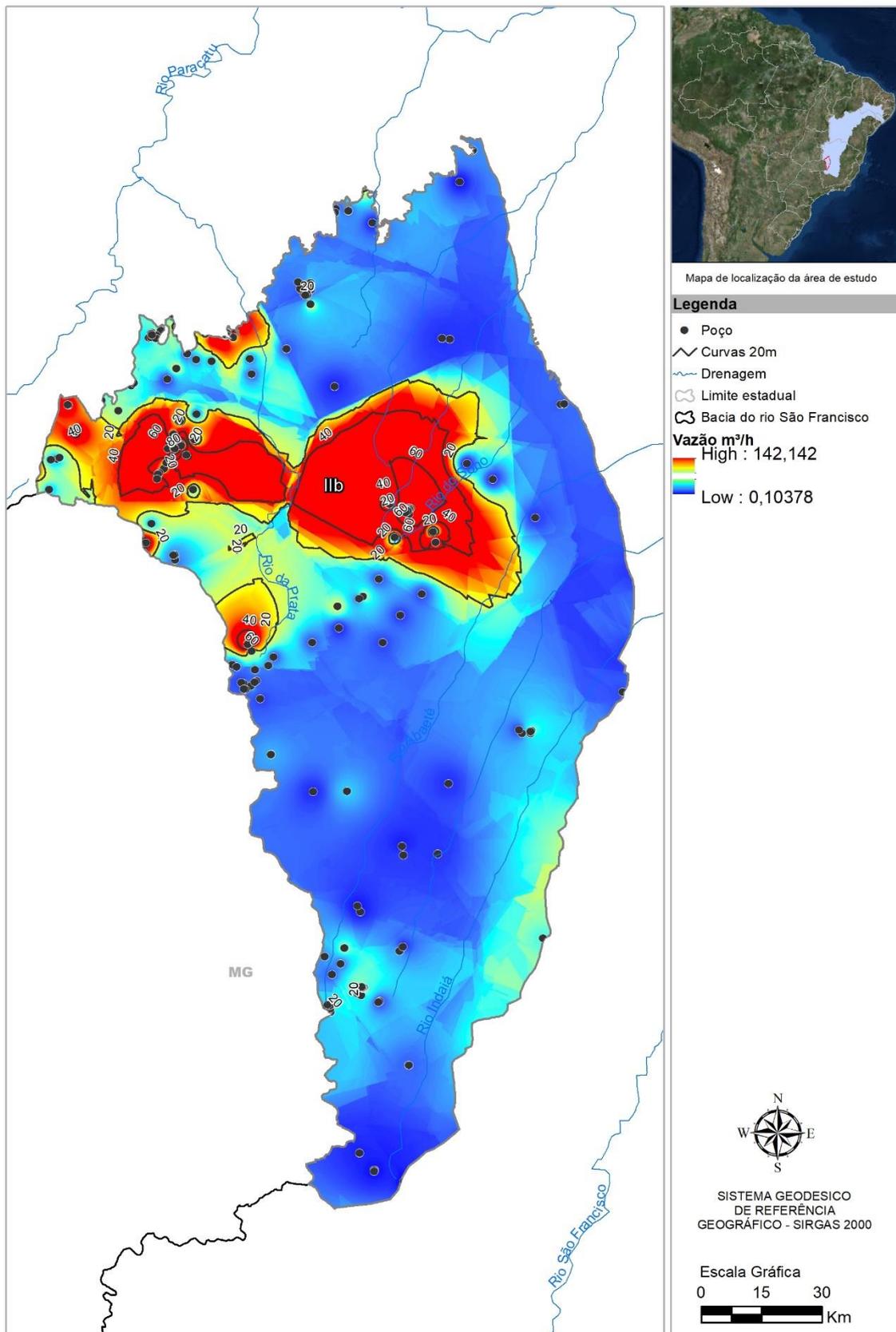


Figura 3.32: Distribuição espacial da produção de 265 poços bombeando em regime de 10,22 horas/dia com vazões informadas e outorgadas no Subdomínio IIb - Grupo Bambuí Deformado.

3.2.5.4 Recarga no Subdomínio IIb – Grupo Bambuí Deformado Oeste

Para as análises hidrogeológicas destinadas ao cômputo das recargas médias que ocorrem em parte do referido domínio II, selecionou-se o subdomínio IIb, cuja superfície abrange aproximadamente 17.000km².

Em sua totalidade, o domínio II foi definido como o compartimento oeste de Allkmin e Martins-Neto (2001) e corresponde à zona externa das faixas de dobramento Brasília e Rio Preto, dentro da bacia do São Francisco, no contexto do Grupo Bambuí deformado.

Caracteriza-se pela presença de dobras e falhas de empurrão rotacionadas por sistemas transpressivos destrais na porção norte e sinistrais na porção sul, com vários conjuntos de juntas. As estruturas alinham-se ao longo do eixo NS, com vergência de oeste para leste, e existe uma rotação das estruturas que, localmente, eliminam a vergência. Existe uma diminuição progressiva da deformação em direção ao interior do cráton (ALLKMIN e MARTINS-NETO, 2001).

Em seu subdomínio IIb, as áreas de afloramento de rochas intermediárias ou de topo do Grupo Bambuí encontram-se sobrepostas por espessas coberturas cretáceas, especialmente os arenitos do Grupo Areado e as rochas vulcânicas do Grupo Mata da Corda. As rochas apresentam-se deformadas e lineamentos marcados no relevo denotam um *trend* estrutural aproximadamente NS. Falhas de empurrão de direção NE-SW e NW-SE ocorrem ao longo da área.

Observando-se a distribuição das distintas litologias que ocorrem no interior do subdomínio IIb, depara-se com a conformação predominante na porção centro-sul, dos materiais vinculados às sequências metapelíticas da Formação Serra da Saudade e do Subgrupo Paraopeba, com algumas porções cobertas por sedimentos cretáceos referentes ao Grupo Mata da Corda no extremo oeste. Já na porção centro-norte deste subdomínio, há a presença predominante dos materiais cretáceos vinculados majoritariamente ao Grupo Areado, mas também seguidos no setor oeste pelos litotipos Mata da Corda. Os extremos leste e norte estão compreendidos pelas rochas da Formação Três Marias.

Do ponto de vista hidrogeológico, a análise e interpretação dos dados de interesse ao cômputo da recarga geral do subdomínio IIb foi pautada pela integração das respostas hidrológicas obtidas em centenas de hidrogramas, cujos procedimentos implicaram, básica e inicialmente, na estruturação de uma rotina que pudesse configurar as curvas de recessão de cada ano hidrológico validado pelas análises de consistência dos registros de descargas e a separação dos escoamentos de base e superficial, a fim de quantificar as parcelas relativas apenas às contribuições subterrâneas.

A partir da metodologia descrita na metodologia foi possível identificar em um hidrograma a parcela da vazão que se origina do escoamento superficial bem como aquela porção que advém do escoamento subterrâneo.

Desse modo, nesta porção da bacia hidrográfica do rio São Francisco, estão inseridas oito estações fluviométricas, cujas leituras de descarga puderam, em sua grande maioria, atender à premissa relativa ao volume de dados com período de medições não inferior a 30 anos, considerando-se a tomada de dados consistidos em cada um dessas estações.

A Tabela 3.66 apresentada a seguir, identifica quais são as estações utilizadas para os cálculos de recarga, sendo mostradas ainda, outras informações como dimensão da bacia, código e nome da estação, e o período a que se referem os registros de medições de descarga em cada uma delas.

Tabela 3.66 – Informações básicas sobre a estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do subdomínio IIb

Código da estação*	Latitude	Longitude	Denominação	Curso d'água	Área (km ²)	Período de monitoramento	Período adotado para cálculo
40060001	-19,8881	-46,0181	TAPIRAÍ - JUSANTE	Rio Perdição	591,7	1975 - 2013	1975 - 2007
40975000	-18,4672	-45,6458	FAZENDA SÃO FÉLIX	Rio Borrachudo	944,68	1968 - 2014	1968 - 2007
41050000	-18,7064	-46,0397	MAJOR PORTO	Ribeirão Areado	1192,58	1968 - 2014	1968 - 2007
41075001	-18,4031	-45,7344	PORTO DO PASSARINHO	Ribeirão dos Tiros	4135,66	1976 - 2014	1976 - 2007
42365000	-17,6619	-46,355	PONTE DA BR-040 - PRATA	Rio da Prata	3505,94	1976 - 2014	1976 - 2007
42840000	-18,1392	-45,7589	VEREDAS	Rio Santo Antônio	219,36	1973 - 2014	1973 - 2007
42850000	-17,3506	-45,5325	CACHOEIRA DAS ALMAS	Rio do Sono	4204,35	1973 - 2014	1973 - 2007
40963000	-18:40:36	-45:33:50	PORTO INDAIÁ	Rio Indaiá	2202,36	1977 - 2001	1977 - 2001

Como se observa na Figura 3.35 apresentada a seguir, a configuração hidrográfica das oito bacias de interesse, revelam que algumas áreas contidas no interior do subdomínio IIb não puderam ser qualificadas por nenhuma das oito bacias citadas, sendo tais superfícies, então, analisadas conforme o reconhecimento das propriedades hidrogeológicas das litologias que estão amplamente distribuídas no interior das bacias hidrográficas selecionadas, as quais compreendem cerca de 73,5% do subdomínio IIb. Essas áreas estão relacionadas às estações fluviométricas que abrangem uma vasta superfície exterior ao subdomínio IIb e, por analogia dos quantitativos encontrados, podem ser correlacionadas às demais, em termos de suas propriedades hidrogeológicas preponderantes. Para três estações em especial – Cachoeira das Almas, Ponte BR-040 Prata e Tapiraí Jusante -, observa-se que sua localização no eixo das respectivas calhas de drenagem, extrapola os limites do subdomínio IIb, tendo sido computados os volumes interiores de cada uma das bacias em relação às áreas pertencentes ao subdomínio IIb.

Ainda do ponto de vista geológico, o conteúdo litológico das 8 bacias analisadas, mostrou-se distribuído preferencialmente, pelas seguintes tipologias: Grupo Areado (32,9%), Subgrupo Paraopeba (22,7%), Grupo Mata da Corda (13,9%), Formação Três Marias (13,5%) e Formação Serra da Saudade (11,7%), totalizando cerca de 95% do referido subdomínio. Os 5% restantes ficaram cobertos pelas rochas pertencentes às coberturas detrítico-lateríticas, aos Grupos Canastra e Santa Fé, aos depósitos aluvionares e à Formação Serra de Santa Helena.

A Tabela 3.67 apresentada adiante indica os percentuais de distribuição de cada uma das tipologias litológicas existentes, considerando-se, no entanto, que algumas estações, como visível no mapa da Figura 3.33, apresentam áreas em porções externas ao subdomínio IIb. São estas, as bacias hidrográficas referentes às estações Cachoeira das Almas, Ponte BR-040-Prata e Tapiraí-Jusante, cujos cálculos relativos aos distintos percentuais de ocupação no Subdomínio IIb, referem-se, respectivamente, a 60,8%, 93,8% e 32,3%.

A seguir, no item relativo aos resultados de cada uma dessas estações/ bacias, estão indicados cada um dos valores encontrados para os distintos tipos litológicos.

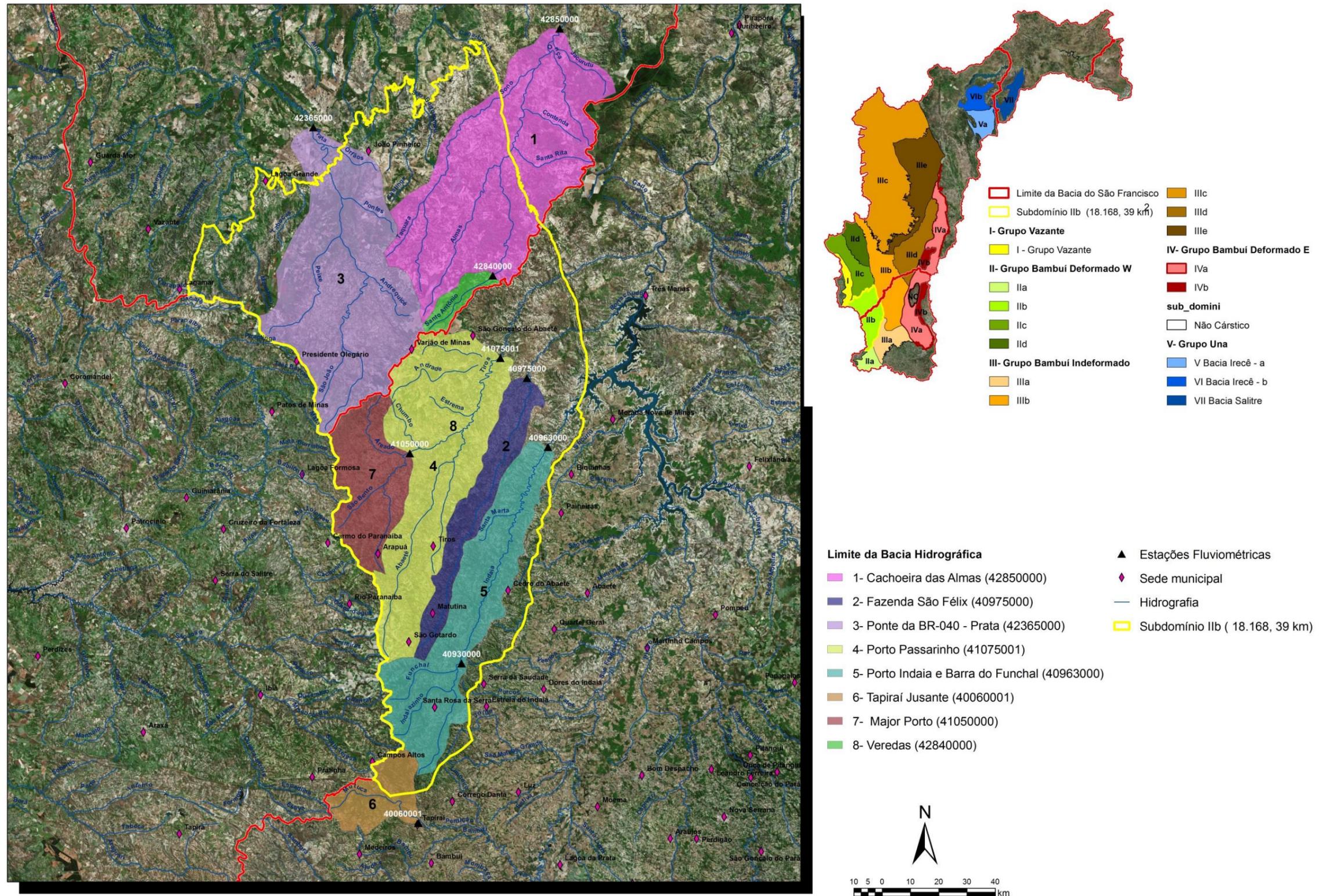


Figura 3.33: Mapa de localização das 8 bacias hidrográficas consideradas nos cálculos de recarga do Subdomínio IIb.

Tabela 3.67 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Subdomínio IIb

GEOLOGIA DO SUBDOMÍNIO IIb			
Unidade Geológica	Área (km ²)	%	Tipologia Litológica
Grupo Areado	5.973,43	32,88	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito
Formação Canastra Indiviso	13,55	0,07	Filito, Xisto, Sericita xisto, Grafita xisto, Metarenito
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	600,22	3,30	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Cascalho
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	102,77	0,57	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila
Depósitos aluvionares	25,66	0,14	Depósitos de areia, Depósitos de cascalho
Grupo Mata da Corda	2.523,23	13,89	Arenito, Tufo lapili
Subgrupo Paraopeba	3.788,52	20,85	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Marga
Subgrupo Paraopeba, calcário	337,07	1,86	Calcário
Grupo Santa Fé	0,24	0,00	Arenito, Rocha pelítica, Diamictito
Formação Serra da Saudade	2.130,49	11,73	Siltito, Argilito, Arenito
Formação Serra de Santa Helena	174,55	0,96	Siltito, Folhelho
Formação Três Marias	2.460,33	13,54	Arcóseo, Argilito, Siltito
Hidrografia	38,31	0,21	
Total	17.168,37	100,0	

O mapa da Figura 3.34 mostra a distribuição dos tipos de rocha existentes no interior do Subdomínio IIb, bem como sua inserção na bacia do rio São Francisco.

3.2.5.4.1 Resultados

De posse da análise dos hidrogramas de cada um das oito estações fluviométricas, pôde-se levantar os quantitativos referentes às descargas subterrâneas para cada tipologia litológica, bem como os valores médios de recarga anual e seus respectivos percentuais, quando considerada a média pluviométrica obtida pelas isoietas distribuídas em 15 estações no e em torno do subdomínio IIb. Esses valores ainda poderão sofrer ajustes quando da identificação e análise de subdomínios vizinhos, quando avaliadas as outras estações existentes.

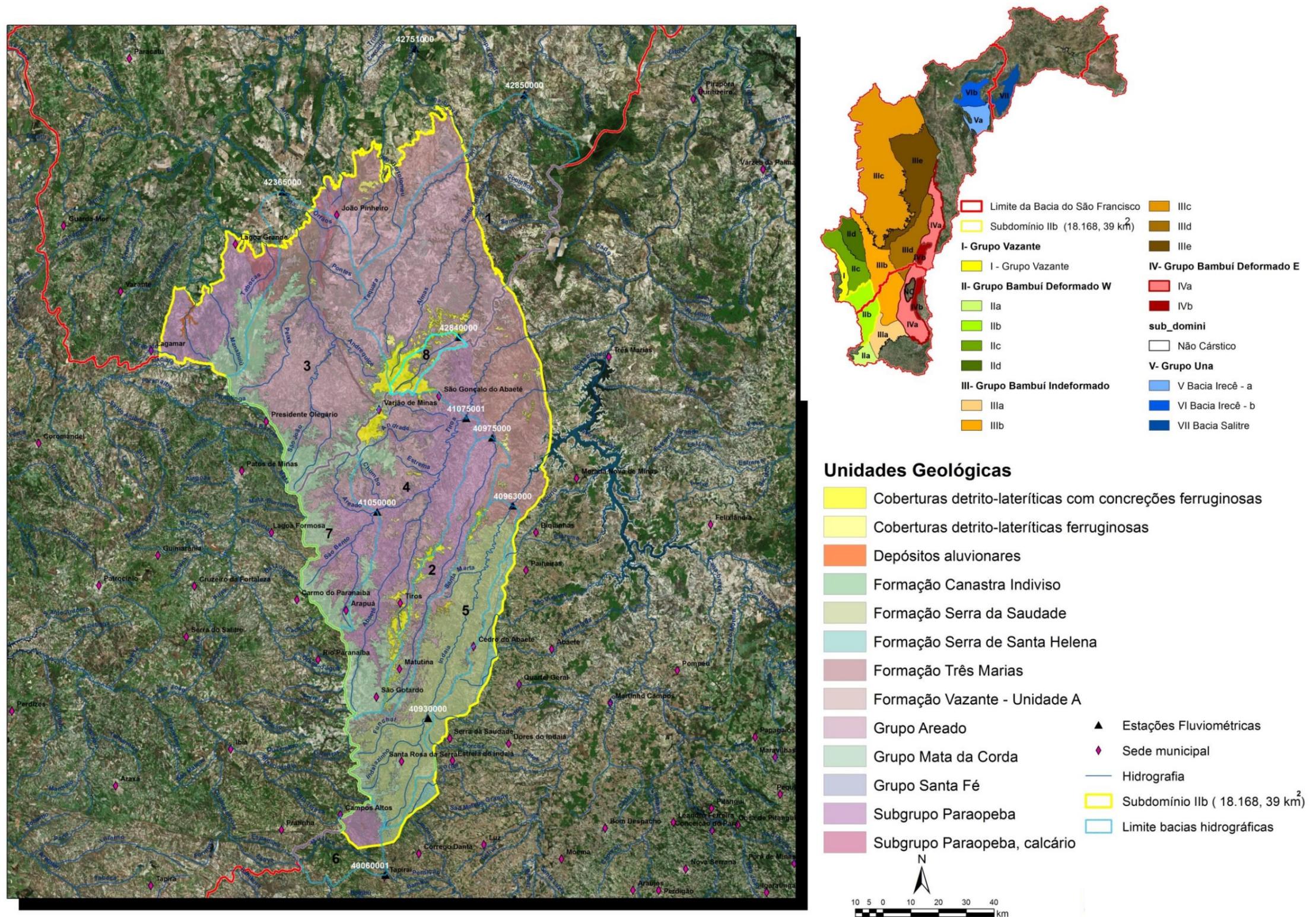


Figura 3.34: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IIb.

Os hidrogramas de cada estação de interesse, os quais serviram para caracterizar os volumes médios que representam as descargas oriundas dos aquíferos estão apresentados no ANEXO 1.23. Nestes hidrogramas podem ser visualizados os traçados que representam os filtros adotados nos procedimentos metodológicos (Eckardt 1990), e que serviram para identificar os volumes médios de referência (Filtros A e B) adotados como o valor de base assumido para o escoamento subterrâneo (recarga), considerando-se todo o período de medição de descargas de cada estação (> 30 anos). Já os hidrogramas médios obtidos pelas médias de descargas anuais estão apresentados no ANEXO 1.33, onde se observa ainda, nos casos onde foi possível se associar para o domínio de abrangência da bacia a distribuição média diária das precipitações, os indicativos médios precipitados, conjuntamente, no mesmo gráfico.

Considerando-se que cada tipologia litológica apresenta uma determinada característica hidrogeológica, ou seja, suas propriedades físicas intrínsecas permitem que sua capacidade de armazenamento de água seja variável (entre distintos tipos de rocha), o conjunto de rochas presentes numa dada bacia hidrográfica vai definir o potencial médio de água capaz de ser liberada no tempo, e no espaço físico da bacia hidrográfica, o que, por sua vez, definirá o volume de descarga específica média numa dada seção fluviométrica e, também, se for o caso, por tipologia litológica. Por isso, a análise ano a ano de cada hidrograma, segundo os métodos de aplicação de filtros para separação dos escoamentos superficial e subterrâneo, revelam-se como ferramentas importantes para o reconhecimento dessas descargas específicas médias, numa dada seção de interesse.

Já a porosidade efetiva para fluxos, ou porosidade efetiva equivalente, reflete o percentual de água que é capaz de ser transmitida numa dada unidade aquífera. Diversos autores consagrados na literatura apresentam intervalos aceitáveis para estes percentuais (FREEZE & CHERRY, 1979; FETTER 1994; DOMENICO & SCHWARTZ, 1998).

Os resultados finais para os volumes médios de recarga obtidos em cada estação são apresentados nas Tabela 3.68 a Tabela 3.75 a seguir.

Tabela 3.68 – Valores de recarga para a estação Cachoeira das Almas

	Cachoeira das Almas	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Descarga Subterrânea Específica l/s.km ²	Recarga Média Anual* (PP T=1400mm)	Percentual de Recarga*
			(km ²)	%			
Área total da bacia	Grupo Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	2981,52	70,92	3,64	114,74	8,2%
	Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Cascalho	319,79	7,61	9,10	286,86	20,5%
	Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila	106,16	2,52	8,19	258,17	18,4%
	Grupo Mata da Corda	Arenito, Tufo lapili	58,71	1,40	1,36	43,03	3,1%
	Subgrupo Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argillito, Marga	96,56	2,30	6,37	200,80	14,3%
	Subgrupo Paraopeba, calcário	Calcário	59,86	1,42	13,64	430,29	30,7%
	Grupo Santa Fé	Arenito, Rocha pelítica, Diamictito	124,85	2,97	4,55	143,43	10,2%
	Formação Três Marias	Arcóseo, Argillito, Siltito	456,91	10,87	2,73	86,06	6,1%
	Totais		4204,35	100	6,20		
Bacia exterior a Ilb	Grupo Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	958,15	58,2%	3,64	36,87	2,6%
	Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	81,72	5,0%	9,10	73,30	5,2%
	Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila	93,51	5,7%	8,19	227,41	16,2%
	Grupo Mata da Corda	Arenito, Tufo lapili	18,59	1,1%	1,36	13,63	1,0%
	Subgrupo Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argillito, Ritmito, Marga	89,25	5,4%	6,37	185,60	13,3%
	Subgrupo Paraopeba, calcário	Calcário	41,43	2,5%	13,64	297,77	21,3%
	Grupo Santa Fé	Arenito, Rocha pelítica, Diamictito	124,60	7,6%	4,55	143,15	10,2%
	Formação Três Marias	Arcóseo, Argillito, Siltito	239,60	14,5%	2,73	45,13	3,2%
	Total		1646,85	100	6,20		
Bacia interior a Ilb	Grupo Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	2023,37	79,1%	3,64	77,87	5,6%
	Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	238,07	9,3%	9,10	213,55	15,3%
	Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila	12,65	0,5%	8,19	30,77	2,2%
	Grupo Mata da Corda	Arenito, Tufo lapili	40,11	1,6%	1,36	29,40	2,1%
	Subgrupo Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argillito, Ritmito, Marga	7,31	0,3%	6,37	15,20	1,1%
	Subgrupo Paraopeba, calcário	Calcário	18,44	0,7%	13,64	132,52	9,5%
	Grupo Santa Fé	Arenito, Rocha pelítica, Diamictito	0,24	0,0%	4,55	0,28	0,0%
	Formação Três Marias	Arcóseo, Argillito, Siltito	217,31	8,5%	2,73	40,93	2,9%
	Total		2557,50	100	6,20		

*obs.: precipitação média considerada para a bacia

Tabela 3.69 – Valores de recarga para a estação São Felix

Estação São Felix	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Descarga Subterrânea Específica l/s.km ²	Recarga Média Anual* (PPT=1500 mm)	Percentual de Recarga*
		(km ²)	%			
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Cascalho	72,90	7,72	12,25	386,34	25,8%
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila	4,10	0,43	8,82	278,17	18,5%
Grupo Mata da Corda	Arenito, Tufo lapíli	137,17	14,52	1,47	46,36	3,1%
Subgrupo Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Marga	466,11	49,34	6,86	216,35	14,4%
Subgrupo Paraopeba, calcário	Calcário	4,32	0,46	17,15	540,88	36,1%
Formação Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	260,08	27,53	2,94	92,72	6,2%
Totais		944,68	100	5,47		

*obs.: precipitação média considerada para a bacia

Tabela 3.70 – Valores de recarga para a estação Major Porto

Estação Major Porto	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Descarga Subterrânea Específica l/s.km ²	Recarga Média Anual* (PPT=1500mm)	Percentual de Recarga*
		(km ²)	%			
Grupo Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	261,823	22,015383	7,60	239,77	16,0%
Grupo Mata da Corda	Arenito, Tufo lapíli	488,0719	41,039517	3,38	106,56	7,1%
Subgrupo Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Marga	439,3781	36,9451	11,83	372,97	24,9%
Totais		1189,273	100	7,43		

*obs.: precipitação média considerada para a bacia

Tabela 3.71 – Valores de recarga para a estação Ponte BR-040 Prata

Área total da bacia	Estação Ponte BR-040 Prata	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Descarga Subterrânea Específica l/s.km ²	Recarga Média Anual* (PPT=1400mm)	Percentual de Recarga
			(km ²)	%			
Área total da bacia	Grupo Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	1874,87	53,477	4,59	144,66	10,3%
	Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Cascalho	48,97	1,3967	16,38	516,63	36,9%
	Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila	34,98	0,9976	13,11	413,31	29,5%
	Depósitos aluvionares	Depósitos de areia, Depósitos de cascalho	193,53	5,5201	18,35	578,63	41,3%
	Grupo Mata da Corda	Arenito, Tufo lapili	748,37	21,346	2,62	82,66	5,9%
	Subgrupo Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Marga	190,69	5,4391	9,17	289,32	20,7%
	Subgrupo Paraopeba, calcário	Calcário	90,60	2,5841	16,38	516,63	36,9%
	Formação Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	323,94	9,2397	3,28	103,33	7,4%
	Totais		3505,9501	100	5,61		
Bacia exterior a Ilb	Grupo Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	0,00	0,00	4,59	0	0,0%
	Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Cascalho	0,00	0,00	16,38	0	0,0%
	Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila	24,20	0,11	13,11	285,98	20,4%
	Depósitos aluvionares	Depósitos de areia, Depósitos de cascalho	193,49	0,89	18,35	578,51	41,3%
	Grupo Mata da Corda	Arenito, Tufo lapili	0,00	0,00	2,62	0	0,0%
	Subgrupo Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Marga	0,00	0,00	9,17	0	0,0%
	Subgrupo Paraopeba, calcário	Calcário	0,00	0,00	16,38	0	0,0%
	Formação Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	0,74	0,00	3,28	0,24	0,0%
	Totais		218,43	100	5,61		
Bacia interior a Ilb	Grupo Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	1874,87	8,58	4,59	144,66	10,3%
	Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Cascalho	48,97	0,22	16,38	516,63	36,9%
	Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila	10,78	0,05	13,11	127,33	9,1%
	Depósitos aluvionares	Depósitos de areia, Depósitos de cascalho	0,04	0,00	18,35	0,12	0,0%
	Grupo Mata da Corda	Arenito, Tufo lapili	748,37	3,43	2,62	82,66	5,9%
	Subgrupo Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Marga	190,69	0,87	9,17	289,32	20,7%
	Subgrupo Paraopeba, calcário	Calcário	90,60	0,41	16,38	516,63	36,9%
	Formação Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	323,20	1,48	3,28	103,09	7,4%
	Totais		3287,52		5,61		

*obs.: precipitação média considerada para a bacia

Tabela 3.72 – Valores de recarga para a estação Porto do Passarinho

Estação Porto do Passarinho	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Descarga Subterrânea Específica l/s.km ²	Recarga Média Anual* (PPT=1550mm)	Percentual de Recarga*
		(km ²)	%			
Grupo Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	1048,9	25,392	5,02	115,09	7,4%
Formação Canastra Indiviso	Filito, Xisto, Sericita xisto, Grafita xisto, Metarenito	10,3	0,2492	2,15	86,32	5,6%
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	182,9	4,4267	20,07	489,14	31,6%
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila	5,0	0,12	14,33	431,59	27,8%
Grupo Mata da Corda	Arenito, Tufo lapíli	1080,3	26,152	2,15	86,32	5,6%
Subgrupo Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Marga	1796,7	43,495	10,03	345,27	22,3%
Subgrupo Paraopeba, calcário	Calcário	6,8	0,1649	17,92	489,14	31,6%
Totais		4130,7	100	7,14		

*obs.: precipitação média considerada para a bacia

Tabela 3.73 – Valores de recarga para a estação Veredas

Estação Veredas	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Descarga Subterrânea Específica l/s.km ²	Recarga Média Anual* (PPT=1500mm)	Percentual de Recarga*
		(km ²)	%			
Grupo Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	98,759	45,02	5,46	172,29	10,7%
Coberturas detrítico-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de ca	102,35	46,66	10,93	344,57	23,7%
Grupo Mata da Corda	Arenito, Tufo lapíli	17,601	8,024	1,64	51,69	3,6%
Subgrupo Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Marga	0,0395	0,018	9,83	310,11	21,4%
Formação Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	0,6115	0,279	3,28	103,37	2,4%
Totais		219,36	100	7,70		

*obs.: precipitação média considerada para a bacia

Tabela 3.74 – Valores de recarga para a estação Tapiraí Jusante

Área total da bacia	Estação Tapiraí - Jusante	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Descarga Subterrânea Específica l/s.km ²	Recarga Média Anual* (PPT=1600mm)	Percentual de Recarga*
			(km ²)	%			
Área total da bacia	Formação Canastra Indiviso	Filito, Xisto, Sericita xisto, Grafita xisto, Metarenito	337,4289	57,12	12,60	397,42	24,84%
	Coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila	2,920037	0,49	17,85	563,01	35,19%
	Grupo Mata da Corda	Arenito, Tufo lapili	22,8093	3,86	5,25	165,59	10,35%
	Subgrupo Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Marga	224,96964	38,08	13,65	430,54	26,91%
	Subgrupo Paraopeba, calcário	Calcário	1,30993	0,22	18,90	596,13	37,26%
	Formação Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito	1,26997	0,21	4,20	132,47	8,28%
	Totais			590,70778	100	12,74	
Bacia exterior a Ilb	Formação Canastra Indiviso	Filito, Xisto, Sericita xisto, Grafita xisto, Metarenito	334,18	83,59%	12,60	393,59	24,60%
	Coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila	2,92	0,73%	17,85	563,01	35,19%
	Grupo Mata da Corda	Arenito, Tufo lapili	0	0,00%	5,25	0,00	0,00%
	Subgrupo Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Marga	62,69	15,68%	13,65	119,98	7,50%
	Subgrupo Paraopeba, calcário	Calcário	0,00	0,00%	18,90	0,00	0,00%
	Formação Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito	0,00	0,00%	4,20	0,00	0,00%
	Totais			399,79	100	12,74	
Bacia interior a Ilb	Formação Canastra Indiviso	Filito, Xisto, Sericita xisto, Grafita xisto, Metarenito	3,25	1,70%	12,60	3,83	0,24%
	Coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila	0,00	0,00%	17,85	0,00	0,00%
	Grupo Mata da Corda	Arenito, Tufo lapili	22,81	11,95%	5,25	165,59	10,35%
	Subgrupo Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Marga	162,28	85,00%	13,65	310,55	19,41%
	Subgrupo Paraopeba, calcário	Calcário	1,31	0,69%	18,90	596,13	37,26%
	Formação Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito	1,27	0,67%	4,20	132,47	8,28%
	Totais			190,92	100	12,74	

*obs.: precipitação média considerada para a bacia

Tabela 3.75 – Valores de recarga para a estação Porto do Indaiá

Estação Porto do Indaiá	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Descarga Subterrânea Específica l/s.km ²	Recarga Média Anual* (PPT=1550mm)	Percentual de Recarga*
		(km ²)	%			
Grupo Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	179,92	8,17	7,22	227,62	14,7%
Coberturas detrítico-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	27,01	1,23	13,63	429,94	27,7%
Coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila	1,30	0,06	10,43	328,78	21,2%
Grupo Mata da Corda	Arenito, Tufo lapíli	229,39	10,42	2,41	75,87	4,9%
Subgrupo Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Marga	10,96	0,50	12,03	379,36	24,5%
Formação Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito	1674,54	76,03	8,02	252,91	16,3%
Formação Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho	0,17	0,01	1,60	50,58	3,3%
Formação Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	79,08	3,59	0,80	25,29	1,6%
Totais		2202,36	100,00	7,20		

*obs.: precipitação média considerada para a bacia

3.2.5.4.2 Considerações finais

Diante dos valores encontrados para as recargas dos aquíferos contidos no subdomínio IIb, verifica-se a partir da Tabela 3.76, apresentada a seguir, que os valores médios por tipologia litológica é de 8,56 L/s.km², variando entre 1,6 L/s.km² e 18,35 L/s.km².

No entanto, em termos médios anuais, a média geral para o subdomínio IIb corresponde a cerca de 3,62x10⁹ m³/ano.

Tabela 3.76 – Resultados de recarga encontrados para o Subdomínio IIb

VALORES DE RECARGA PARA O SUBDOMÍNIO IIb				Volume médio de recarga (L/s)	Descarga Subterrânea Específica Média (L/s.km ²)			Porosidade Efetiva Nef (%)		
Unidade Geológica	Área (km ²)	%	Tipologia Litológica		Med	Max	Min	Med	Max	Min
Grupo Areado	5.973,43	32,88	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	123.095	5,72	7,6	4,46	0,038	0,045	0,02
Formação Canastra Indiviso	13,55	0,07	Filito, Xisto, Sericita xisto, Grafita xisto, Metarenito	360	7,38	12,6	2,15	0,038	0,015	0,06
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	600,22	3,30	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Cascalho	30.396	15,77	10,93	20,07	0,103	0,125	0,085
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	102,77	0,57	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila	4.667	12,61	17,85	8,82	0,084	0,1	0,065
Depósitos aluvionares	25,66	0,14	Depósitos de areia, Depósitos de cascalho	1.695	18,35			0,14		
Grupo Mata da Corda	2.523,23	13,89	Arenito, Tufo lapili	23.376	2,57	5,25	1,47	0,018	0,025	0,015
Subgrupo Paraopeba	3.788,52	20,85	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Marga	138.451	10,15	13,65	6,86	0,071	0,09	0,06
Subgrupo Paraopeba, calcário	337,07	1,86	Calcário	19.218	16,15	18,9	9,83	0,125	0,175	0,085
Grupo Santa Fé	0,24	0,00	Arenito, Rocha pelítica, Diamictito	5	5,57			0,05		
Formação Serra da Saudade	2.130,49	11,73	Siltito, Argilito, Arenito	46.864	6,11	8,02	4,2	0,035	0,05	0,02
Formação Serra de Santa Helena	174,55	0,96	Siltito, Folhelho	1.008	1,6			0,01		
Formação Três Marias	2.460,33	13,54	Arcóseo, Argilito, Siltito	24.163	2,73	3,34	0,8	0,02	0,03	0,005
Hidrografia	38,31	0,21								
Total	18.168,37	100,00								

Em relação aos parâmetros responsáveis pela calibração dos valores de recarga ponderados, acima apresentados na Tabela 3.38, é importante notar algumas variações entre os coeficientes de porosidade efetiva, conforme faixas de variação obtidas em Freeze & Cherry (1979); Fetter (1994); Domenico & Schwartz (1998), para fluxos considerados nos referidos cálculos. Em um dado domínio geológico, tais variações podem ter sido causadas, em princípio, em decorrência de dois fatores principais, quais sejam:

- materiais que foram submetidos a processos de tectonismo sob distintas intensidades de deformação: neste caso, o posicionamento litoestratigráfico de determinada formação, unidade ou grupo, junto às zonas geotectônicas de bordas de bacia cratônica e em contatos tectônicos com outros sistemas deposicionais, junto à bacia carbonática do Grupo Bambuí, implicando na presença de esforços estruturais e maior densidade de fraturamentos;

- a predominância de distintos materiais contidos em uma mesma formação ou grupo que, do ponto de vista hidrogeológico, apresentam-se conformados sob

propriedades hidrogeológicas completamente antagônicas, como exemplo citam-se Mata da Corda (Arenitos e Rochas vulcânicas) ou o Grupo Areado (siltitos e Arenitos).

Na Tabela 3.77 tem-se os parâmetros médios encontrados para porosidade efetiva para fluxo com respectivas variações da descarga subterrânea específica.

Tabela 3.77 – Parâmetros médios encontrados para Porosidade Efetiva para Fluxo com respectivas variações da descarga subterrânea específica

VALORES DE RECARGA PARA O SUBDOMÍNIO IIB				Descarga Subterrânea Específica Média (L/s.km ²)			Porosidade Efetiva Nef (%)		
Unidade Geológica	Área (km ²)	%	Tipologia Litológica	Med	Max	Min	Med	Max	Min
Grupo Areado	5.973,43	32,88	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	5,72	7,6	4,46	0,038	0,045	0,02
Formação Canastra Indiviso	13,55	0,07	Filito, Xisto, Sericita xisto, Grafita xisto, Metarenito	7,38	12,6	2,15	0,038	0,015	0,06
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	600,22	3,30	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Cascalho	15,77	10,93	20,07	0,103	0,125	0,085
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	102,77	0,57	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila	12,61	17,85	8,82	0,084	0,1	0,065
Depósitos aluvionares	25,66	0,14	Depósitos de areia, Depósitos de cascalho	18,35			0,14		
Grupo Mata da Corda	2.523,23	13,89	Arenito, Tufo lapíli	2,57	5,25	1,47	0,018	0,025	0,015
Subgrupo Paraopeba	3.788,52	20,85	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Marga	10,15	13,65	6,86	0,071	0,09	0,06
Subgrupo Paraopeba, calcário	337,07	1,86	Calcário	16,15	18,9	9,83	0,125	0,175	0,085
Grupo Santa Fé	0,24	0,00	Arenito, Rocha pelítica, Diamictito	5,57			0,05		
Formação Serra da Saudade	2.130,49	11,73	Siltito, Argilito, Arenito	6,11	8,02	4,2	0,035	0,05	0,02
Formação Serra de Santa Helena	174,55	0,96	Siltito, Folhelho	1,6			0,01		
Formação Três Marias	2.460,33	13,54	Arcóseo, Argilito, Siltito	2,73	3,34	0,8	0,02	0,03	0,005
Hidrografia	38,31	0,21							
Total	18.168,37	100,00							

Tais implicações condicionam a existência de sistemas aquíferos que, dado seu posicionamento diante do contexto geotectônico e estratigráfico local, vão denotar características de unidades hidrogeológicas com maior potencial e, em outras, de potencial bastante distinto, tais como aquíferos e aquícludes.

A distribuição espacial da recarga avaliada no Subdomínio IIB, é apresentada na Tabela 3.78 a seguir, onde se observa uma variação entre 173 e 401 mm/ano.

Tabela 3.78 – Recarga média de longo período estimada no subdomínio IIB.

Denominação	Curso d'água	Área (km ²)	L/s.km ²	m ³ /km ² .ano	mm/ano
CACHOEIRA DAS ALMAS	Rio do Sono	4204,4	6,2	195.523	196
FAZENDA SÃO FÉLIX	Rio Borrachudo	944,7	5,5	172.502	173
MAJOR PORTO	Ribeirão Areado	1192,6	7,4	234.312	234
PONTE DA BR-040 - PRATA	Rio da Prata	3505,9	5,6	176.917	177
PORTO DO PASSARINHO	Ribeirão dos Tiros	4135,7	7,1	225.167	225
TAPIRAÍ - JUSANTE	Rio Perdição	591,7	12,7	401.769	402
VEREDAS	Rio Santo Antônio	219,4	7,7	242.827	243
PORTO INDAIÁ	Rio Indaiá	2202,4	7,2	227.059	227

3.2.5.5 Zoneamento da exploração no Subdomínio IIb

O zoneamento da exploração é considerado fundamental para a gestão do aquífero e para cumprir essa finalidade foi adotado o seguinte procedimento:

- O ponto de partida para o *zoneamento da exploração* foi a inserção da área do Subdomínio IIb, em estudo, no interior de um retângulo compreendido entre os paralelos de 45°S e 47°S e entre os meridianos de 17°S e 20°S, no qual foi feita uma partição em células quadradas de 30' de lado, com área aproximadamente de 3025 km² (55 km x 55 km), conforme Figura 3.35. Globalmente, o Subdomínio IIb, com área de 17.178,1 km², foi recoberto por 15 células com áreas variáveis de 68,1 a 2846,2 km².
- Foi então realizado um balanço tendo como vazão de entrada em cada célula a recarga média avaliada por sub-bacia (Tabela 3.79) e como descarga de saída, a vazão informada no cadastro de usuários realizado em 2014 na área do projeto. Verificou-se que o número de poços existentes em condições de operação em cada célula varia de zero a 48 estando concentrados principalmente nas células W04. Isto permitiu obter o mapa de zoneamento da exploração do aquífero em 2014 (Figura 3.35). Esse mapa revela que em todas as células há excedente hídrico e que as retiradas são bem inferiores à recarga.
- Essa conclusão baseada em vazão informada sugere que não há motivos para preocupação nesse subdomínio, notadamente porque a julgar pelo índice de concentração de poços, o resultado é consistente com a realidade.
- Neste sentido, não há prioridade para implementação de um programa de monitoramento automático de níveis e descargas de poços neste subdomínio.

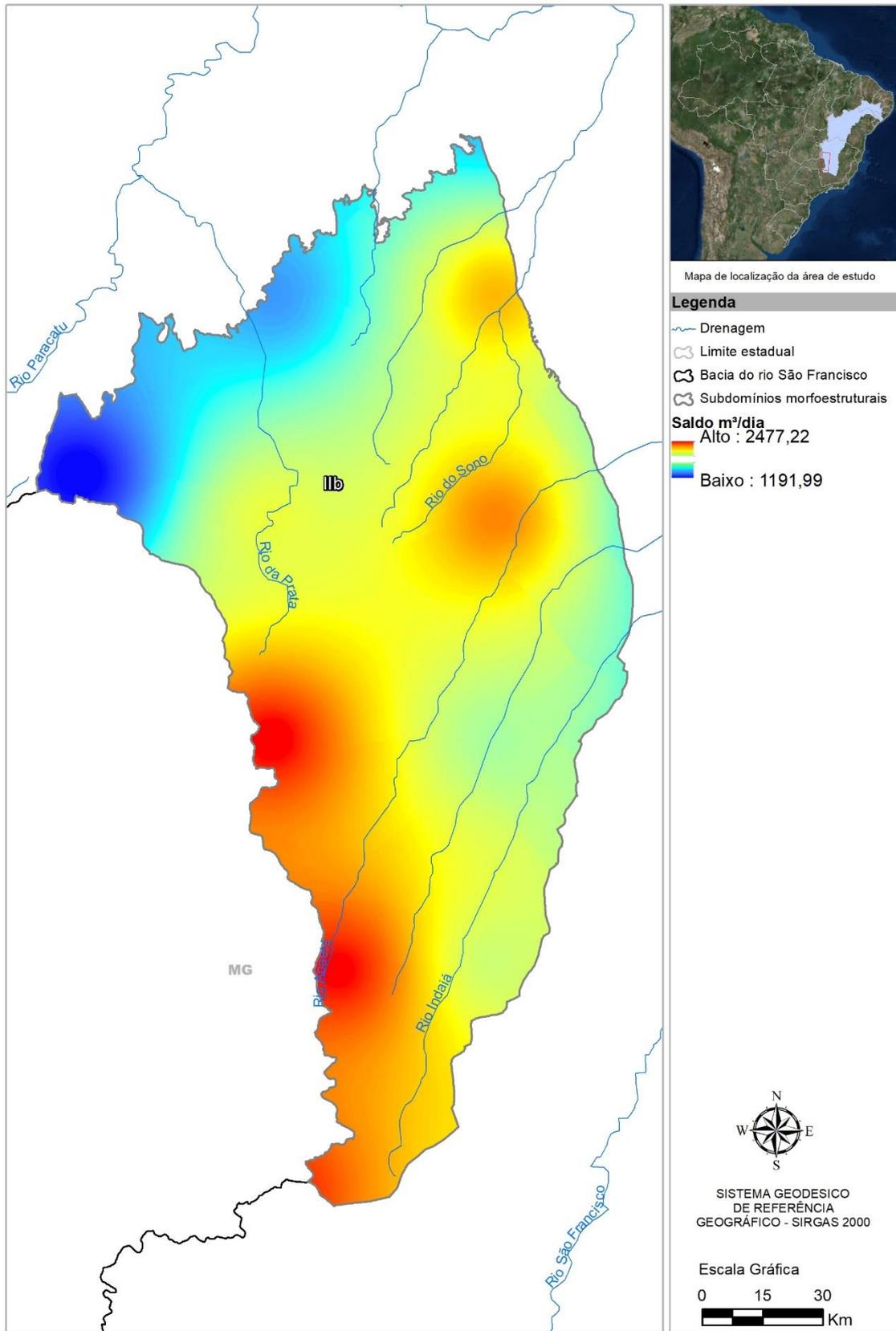


Figura 3.35: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Subdomínio IIb, Bambuí Deformado, com excedente hídrico.

Tabela 3.79 – Balanço entre recarga natural e vazão explorada no subdomínio IIb Bambuí Deformado.

Célula	x	y	Area km ²	Número de Poços	Recarga m ³ /dia	Produção Estimada m ³ /dia	Saldo m ³ /dia
S05	-45,75	-17,25	98,5	2	46.971	161	46.810
T03	-46,75	-17,75	173,1	21	107.766	9.227	97.540
T04	-46,25	-17,75	1.716,4	44	870.122	7.770	861.352
T05	-45,75	-17,75	1.795,4	5	1.332.929	463	1.332.466
U03	-46,68	-18,152	716,8	19	683.826	9.062	673.764
U04	-46,25	-18,25	2.742,1	43	1.987.782	20.812	1.966.970
U05	-45,75	-18,25	2.846,2	38	2.235.453	21.964	2.213.489
U06	-45,25	-18,25	134,9	0	66.312	0	66.312
V04	-46,25	-18,75	1.783,4	50	2.486.998	8.877	2.476.121
V05	-45,75	-18,75	2.648,9	20	1.653.784	3.494	1.650.291
V06	-45,25	-18,75	68,1	1	36.102	60	36.042
W04	-46,103	-19,271	919,9	53	2.481.823	13.244	2.467.579
W05	-45,75	-19,25	1.747,1	15	1.148.269	2.708	1.146.561
X04	-46,214	-19,77	431,5	10	1.387.234	633	1.386.601
X05	-45,75	-19,75	355,9	5	260.224	605	258.619

3.2.6 Reservas, potencialidades e exploração

As conceituações de reservas, potencialidades e exploração encontram-se nos tópicos 1.2 e 1.3 e 1.4 do Capítulo 1.

3.2.6.1 Reservas permanentes

As reservas permanentes do Subdomínio IIb do Domínio II – Grupo Bambuí Deformado W foram avaliadas de acordo com o exposto nos itens 1.2.1 e 1.2.2 do Capítulo 1 do presente relatório. A Tabela 3.80 a seguir sintetiza os valores utilizados e os resultados obtidos.

Tabela 3.80 – Reserva permanente do Subdomínio IIb.

Subdomínio IIb do Domínio II								
Unidade Geológica	Área (km ²)	%	Litologia predominante	P (m)	NE (m)	μ_e	b (m)	RP (hm ³)
Subgrupo Paraopeba	4.000,00	65,25	Calcar, mar, calc, folh, silt	98,00	15,00	0,08	83,00	26.560,00
Serra da Saudade	2.130,00	34,75	Ar, silt, arg	120,00	18,00	0,035	102,00	7.604,10
Totais	6.130,00	100,00					Reserva permanente total	34.164,10

P = prof. média dos poços NE = nível est. médio μ = poros efetiva b = espes. saturada média RP = Res. Perman.

3.2.6.4 Exploração

O conceito de exploração de água subterrânea, aqui adotado, é discutido no item 1.4 do presente relatório.

Uma análise bastante detalhada da produção dos poços do Subdomínio IIb foi apresentada acima no item 3.2.5.3. Os números obtidos nessa análise serão aqui reproduzidos.

3.2.6.4.1 Exploração efetiva

A exploração efetiva é avaliada em 40.772,27 m³/dia ou 14,9 hm³/ano para um regime médio de 10,22 horas/dia de bombeamento.

3.2.6.4.2 Exploração instalada

Considerando-se regime de bombeamento contínuo, chega-se a uma exploração instalada de 34,9 hm³/ano.

3.3 Subdomínio IIc

Corresponde a uma faixa de orientação aproximada NW-SW, passando por Bocaina, Unaí, Cabeceira Grande até Formosa, em Goiás. Essa área exibe rochas deformadas do Grupo Bambuí aflorantes ou sob extensas coberturas cenozoicas. Ressalta o padrão fortemente marcado por lineamentos NW-SE, especialmente na porção norte do subdomínio.

3.3.1 Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação

Neste item tem-se o levantamento do uso do solo, das estruturas cársticas e das fontes de contaminação realizado para a área regional, conforme descrito no capítulo de Metodologia, e recortados aqui para o Subdomínio IIc.

Na Tabela 3.81 tem-se as fontes contaminantes do Subdomínio IIc.

Tabela 3.81 – Fontes contaminantes do Subdomínio IIc.

Subdomínio IIc – Fontes contaminantes	
Cemitério	8
Esgotamento Sanitário	1
Indústria	7
Posto de combustível	42
Total:	58

O quantitativo de estruturas cársticas para o subdomínio IIc foi de 14 cavidades e 585 dolinas, e estão exibidas na Figura 3.36.

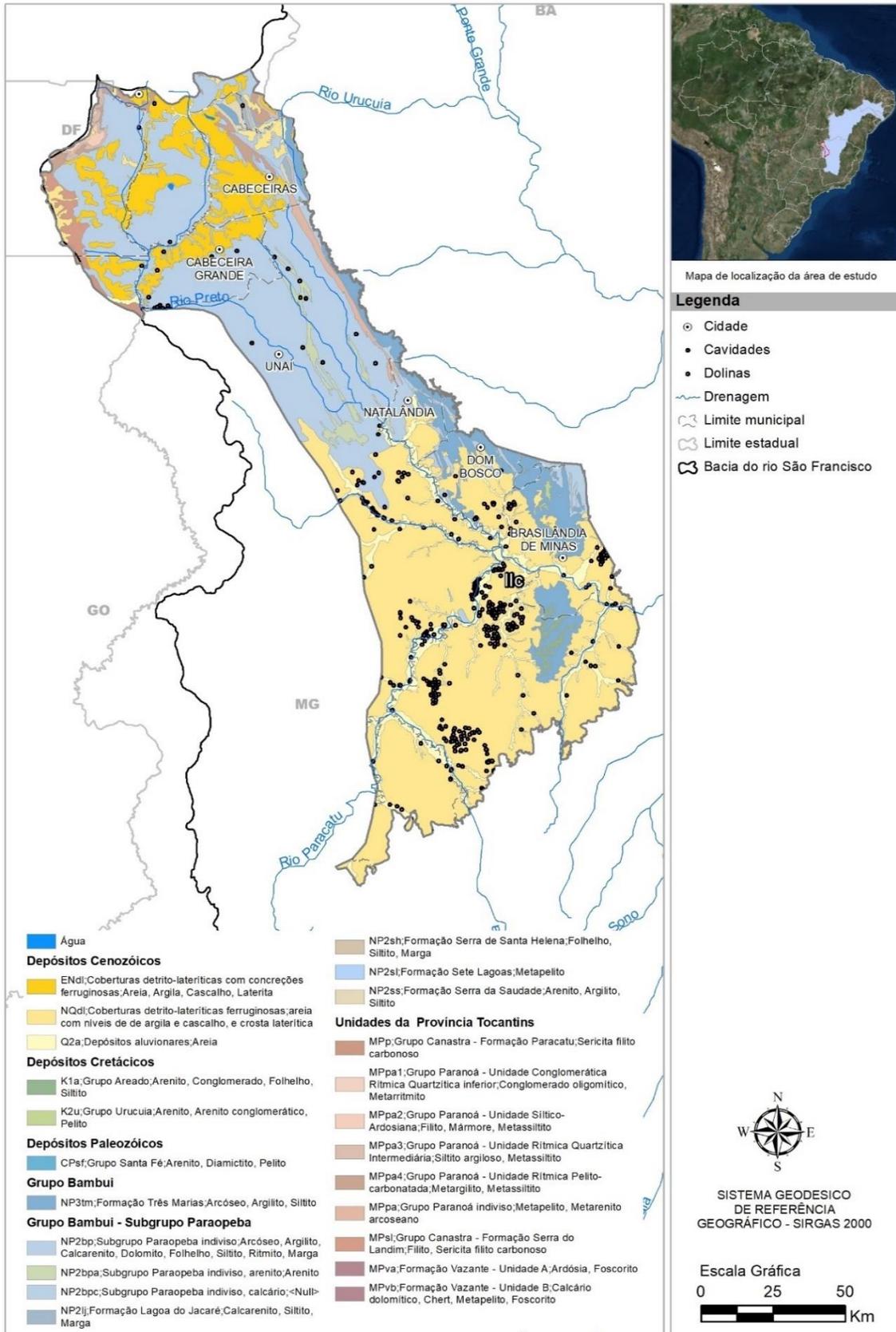


Figura 3.36: Mapa de estruturas cársticas do Subdomínio IIc.

As áreas das diferentes classes de uso do solo do subdomínio Ilc são quantificadas conforme mostrado na Tabela 3.82.

Tabela 3.82 – Áreas de uso do solo do Subdomínio Ilc.

Classes de uso do solo	Área em km ²
Área urbanizada	2,55
Campestre	7.907,89
Corpo d'água continental	119,01
Florestal	9.078,63
Lavoura temporária	1.315,83
Sem informação	35,60
Total:	18.459,51

A distribuição percentual das áreas das classes de uso do solo no subdomínio Ilc é mostrada na Figura 3.37.

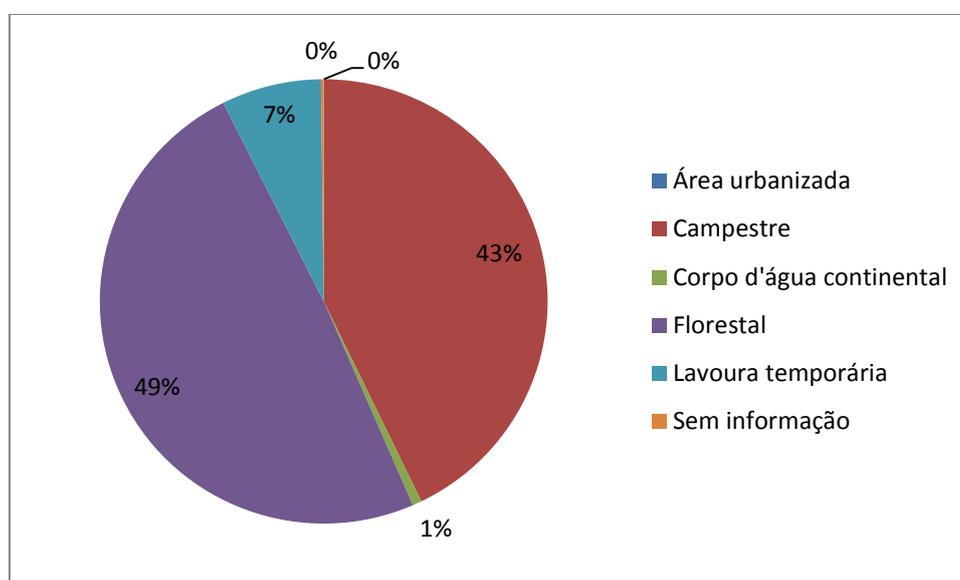


Figura 3.37: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Subdomínio Ilc.

A maior porcentagem encontra-se na classe Florestal, com 49% da área total de 17.461,95 km², ou seja, 8.067,28 km² de área; em seguida, a maior área foi identificada como Campestre com 43% ou 6.901,91 km²; a classe Lavoura Temporária representa 7% ou 1.331,49 km²; as demais classes, como Corpo de Água Continental, Área Urbanizada e Sem Informação, representam valor menor que 2%, respectivamente com 122,29 km², 2,66 km² e 36,33 km².

O mapa do uso do solo acrescido dos possíveis pontos de contaminação e estruturas cársticas, para o subdomínio Ilc, pode ser observado na Figura 3.38.

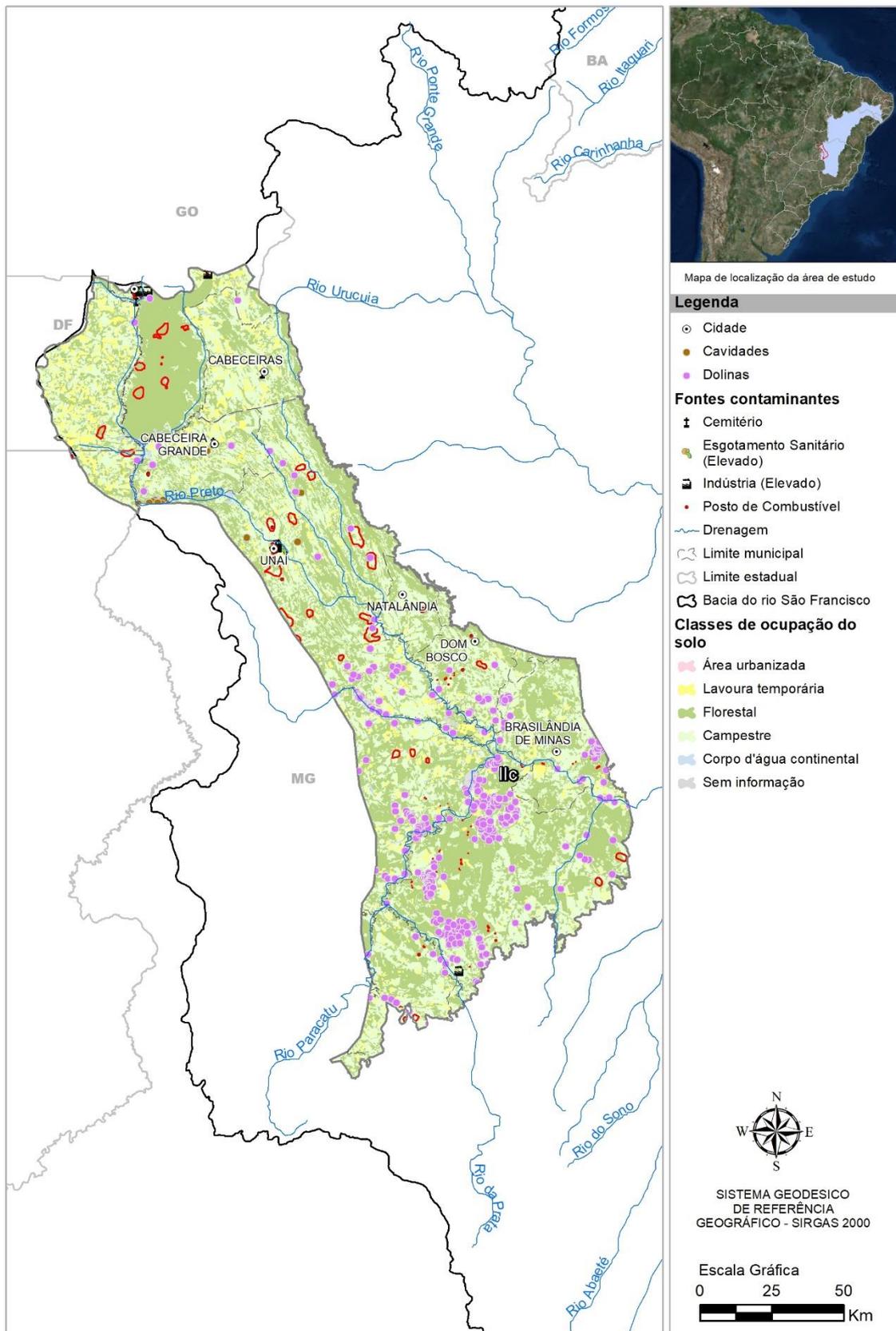


Figura 3.38: Uso e ocupação do solo no Subdomínio IIc.

3.3.2 Levantamento socioeconômico e demandas hídricas

Para a realização de um estudo correto das demandas hídricas de uma localidade, se faz necessário o estudo de parâmetros socioeconômicos e populacionais.

A interpretação dos parâmetros de rendimento e taxa de alfabetização, auxiliam no entendimento do grau de desenvolvimento econômico de uma região, e a partir daí, torna-se possível correlacioná-los à necessidade de água no local. A Tabela 3.83 apresenta tais parâmetros para o subdomínio IIc.

Tabela 3.83 - Dados socioeconômicos do Subdomínio IIc.

Rendimento (R\$)	Alfabetização (%)	IDHM
954,85	89,7	0,71

O subdomínio IIc apresentou, em 2010, o rendimento médio da população abaixo da média do estado de Minas Gerais, sendo cerca de 13% menor. Porém, se comparado ao salário mínimo do ano em questão (510 reais), este rendimento é cerca de 87% acima do seu valor.

No tocante à taxa de alfabetização, o subdomínio IIc apresenta uma taxa (89,7%) abaixo da taxa do estado de Minas Gerais (92,30%).

No caso do rendimento, tem-se a consideração do peso proporcional de adultos potencialmente receptores de renda no domicílio, diante do cenário em que crianças e idosos tendem a não gerar renda. Sabendo que o rendimento é obtido pela divisão da receita domiciliar pelo número de integrantes no domicílio, um rendimento baixo pode ser entendido como receita familiar baixa e/ou alto número de integrantes da família, assim como um rendimento alto pode significar uma receita familiar alta e/ou um baixo número de integrantes da família.

Analogamente, a taxa de alfabetização contribui para análise das condições de vida populacional, proporcionando o entendimento do bem estar familiar. Essa taxa de alfabetização tende a ser mais baixa em localidades de menor rendimento, indicando menor oportunidade de acesso ao conhecimento.

Dessa forma, compreender o nível de qualidade de vida constitui um fundamento para gerar dados acerca do rendimento e taxa de alfabetização regional, de forma que uma menor qualidade de vida é relacionada a um menor rendimento e menor taxa de alfabetização, o que assinala menor demanda hídrica no local, ao passo que uma maior qualidade de vida é relacionada a um maior rendimento e maior taxa de alfabetização, assinalando uma maior demanda hídrica.

Quando consideramos o IDHM, é possível obter uma análise mais robusta, haja vista que tal índice pondera longevidade, educação e renda, simultaneamente. Nesse âmbito, o Índice de Desenvolvimento Humano para o

Subdomínio Ilc foi de 0,71, em 2010, classificando-se na faixa de Desenvolvimento Humano Alto (IDHM entre 0,700 e 0,799). Pode-se concluir que o subdomínio Ilc possui rendimento, taxa de alfabetização e IDHM altos, o que indica uma maior demanda hídrica.

O subdomínio Ilc representa 4% do PIB e cerca de 3% da população do total dos subdomínios. Porém, quando analisado o PIB per capita, o subdomínio apresenta resultado mais elevado que a média da área de influência total.

Essa situação pode caracterizar má distribuição de renda na região, ou ainda, que a região possui áreas comerciais/industriais, onde a produção de bens é mais intensa que os gastos domiciliares.

Esse cenário pode ser ainda confirmado diante do confronto desse PIB per capita com o PIB per capita de Minas Gerais, chegando a ser 11% maior que do estado (20.592,16), ressaltando o alto nível de produção econômica na área.

Tabela 3.84 – PIB do Subdomínio Ilc.

PIB	População	PIB per capita
2.436.850,00	106.936	22.787,93

3.3.2.1 Aspectos sanitários gerais

O estudo dos aspectos sanitários da região, servirão para o monitoramento da qualidade da água, identificando as deficiências que mais influenciam em problemas ambientais. Foram avaliados quatro pontos importantes: formas de abastecimento, tipos de esgotamento sanitário nos domicílios, destino do lixo e quantitativo de domicílios que recebem ou não energia elétrica.

- **Abastecimento**

A porcentagem de abastecimento por rede geral, ou seja, com tratamento de água, no subdomínio Ilc (80,50%) é inferior à taxa de abastecimento do estado de Minas Gerais (86,28%), apresentando maiores taxas em relação ao abastecimento por poços, rios, açudes, e outros o que caracteriza uma área menos urbanizada.

A Tabela 3.85 apresenta a distribuição da forma de abastecimento no subdomínio Ilc.

Tabela 3.85 – Formas de abastecimento no subdomínio IIc.

Formas de abastecimento	%
Rede geral	80,50
Poço ou nascente na propriedade	11,30
Poço ou nascente fora da propriedade	3,90
Rio, açude, lago ou igarapé	2,70
Poço ou nascente na aldeia	0,00
Poço ou nascente fora da aldeia	0,00
Outra	1,70

- **Esgotamento sanitário**

Neste subdomínio, apenas 1,70% dos domicílios não possuíam nem banheiro nem sanitário, mostrando-se com taxa maior que a do estado de Minas Gerais (1,26%). A porcentagem de esgoto que não é transportado pela rede geral, não é posto em redes pluviais e nem tratado em fossa séptica é significativamente alta, apontando para grande impacto no meio ambiente desta região.

A Tabela 3.86 abaixo apresenta as porcentagens da existência de banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário no subdomínio IIc.

Tabela 3.86 – Existência de banheiro ou sanitário no subdomínio IIc.

Tipos de esgotamento sanitário	Quantitativo (%)
Banheiro de uso exclusivo do domicílio	96,80
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	66,50
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - outro	33,50
Sanitário	1,50
Sanitário - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	47,40
Sanitário - outro escoadouro	52,60
Sem banheiro e sem sanitário	1,70

- **Destino do lixo**

Com o estudo realizado, foi possível verificar que o subdomínio IIc possui um sistema de destino do lixo similar à média de todo o estado de Minas Gerais, mostrando que 81,10% do lixo é coletado, enquanto a média do estado é 87,63%. Porém ainda 18,90% do lixo possui destino indefinido, o que pode indicar uma destinação incorreta podendo causar contaminação do solo e de águas. A Tabela 3.87 apresenta as porcentagens de destinação do lixo no subdomínio IIc.

Tabela 3.87 – Destinos do lixo no subdomínio IIc.

Destino do lixo	Quantitativo (%)
Coletado	81,10
Coletado por serviço de limpeza	98,80
Coletado em caçamba de serviço de limpeza	1,20
Outro destino	18,90

- **Energia Elétrica**

Neste quesito, pode-se identificar que o subdomínio IIc possui porcentagem de pessoas que tem energia elétrica abaixo da média do estado de Minas Gerais, chegando a atender 97,70% da população e 2,30% da população não recebe atendimento.

3.3.2.2 Demandas Hídricas

O estudo das demandas visa o conhecimento da necessidade de água de uma determinada região, e aliado ao conhecimento das potencialidades e disponibilidades hídricas, se torna um dos elementos essenciais para a realização de seu balanço hídrico, além de constituir um instrumento valioso para o planejamento e estabelecimento das prioridades de uma política de uso dos recursos hídricos.

O levantamento das demandas hídricas foi feito tanto para dados atuais (2010) como para dados futuros (2015, 2020, 2025 e 2030).

- **População urbana e rural**

No subdomínio IIc pode-se observar uma pequena diminuição na população rural, com taxa de crescimento negativa de 0,29% ao passo que houve um aumento na população urbana, com taxa de crescimento positiva de 1,43%, como pode ser observado na Tabela 3.88.

Tabela 3.88 – População e demanda para abastecimento humano (2010).

População	2010	Demanda (m ³ /dia)	Taxa de crescimento (%)
Rural	20.817	4.629	-0,29
Urbana	84.521	23.542	1,43

Este aumento da população urbana e diminuição da população rural indica um processo de urbanização da região. O processo de urbanização é decorrente do desenvolvimento econômico e distribuição de trabalho, intimamente ligado à industrialização.

O crescimento populacional neste subdomínio, aumenta a competição pelos mesmos recursos naturais, para suprimento das necessidades humanas, e, ao mesmo tempo, a produção de poluição. Tudo isso pode implicar na degradação de muitos recursos naturais e aumento de epidemias. Podemos notar que a demanda hídrica rural é muito menor que demanda hídrica urbana.

- **Dessedentação animal**

O subdomínio IIc representa 7% de bovinos, 3% de bubalinos, 5% de equinos, 1% de asininos, 2% de muares, 4% de caprinos, 5% de ovinos, 5% de suínos e 3% de aves do somatório total das cabeças de todos os subdomínios. O quantitativo de cabeças e o consumo da dessedentação de animais estão na Tabela 3.89.

Tabela 3.89 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.

Rebanhos	Nº de cabeças
Bovinos	456.028
Bubalinos	190
Equinos	12.600
Asininos	49
Muares	448
Caprinos	1.295
Ovinos	3.290
Suínos	41.940
Aves	363.855
Demanda para dessedentação animal (m ³ /dia)	477.272,66

- **Irrigação**

O subdomínio IIc apresentou, em 2010, uma estimativa de área irrigada, calculada segundo a aplicação do PAI-MG, de 42.714 hectares. A partir dos dados de área irrigada e com o coeficiente de demanda unitária adotado, de 0,4 L/s.ha, foi possível converter a área irrigada em demanda hídrica, que foi estimada, para o ano de 2010 em 1.476.199 m³/dia.

- **Indústria**

A demanda de recursos hídricos das indústrias, para o subdomínio IIc, demonstra ser pequena em relação à demanda de abastecimento da população, sendo igual a 19,41 m³/dia.

3.3.2.3 Demandas futuras (2015, 2020, 2025, 2030)

- População urbana e rural

A Tabela 3.90 a seguir apresenta as projeções feitas, para a população urbana e rural no subdomínio IIc. Os coeficientes de retirada de água per capita, também definido na metodologia, foram aplicados às populações projetadas nos referidos anos, de forma a obterem-se as demandas para abastecimento urbano e rural para o subdomínio IIc.

Tabela 3.90 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.

	2015	2020	2025	2030
Rural	36.956	36.898	36.854	36.824
Urbana	88.719	92.048	94.589	96.296
Demanda hídrica rural (m ³ /dia)	4.620	4.612	4.607	4.603
Demanda hídrica urbana (m ³ /dia)	24.931	26.033	26.873	27.438

- **Dessedentação animal**

Devido à falta de dados mais recentes foi necessário projetar o número de cabeças por espécie, admitindo a mesma taxa de crescimento linear obtida entre os anos de 1996 e 2006. Assim, foi possível estimar o número de cabeças por espécie para 2010 e da mesma forma se procedeu para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030. Uma vez aplicada a taxa de crescimento linear, estimou-se o número de cabeças por espécie para o subdomínio IIc, e o consumo para dessedentação animal. Ambos apresentados na Tabela 3.91.

Tabela 3.91 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio IIc.

Rebanhos	Nº de cabeças por ano			
	2015	2020	2025	2030
Bovinos	459.290	462.574	465.882	469.214
Bubalinos	191	193	194	196
Equinos	12.690	12.780	12.872	12.964
Asininos	50	50	50	51
Muares	451	454	457	460
Caprinos	1.305	1.314	1.323	1.333
Ovinos	3.313	3.337	3.361	3.385
Suínos	42.240	42.542	42.847	43.153
Aves	366.457	369.078	371.718	374.376
Demanda para dessedentação (m³/dia)	480.685,83	484.123,40	487.585,56	491.072,47

- **Irrigação**

De posse da demanda atual para agricultura em 2010, deu-se prosseguimento às metodologias já aplicadas para os demais anos que compõem o horizonte deste estudo. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 3.91.

O resultado dessas projeções consiste nas áreas irrigadas a serem consideradas no futuro. Assim, utilizando-se dos coeficientes de demanda para agricultura, obtêm-se a demanda hídrica futura para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030 (Tabela 3.92).

Tabela 3.92 – Projeção da área e demanda para irrigação no subdomínio IIc.

Área irrigada (ha) / Ano	2015	2020	2025	2030
		54.515	69.577	88.800
Demanda para irrigação (m³/dia)	1.884.046	2.404.573	3.067.913	3.916.797

- **Indústria**

Para demanda relacionada à indústria, de forma semelhante ao que foi feito para calcular a de 2010, projetou-se os PIBs secundários para o subdomínio. Essa projeção teve como base uma taxa de crescimento linear obtida através da comparação entre os PIBs de 2002 e 2012.

Ao aplicar o coeficiente de consumo específico para classe 900 (genérica), equivalente a 0,02713 m³/US\$, como definido na metodologia, inferiram-se as demandas industriais para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030 (Tabela 3.93).

Tabela 3.93 – Projeção da demanda hídrica industrial para o subdomínio IIc.

Demanda Industrial (m³/dia)			
2015	2020	2025	2030
24	29	32	34

3.3.3 Vulnerabilidade

A vulnerabilidade foi avaliada de acordo com a metodologia EPIK comentada no item 1.6 do presente relatório.

A classificação dos parâmetros E, P, I e K, é mostrada na Figura 3.39. Essa classificação mostra os seguintes resultados:

Parâmetro E – Epicarste: 79% de epicarste encoberto (classe E2); e 21% ausente (classe E3).

Parâmetro P – Cobertura de proteção: 81% para a classe P1 e 19% para a classe P2.

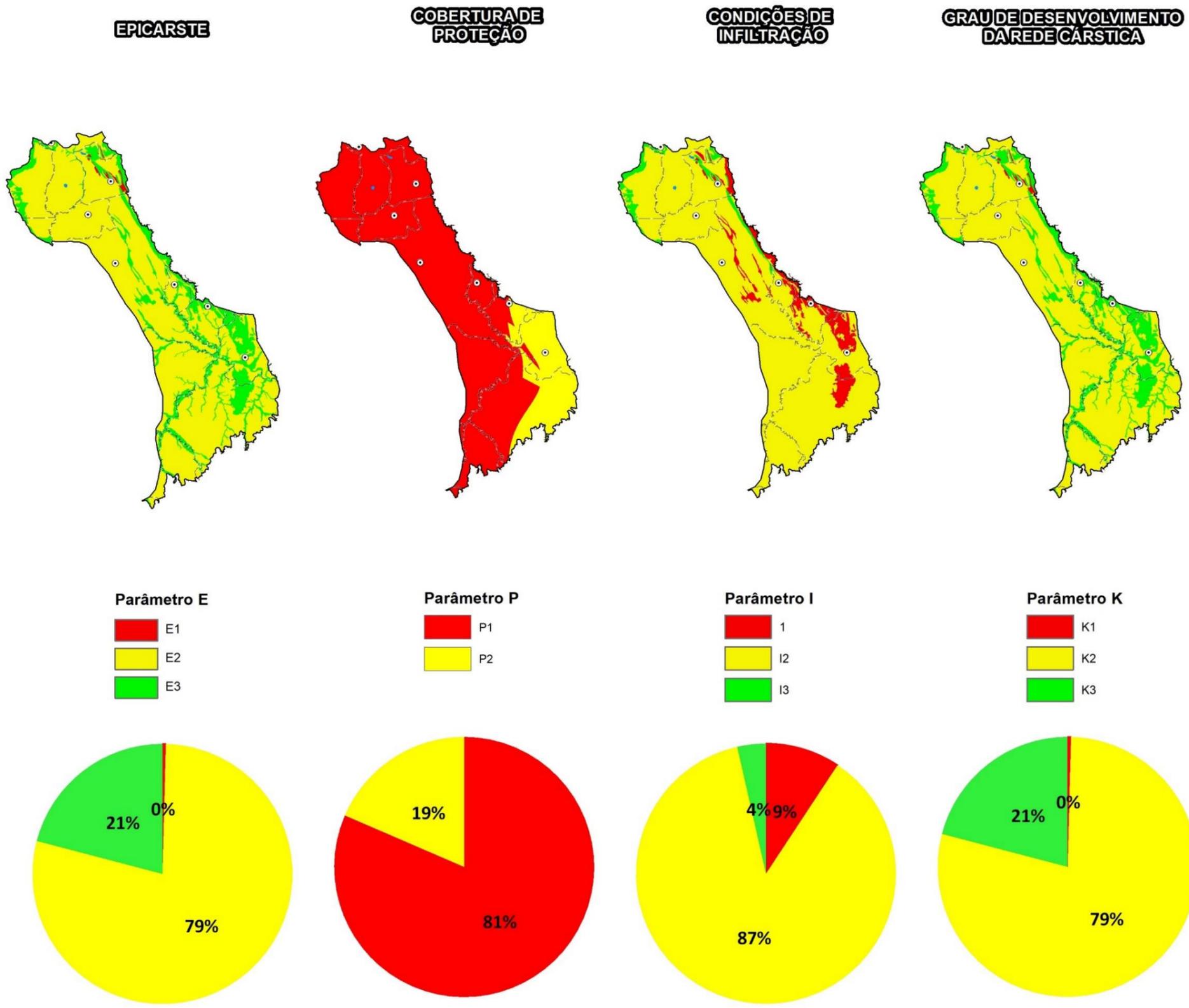
Parâmetro I – Condições de infiltração: 9% para a classe I1; 87% para a classe I2; e apenas 4% para a classe I3.

Parâmetro K – Grau de desenvolvimento da rede cárstica: 79%; para a classe K2; e 21% para a classe K3.

Na definição das classes do parâmetro P foi muito útil o mapa das unidades de solo, mostrado na Figura 3.40.

Com os diferentes parâmetros zoneados, foi possível elaborar o mapa de vulnerabilidade (ver item 1.6), mostrado na Figura 3.41. A partir desse mapa quantificam-se percentualmente, na Figura 3.42, as classes de vulnerabilidade.

Como se pode observar na Figura 3.42, a área do Subdomínio Ilc é repartida em 12% de vulnerabilidade baixa; e 88% de vulnerabilidade média.



PARÂMETROS DE VULNERABILIDADE EPIK SUBDOMÍNIO IIc

Legenda

- Cidade
- Subdomínio
- Bacia do rio São Francisco

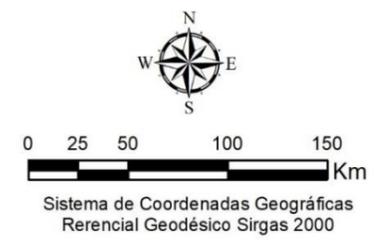


Figura 3.39: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.

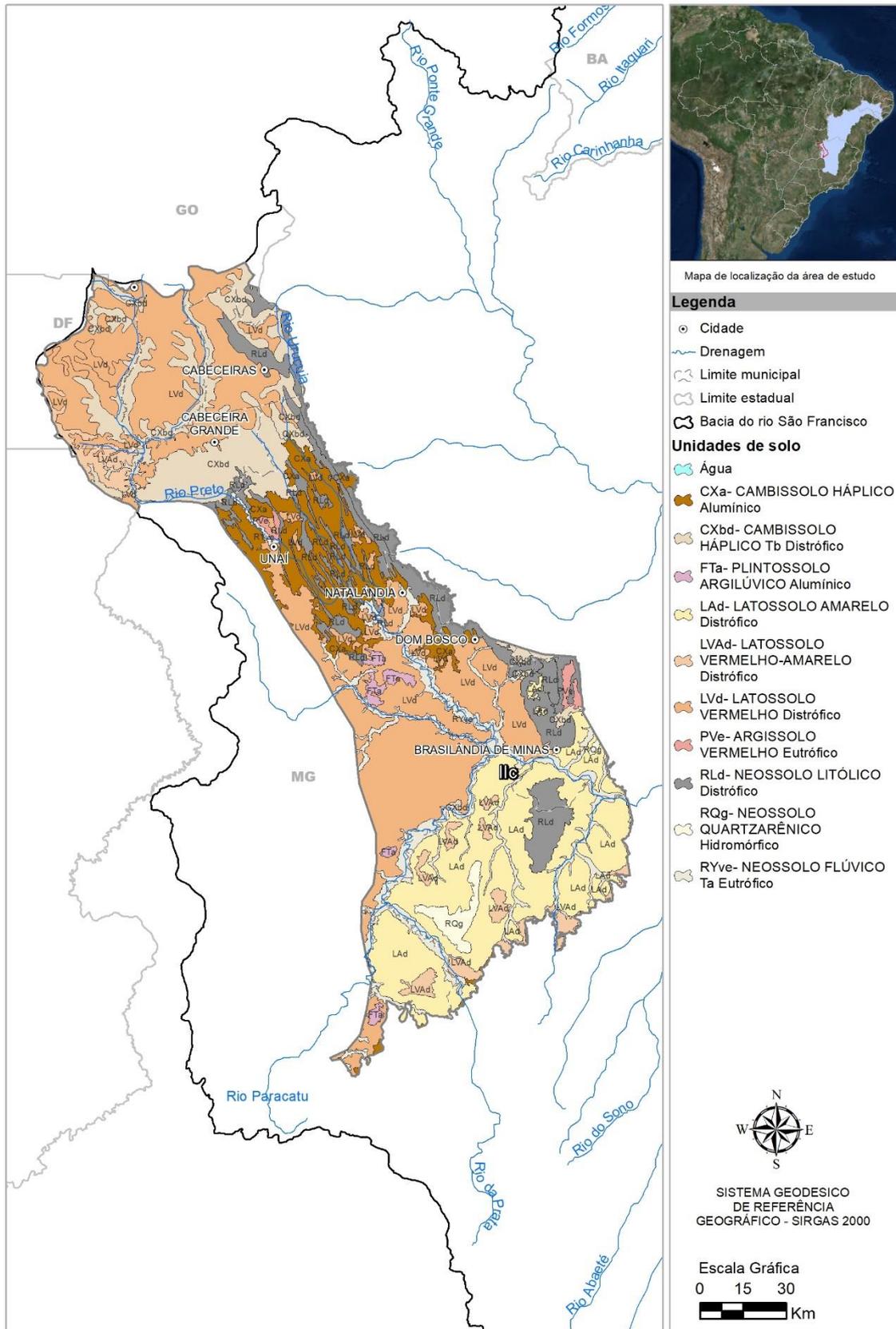


Figura 3.40: Mapa de unidades de solo com a classificação do parâmetro P.

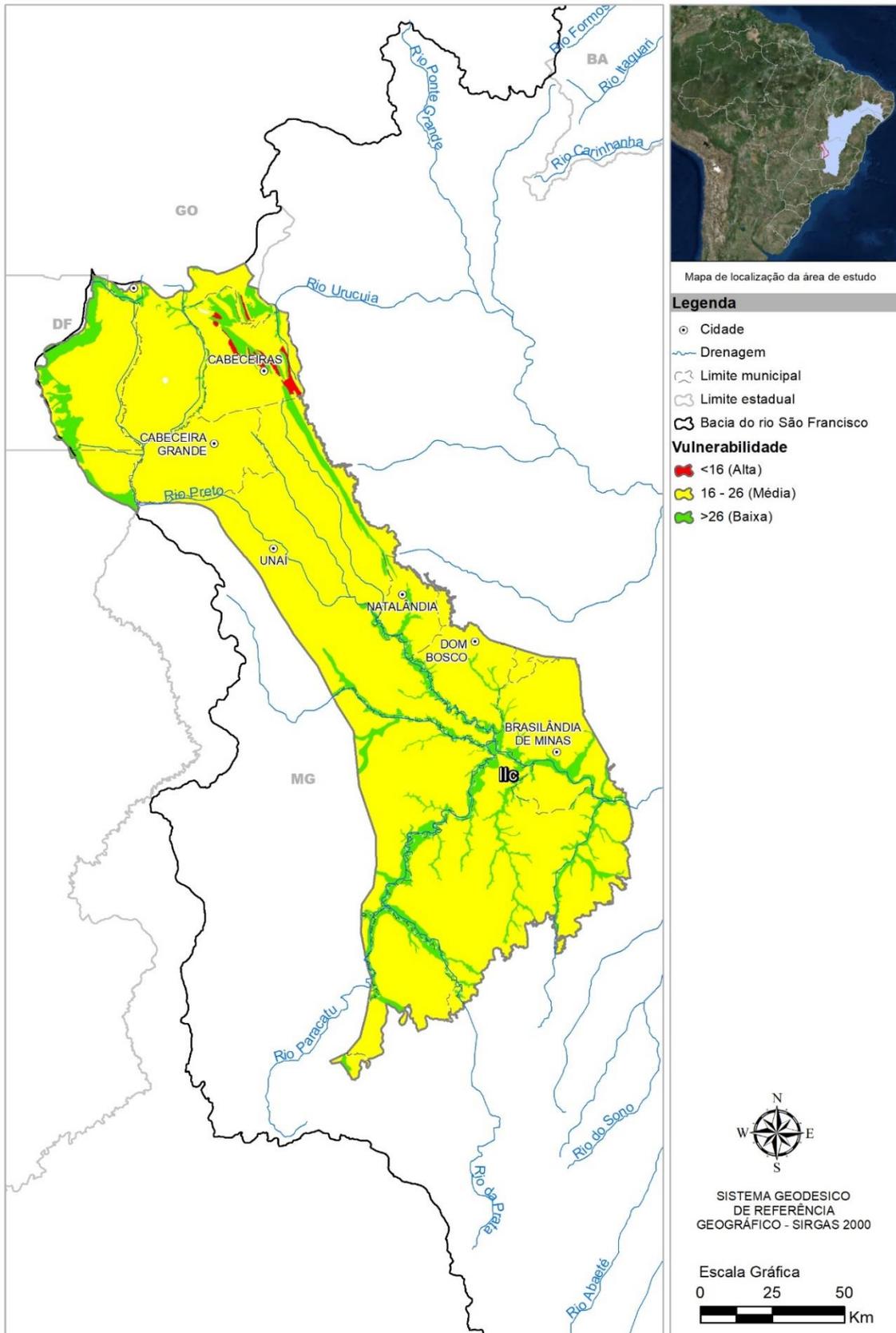


Figura 3.41: Mapa de vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Subdomínio IIc.

Sudomínio IIc

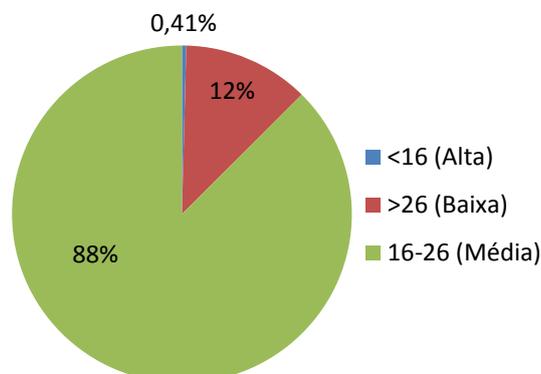


Figura 3.42: Classificação da vulnerabilidade para o Subdomínio IIc.

3.3.4 Perigo de contaminação

Na Tabela 3.94 estão relacionadas as fontes contaminantes cadastradas no Subdomínio IIc, com indicação dos respectivos índices PosH.

Tabela 3.94 – Fontes potenciais de contaminação no Subdomínio IIc

ATIVIDADE	QUANTIDADE	ÍNDICE POSH
Cemitério	8	Moderado
Posto de combustível	42	Elevado
Lavoura temporária	1.315,83 km ²	Elevado

A distribuição dessas fontes contaminantes no mapa de vulnerabilidade é mostrada na Figura 3.43 onde se pode avaliar o perigo de contaminação no Subdomínio IIc. Verifica-se, neste mapa, que o Subdomínio IIc apresenta perigo de contaminação extremo apenas na parte nordeste da área, em função da presença de alguns postos de gasolina e cemitérios. Tem-se alto perigo, de forma pontual, nas áreas de vulnerabilidade média (cor amarela) com fontes de contaminação classificadas como elevadas segundo a metodologia POSH. Essas fontes são, essencialmente, postos de combustíveis e áreas de lavoura temporária, essa última ocorrendo em 7% do total da área.

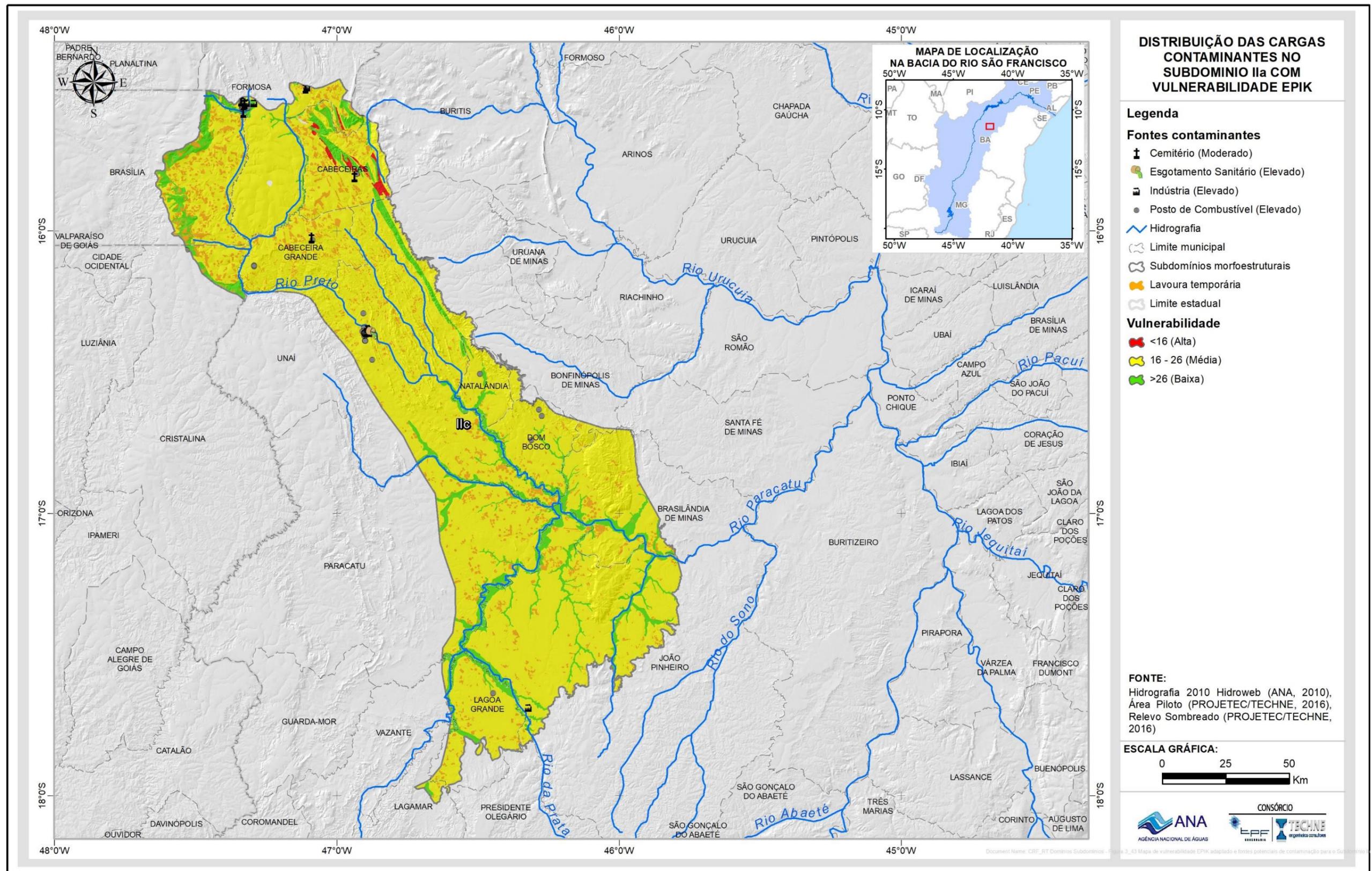


Figura 3.43: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Subdomínio IIc.

3.3.5 Recarga e zonas de exploração

Começando com um panorama regional da evolução histórica dos níveis de água subterrânea no domínio cárstico em Minas Gerais, a situação da exploração das águas subterrâneas do SAB no Subdomínio IIc inclui uma estatística descritiva dos dados de poços levantados e catalogados no âmbito do Projeto ANA – Carste São Francisco bem como uma caracterização do regime de funcionamento dos poços e uma estimativa da produção global de água. Para a recarga, foram realizados os cálculos em função das precipitações e o regime fluvial para cada subdomínio. Com os valores de recarga e exploração do subdomínio foi possível realizar o zoneamento de exploração, demonstrado na Figura 3.52.

3.3.5.1 Levantamento e sistematização dos dados

Os dados de poços levantados no Subdomínio IIc, no âmbito do Projeto foram sistematizados e fazem parte do SIG, que constitui a principal fonte de consulta sobre poços.

3.3.5.1.1 Poços catalogados e cadastrados

A pesquisa hidrogeológica desenvolvida no Subdomínio IIc baseou-se em dados de 931 poços constantes no SIG, dos quais 651 foram catalogados do SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2010), 4 são novos poços cadastrados, no âmbito do Trabalho 276 foram catalogados do sistema de outorgas de água subterrânea do IGAM (2014) (ANEXO 1.14 – Tabela de poços do Subdomínio IIc). Para o tratamento estatístico não foram considerados os poços escavados. Desses 931 poços excluem-se 49 (46 cisternas e 3 nascentes) que estão hachurados na tabela do ANEXO 1.14. O resultado disso são 882 poços: 606 catalogados do SIAGAS, 272 catalogados do IGAM e 4 cadastrados.

3.3.5.1.2 Tratamento estatístico dos poços cadastrados

Na Tabela 3.95 é apresentada a estatística descritiva dos valores numéricos de profundidade, diâmetro do revestimento, nível estático, nível dinâmico e vazão dos poços cadastrados e catalogados no Subdomínio IIc, localizado na porção noroeste da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

Tabela 3.95 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Subdomínio IIc.

Parâmetros Estatísticos	Profundidade (m)	Diâmetro da boca(mm)	Nível Estático - NE (m)	Nível Dinâmico - ND (m)	Vazão (m ³ /h)
Média	100,9	152,8	16,5	42,4	12,7
Mediana	98,0	152,4	13,5	40,1	8,3
Desvio Padrão	35,6	21,1	12,3	23,6	13,5
Coefficiente Variação	0,4	0,1	0,7	0,6	1,1
Valor máximo	260,0	550,0	110,0	150,0	90,0
Valor mínimo	25,00	0,07	0,24	3,34	0,01
Nº valores	691	826	551	415	546

3.3.5.1.3 Profundidade

A profundidade dos poços inventariados no Subdomínio IIc variou de 25 a 260 m. A profundidade média foi de 100,9 m e se explica pelo fato de que as classes mais frequentes (39%) correspondem a poços com profundidade superior a 100 m. Se considerarmos todos os poços com mais de 40 m teremos 676 poços ou 98% do total no subdomínio IIc. Já as classes compreendidas entre 0 e 40 m de profundidade possuem uma frequência acumulada muito baixa, com apenas 2% ou 15 poços de frequência absoluta. A Tabela 3.96 mostra que na classe de 60 a 80 m e na classe de 80 e 100 m estão localizados, respectivamente, 20% e 30% dos poços em cada, ou seja, a terceira e a segunda classe mais predominante.

Tabela 3.96 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014) e dos novos cadastrados no Subdomínio IIc.

Classe Profundidade (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤20	0	0	0,00	0,00
20<x≤40	15	15	0,02	0,02
40<x≤60	56	71	0,08	0,10
60<x≤80	139	210	0,20	0,30
80<x≤100	209	419	0,30	0,61
x>100	272	691	0,39	1,00
Total	691			

A distribuição da frequência da profundidade dos poços no Subdomínio IIc pode ser visualizada no diagrama da Figura 3.44.

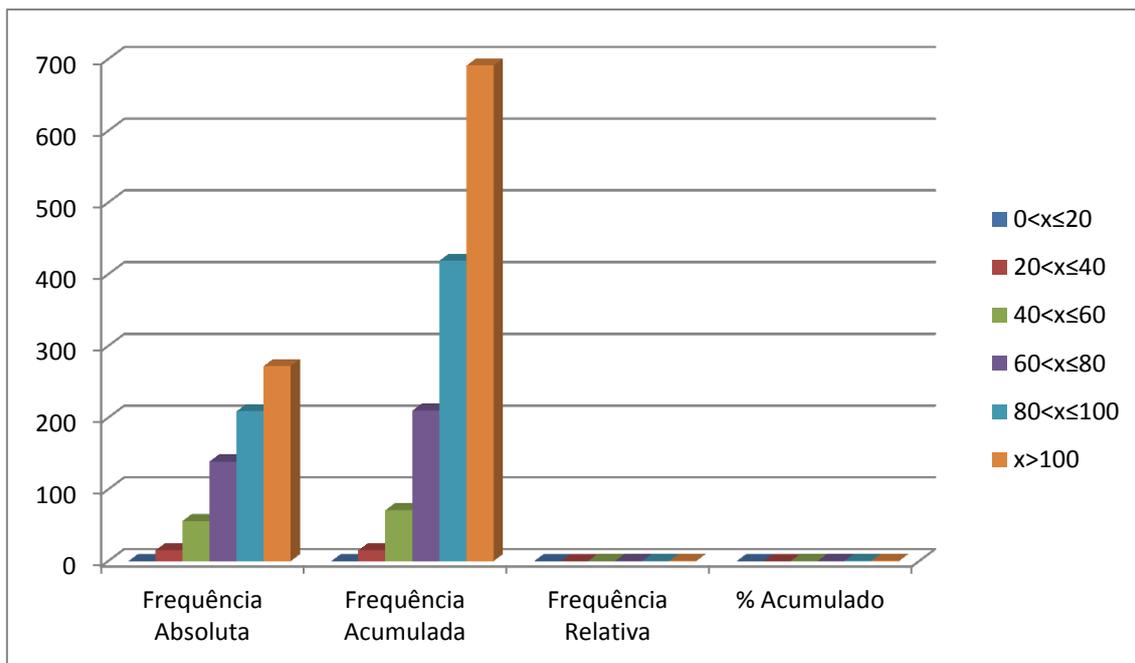


Figura 3.44: Frequências das classes de profundidade dos poços no Subdomínio IIc.

3.3.5.1.4 Diâmetro da Boca do Poço

De acordo com a Tabela 3.97 e Figura 3.48, no Subdomínio IIc, existem três classes de diâmetro da boca dos tubos, o primeiro com 151 poços até 152 mm e 674 poços na classe entre 152 mm e 300 mm, a classe de maiores diâmetros conta com a presença de apenas 1 poço. Nota-se a presença da maioria dos poços concentrada na classe de diâmetro intermediário.

Tabela 3.97 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014) e dos novos cadastrados no Subdomínio IIc.

Classe Diâmetro da Boca (mm)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 152	151	151	0,183	18,281
152 < x ≤ 300	674	825	0,816	99,879
300 < x ≤ 550	1	826	0,001	100,000
Total	826			

A Figura 3.45 ilustra a distribuição de frequência do diâmetro da Boca dos poços no Subdomínio IIc.

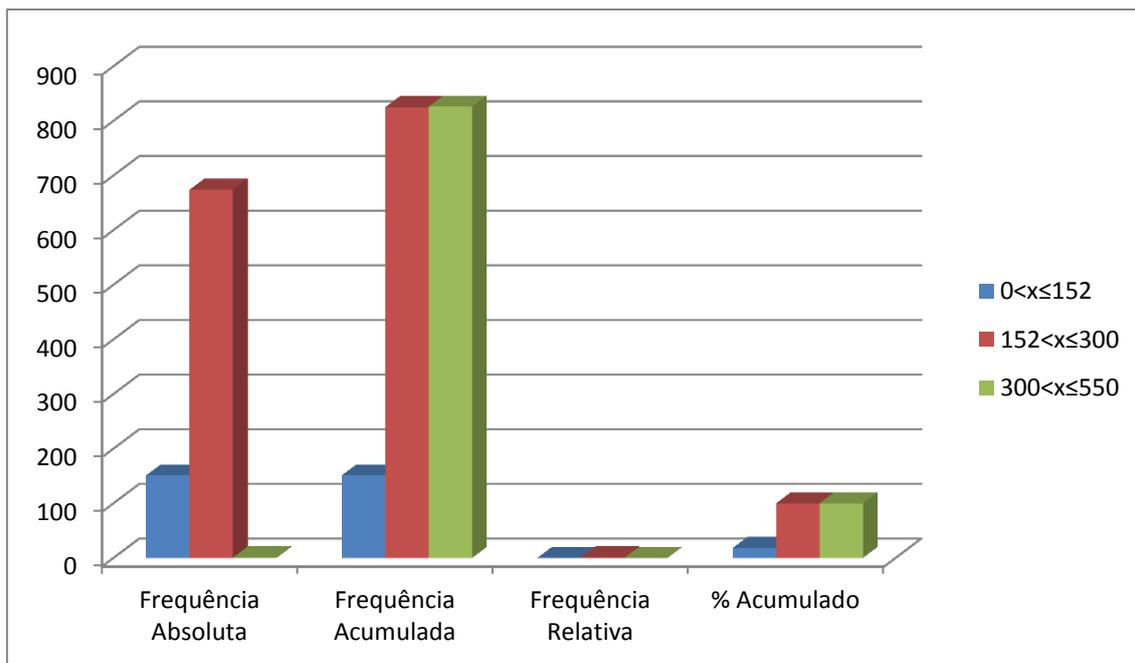


Figura 3.45: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Subdomínio IIc.

3.3.5.1.5 Nível Estático

De acordo com os dados da Tabela 3.98 e Figura 3.46, observa-se que aproximadamente 78% dos poços apresentam níveis estáticos até 20 m, o que significa que esses níveis são rasos, de modo geral. Na classe de 20 a 30 m encontram-se 13% dos poços, no intervalo acima de 30 m estão 10% do total. A rigor, todos esses níveis, notadamente os mais profundos, não são “estáticos”, já que a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração.

Tabela 3.98 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM e cadastrados no Subdomínio IIc.

Classe Nível Estático (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 10	176	176	0,32	31,94
10 < x ≤ 20	251	427	0,46	77,50
20 < x ≤ 30	69	496	0,13	90,02
x > 30	55	551	0,10	100,00
Total	551			

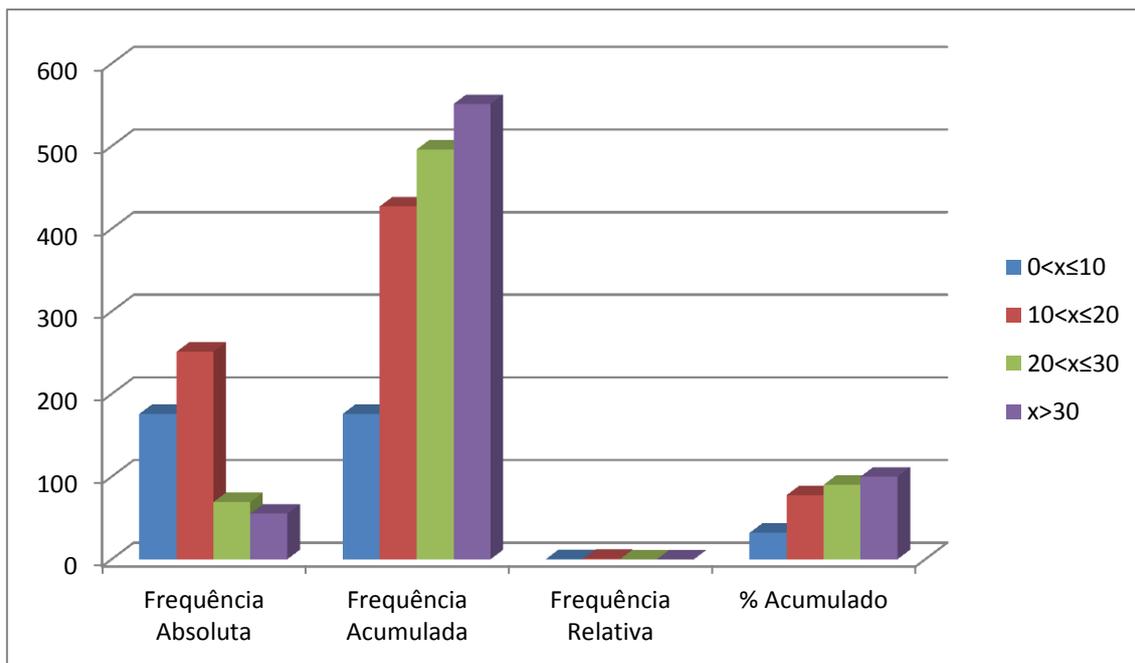


Figura 3.46: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Subdomínio IIc.

3.3.5.1.6 Nível Dinâmico

Para os níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IIc, tem-se que a classe menos frequente corresponde ao intervalo de mais de 0 a 10 m (3%). Secundariamente, 14% dos poços (59/415) estão no intervalo entre 30 e 40 metros, como pode ser observado na Tabela 3.99 e Figura 3.47. Nota-se, finalmente, que a grande maioria dos níveis dinâmicos (208/415), representando 50%, estão no intervalo de poços com profundidades maiores que 40 m.

Tabela 3.99 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM e cadastrados no Subdomínio IIc.

Classe Nível Dinâmico (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	13	13	0,03	3,13
10<x≤20	65	78	0,16	18,80
20<x≤30	70	148	0,17	35,66
30<x≤40	59	207	0,14	49,88
x>40	208	415	0,50	100,00
Total	415			

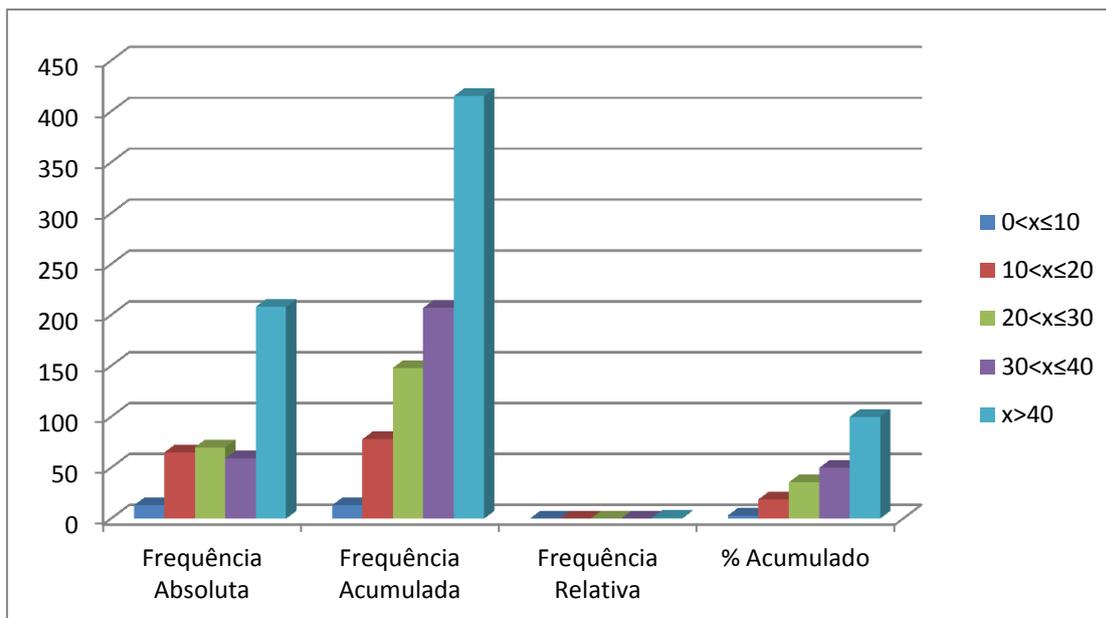


Figura 3.47: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IIc.

3.3.5.1.7 Vazão

No que se refere à vazão dos poços que exploram o aquífero Bambuí do carste São Francisco no Subdomínio IIc, verifica-se que do total de 931 poços catalogados e cadastrados (Tabela 3.100) existem 546 poços com vazão informada. Observa-se que a classe mais frequente é a entre 0 e 10 metros, com aproximadamente 64% e frequência absoluta de 348 poços. Já a de menos frequência é a entre 40 e 50 metros, com apenas 1% do total.

Tabela 3.100 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM (2014) e cadastrados no Subdomínio IIc.

Classe Vazão (m³/h)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 10	348	348	0,64	63,74
10 < x ≤ 20	130	478	0,24	87,55
20 < x ≤ 30	28	506	0,05	92,67
30 < x ≤ 40	12	518	0,02	94,87
40 < x ≤ 50	6	524	0,01	95,97
x > 50	22	546	0,04	100,00
Total	546			

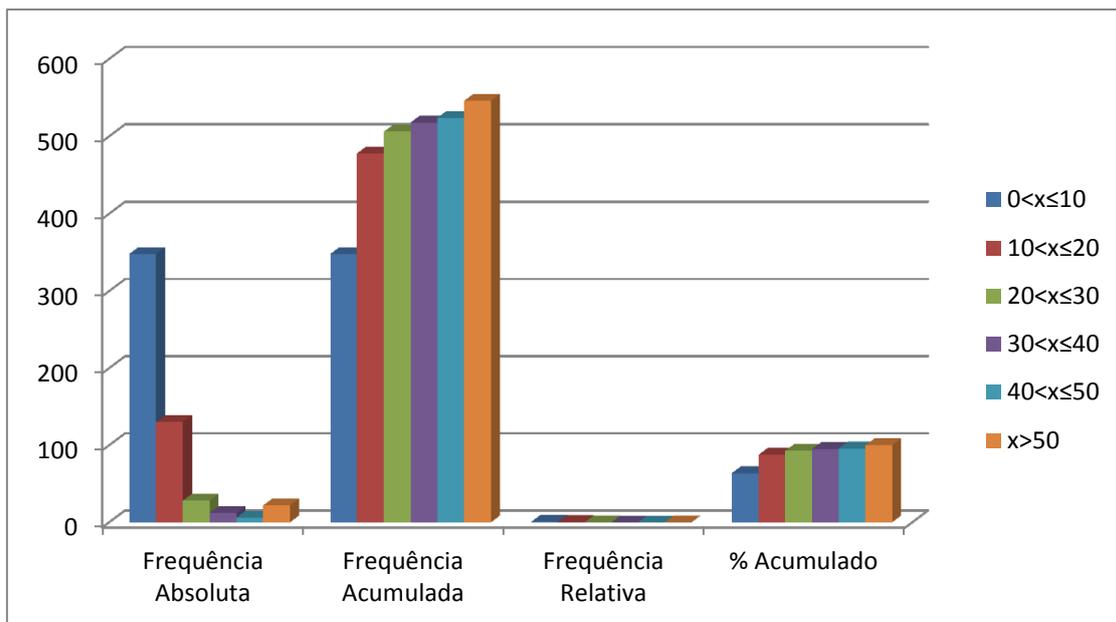


Figura 3.48: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Subdomínio IIc.

Não obstante, de acordo com as condições operacionais em que se encontram os poços (Tabela 3.101) verifica-se que existem 739 unidades (83,9%) em condições de funcionamento, ou seja, são poços que estão bombeando (31,4%), estão equipados (52,4%) ou parados/não instalado (2,7%), conforme ANEXO 1.14 Tabela de poços do Subdomínio IIc.

Tabela 3.101 – Situação operacional dos 882 poços catalogados e cadastrados no Subdomínio IIc.

Registros	Bombeando	Equipado	Seco	Parado/ Não Instalado	Sem informação	Em condições de funcionamento
882	277	462	24	18	101	739
100%	31,4%	52,4%	2,7%	2,0%	11,5%	83,8%

3.3.5.1.8 Conclusões

Com base nos dados apresentados anteriormente referentes ao Aquífero Bambuí do Carste do São Francisco no Subdomínio IIc é possível concluir que:

- A profundidade dos poços inventariados no Subdomínio IIc variou de 25 a 260 m, com média aproximada de 100,9 m, sendo que os poços nos intervalos acima de 40 metros constituem as classes mais frequente (98%);
- 32% dos poços possuem níveis estáticos entre 0 e 10 m de profundidade, somados a classe de 10 a 20 m chegam a 427 poços ou 78% do total. Vale ressaltar que a rigor esses níveis não são “estáticos”, pois a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração;
- As vazões informadas dos poços (Tabela 3.100) em 64% dos casos são menores ou iguais a 10 m³/h e nos 36% restantes oscilam entre mais de 10 m³/h até 90 m³/h;
- Em termos de condições operacionais (Tabela 3.98) do total de 882 poços existem 18 poços secos e sem condições de utilização e ainda 101 poços sem informação sobre o tema. Dos poços em condições de utilização, 277 poços estão bombeando, 462 equipados no Subdomínio IIc;
- No que se refere ao tipo de equipamento instalado nos poços (Tabela 3.102), verificou-se que nos 536 poços com informações sobre bombas, 31 usam bomba centrífuga, 6 bomba injetora, 330 bomba submersa, 168 compressor e 1 bomba pistão.

Tabela 3.102 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.

Equipamentos de bombeamento	Nº	Bomba centrífuga	Bomba injetora	Bomba submersa	Compressor	Pistão
Registros	536	31	6	330	168	1
Percentual	100%	5,8%	1,1%	61,6%	31,3%	0,2%

3.3.5.2 Regime de Funcionamento dos Poços

Na Tabela 3.103 são mostrados os valores dos parâmetros estatísticos do número de horas por dia em que são bombeados os poços da área estudada, segundo dados do cadastro de outorgas de água subterrânea IGAM (2014).

Existem apenas 236 poços com regime de funcionamento informado e o cálculo do regime médio de funcionamento para todos os 739 poços, em condições de utilização, é feito usando a média ponderada pela frequência do número de horas de bombeamento, nos intervalos de classe, conforme a expressão:

$$\overline{R}_e = \sum_{j=1}^{12} R_{ej} \times w_j$$

Ou seja, o regime médio estimado é dado pela somatória do regime médio ponderado pela frequência relativa ou fator de ponderação.

Tabela 3.103 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Subdomínio IIc, usando 236 poços com regime informado no cadastro de outorgas (IGAM, 2014).

Classe Regime Informado (h/dia)	Frequência Absoluta Número de Poços n_j	Regime médio informado R_{ej} (h/dia)	Frequência Relativa ou Peso $w_j=n_j/N$	Regime médio ponderado (h/dia) $R_{ej} \cdot w_j$
0<x≤1	16	0,733	0,068	0,050
1<x≤2	20	1,636	0,085	0,139
2<x≤3	25	2,866	0,106	0,304
3<x≤4	19	3,762	0,081	0,303
4<x≤5	16	4,824	0,068	0,327
5<x≤6	13	5,815	0,055	0,320
6<x≤7	8	6,781	0,034	0,230
7<x≤8	21	7,853	0,089	0,699
8<x≤9	5	0,000	0,021	0,000
9<x≤10	17	9,929	0,072	0,715
10<x≤11	4	0,000	0,017	0,000
11<x≤12	15	12,000	0,064	0,763
12<x≤24	57	17,686	0,242	4,272
Soma	236			8,120

Legenda:

$N = \sum n_j = N = \sum n_j$ = número total de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro de água subterrânea realizado ao longo do projeto.

Frequência Absoluta (n_j): número de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro realizado ao longo do projeto.

Regime Médio Informado (R_{ej}) = Média de horas de funcionamento dos poços em cada intervalo de classe.

Regime médio ponderado em cada intervalo de classe: ($R_{ej} \times w_j$).

Frequência Relativa ou fator de ponderação: $w_j = n_j / N$. Regime Médio Estimado:

$$\bar{R}_e = \sum_{j=1}^9 R_{ej} \times w_j \quad \mathbf{8 \text{ horas e } 7 \text{ minutos.}}$$

Como visto na Tabela 3.103, o regime médio de funcionamento estimado para os poços no Subdomínio IIc em 2015 é de 8,120 horas por dia, o que equivale a 8h:72 min.

3.3.5.3 Produção Global dos Poços

Considerando o regime de funcionamento e a vazão média dos diferentes intervalos de classe de vazão apresentados na Tabela 3.104, obtém-se uma produção estimada de 75.936,61 m³/dia, ou 878,9 L/s.

Tabela 3.104 - Produção global estimada, explotada no Subdomínio Ilc.

Classe Vazão (m³/h)	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Vazão Média (m³/h)	Efetivo de Poços	Vazão Estimada (m³/dia)	Vazão Estimada (m³/s)	
						265 poços	198 poços
0<x≤5	93	0,47	2,52	124	3.211,95	0,04	0,03
5<x≤10	40	0,20	7,23	54	3.957,62	0,05	0,03
10<x≤20	28	0,14	14,01	37	5.368,98	0,06	0,05
20<x≤30	6	0,03	24,11	8	1.979,08	0,02	0,02
30<x≤40	5	0,03	37,00	7	2.531,59	0,03	0,02
40<x≤50	9	0,05	45,61	12	5.616,50	0,06	0,05
x>50	17	0,09	77,84	23	18.106,18	0,21	0,16
Total	198			265	40.772,27	0,472	0,353

Legenda:

N = número total de poços com vazão informada no SIG

Frequência Absoluta (FA) = número de poços com vazão informada no SIG em cada intervalo de classe.

Frequência Relativa (FR) = FA/N.

Vazão Média (QM) = média dos valores de vazão informada em cada intervalo de classe.

Efetivo de poços = N° P.P. x FR= número de poços produtores (bombeando/equipado) encontrados dentro dos limites do subdomínio.

Vazão Estimada (QE) m³/dia = QM x RME x Efetivo de poços em cada intervalo de classe.

Vazão Estimada (QE) m³/s = QE (m³/dia) x Quantidade de segundos em um dia (84.600).

Segundo os dados informados, a produção de água para um efetivo de 739 poços em operação no ano de 2015 foi estimada em 0,8789 m³/s conforme Tabela 3.104.

A Tabela 3.105 apresenta a distribuição da produção global dos poços em condições de funcionamento (Tabela 3.101) de acordo com a situação operacional informada (ANEXO 1.14). Como visto na Tabela 3.104, a produção global de água estimada para os 739 poços atinge 0,2035 m³/s. Só com os 467 poços em operação, a exploração extraía 73,89% desse total, ou seja, 0,6494 m³/s. A distribuição espacial dos poços produtores no Subdomínio Ilc é mostrada na Figura 3.49, a qual foi gerada a partir da tabela contida no ANEXO 1.14.

Tabela 3.105 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Subdomínio Ilc.

Poços	Em condições de funcionamento	Bombeando	Equipado
Número	736	277	462
Percentual	100%	37,64%	62,36%
Vazão (m³/s)	0,8789	0,3308	0,5481

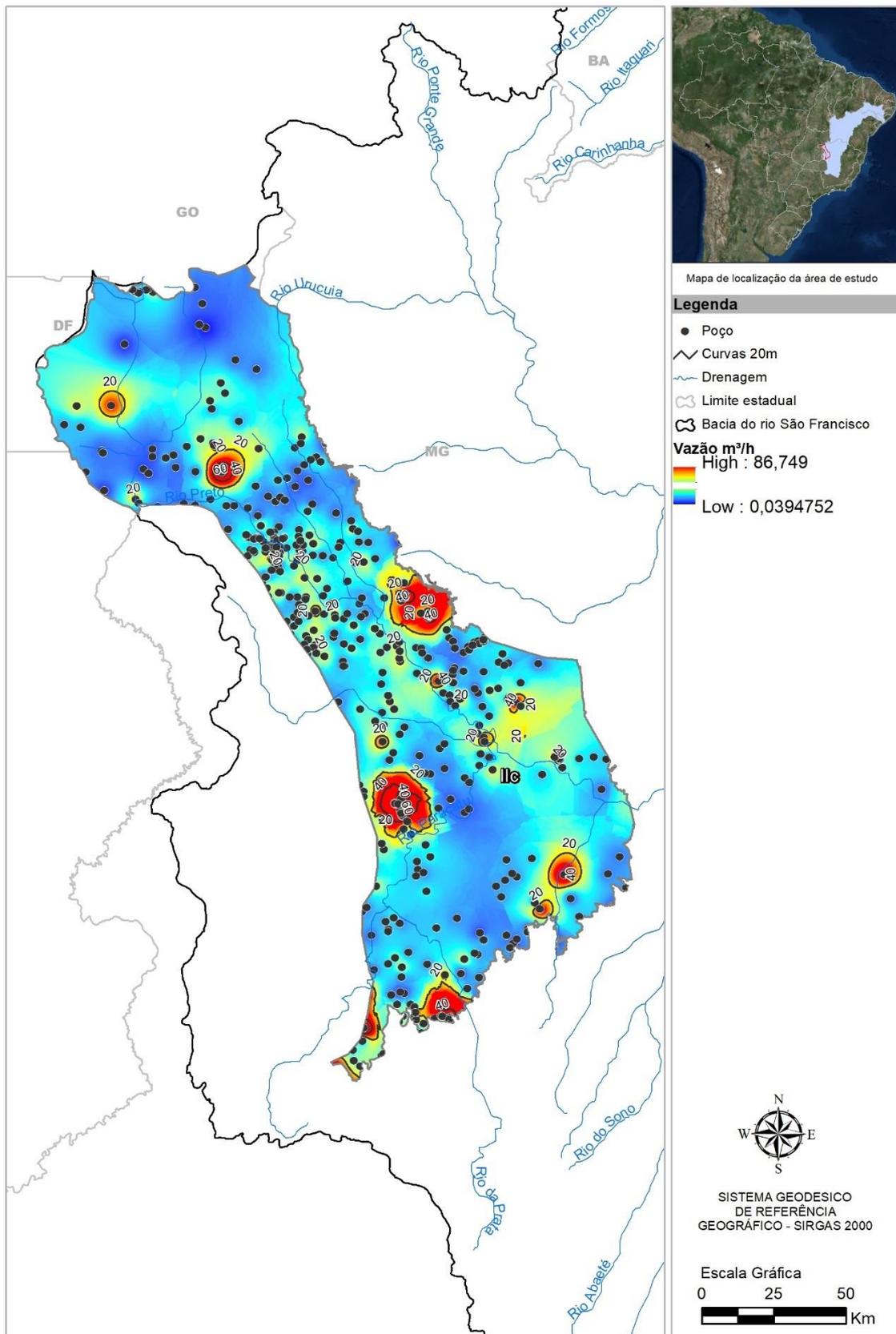


Figura 3.49: Distribuição espacial da produção de 736 poços em operação localizados no Subdomínio Ilc.

3.3.5.4 Recarga no Subdomínio IIc

A Tabela 3.106 apresentada a seguir, identifica quais são as estações utilizadas para os cálculos de recarga, sendo mostradas ainda, outras informações como dimensão da bacia, código e nome da estação, e o período a que se referem os registros de medições de descarga em cada uma delas.

Tabela 3.106 – Informações básicas sobre as estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do Subdomínio IIc.

Código da estação*	Latitude	Longitude	Denominação	Curso d'água	Área (km ²)	Período de monitoramento	Período adotado para cálculo
43250002	-15,6097	-46,4122	Buritis – Jusante	Rio Urucuia	2829,43	1976 - 2015	1976 – 2007
42435000	-16,8744	-46,5867	Faz. Barra da Égua	Rib. Barra da Égua	1545,50	1974 - 2015	1974 – 2007
42290000	-17,5025	-46,5711	Ponte da BR-040 Paracatu	Rio Paracatu	7672,36	1965 - 2014	1965 – 2007
42365000	-17,6619	-46,355	Ponte da BR-040 Prata	Rio da Prata	3509,34	1976 - 2015	1976 – 2006
42980000	-16,9067	-45,3825	Porto Alegre	Rio Paracatu	41158,73	1952 - 2014	1952 – 2007
42690001	-17,0303	-46,0136	Porto da Extrema	Rio Paracatu	30043,28	1955 - 2015	1955 – 2007
42600000	-16,8397	-46,3572	Porto dos Poções	Rio Preto	9289,06	1956 - 2014	1956 – 2007
42395000	-17,255	-46,4728	Santa Rosa	Rio Paracatu	12951,92	1955 - 2015	1955 – 2007
43880000	-16,2811	-45,4142	Santo Inácio	Rio Urucuia	23758,98	1962 - 2015	1962 – 2007
43670000	-16,1331	-45,7417	Vila Urucuia	Rio Urucuia	18495,91	1967 - 2014	1967 – 2007

Como se observa na Figura 3.50 apresentada a seguir, a configuração hidrográfica das dez bacias de interesse revela que a maioria dessas apresenta porções que extrapolam os limites do Subdomínio IIc, tendo sido, portanto, computados somente os volumes interiores de cada uma das bacias em relação às áreas pertencentes a esse subdomínio.

Ainda do ponto de vista geológico, o conteúdo litológico das oito bacias avaliadas mostrou-se distribuído pelas seguintes tipologias: Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade, Paraopeba, arenito, Paranoá, Sete Lagoas, Vazante - Unidade A, Vazante - Unidade B, Paracatu, Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas, Serra do Landim, Paraopeba, calcário, Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas, Três Marias, Serra de Santa Helena, Paraopeba, Paranoá 1 - Conglomerática Rítmica Quartzítica inferior, Paranoá 2 - Síltico-Ardosiana, Paranoá 4 - Rítmica Pelito-carbonatada, Depósitos Aluvionares, Paranoá 3 - Rítmica Quartzítica Intermediária, Urucuia, Areado e Drenagem.

A Tabela 3.107 apresentada abaixo indica os percentuais de distribuição de cada uma das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IIc.

A seguir, no item relativo aos resultados de cada uma dessas estações/bacias, estão indicados cada um dos valores encontrados para os distintos tipos litológicos.

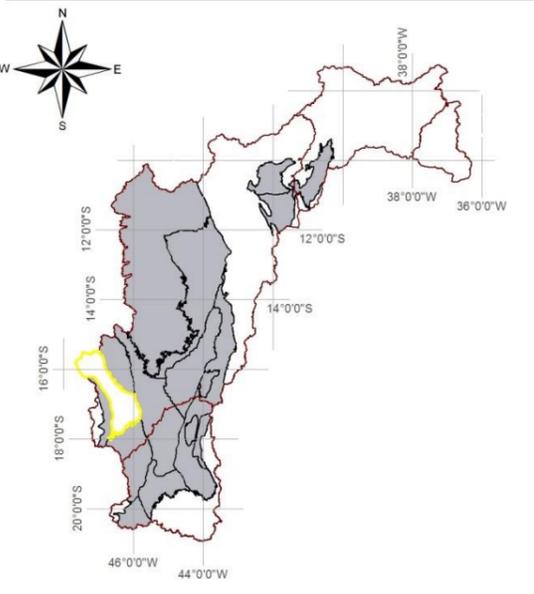
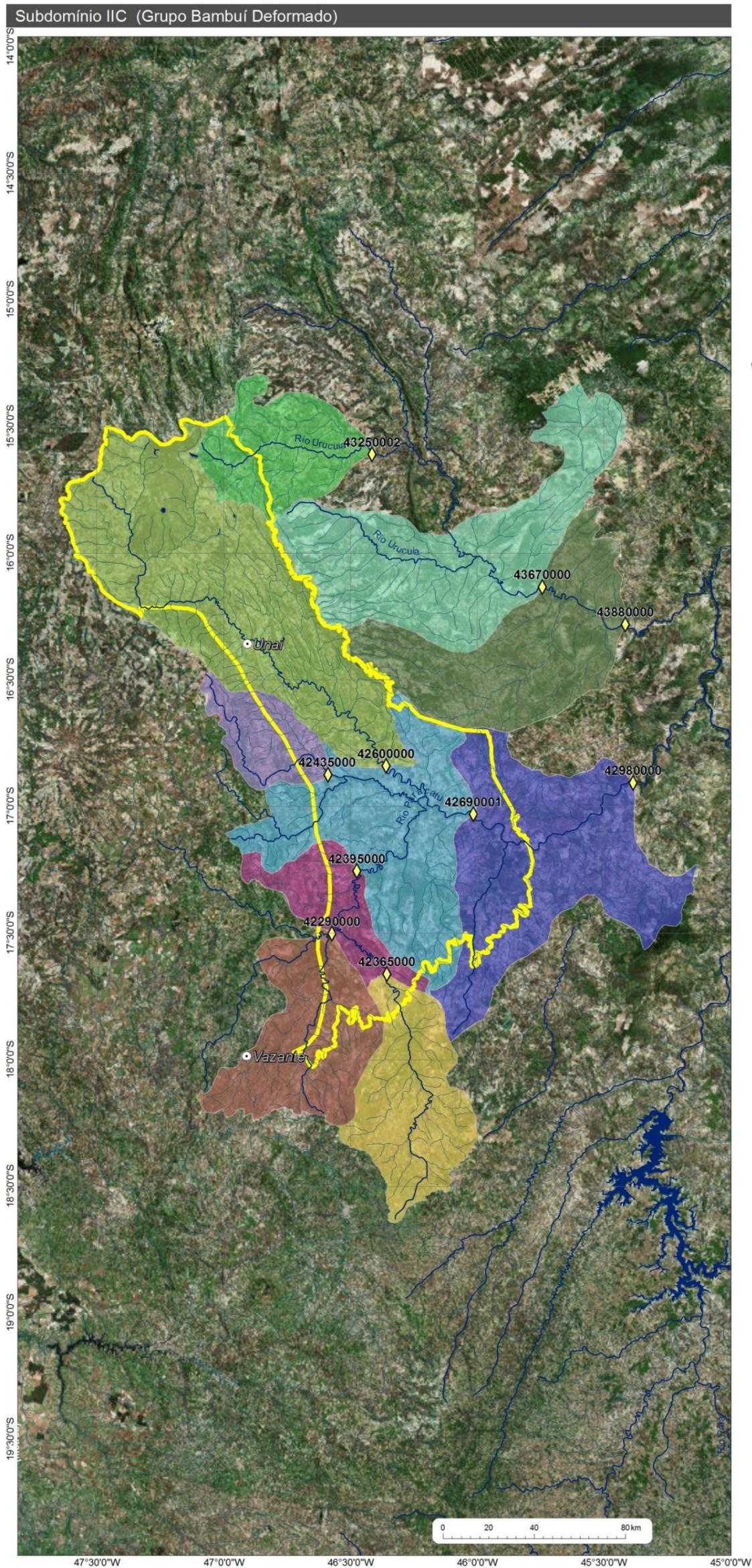


Figura 3.50: Mapa de localização das 8 bacias hidrográficas consideradas nos cálculos de recarga do Subdomínio IIC.

Tabela 3.107 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Subdomínio IIc.

GEOLOGIA DO SUBDOMÍNIO IIc			
Unidade Geológica	Área (km²)	%	Tipologia Litológica
Lagoa do Jacaré	39,41	0,21	Calcarenito, Siltito
Serra da Saudade	49,84	0,27	Siltito, Argilito, Arenito
Paraopeba, arenito	224,97	1,22	Arenito
Paranoá	135,53	0,73	Metarenito arcoseano, Rocha metapelítica
Sete Lagoas	76,21	0,41	Rocha metapelítica
Vazante – Unidade A	0,00	0,00	Ardósia, Foscorito
Vazante – Unidade B	0,07	0,00	Calcário dolomito, Chert, Foscorito, Rocha metapelítica
Paracatu	55,76	0,30	Sericita filito carbonoso
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	7263,49	39,34	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila
Serra do Landim	134,02	0,73	Filito, Sericita filito carbonoso
Paraopeba, calcário	139,90	0,76	Calcário
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	1594,58	8,64	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho
Três Marias	1321,15	7,16	Arcóseo, Argilito, Siltito
Serra de Santa	19,43	0,11	Siltito, Folhelho
Paraopeba	5476,43	29,66	Calcarenito, Arcóseo, dolomito, Siltito, Folhelho, argilito, Ritmito, Marga
Paranoá 1 – Conglomerática Rítmica Quartzítica inferior	0,06	0,00	Conglomerado oligomítico, Metarritmito
Paranoá 2 – Síltico-Ardosiana	44,55	0,24	Filito, Mármore, Metassiltito
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	192,93	1,04	Metargilito, Metassiltito
Depósitos aluvionares	1517,99	8,22	Areia
Paranoá 3 – Rítmica Quartzítica Intermediária	72,43	0,39	Metassiltito, Siltito argiloso
Drenagem	13,23	0,07	
Urucuia	19,79	0,11	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito
Areado	70,51	0,38	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito
Total	18.462,28	99,99	

O mapa da Figura 3.51 mostra a distribuição dos tipos de rocha existentes no interior do subdomínio IIc, bem como sua inserção na bacia do rio São Francisco.

3.3.5.4.1 Resultados

De posse da análise dos hidrogramas de cada um das oito estações fluviométricas, pôde-se levantar os quantitativos referentes às descargas

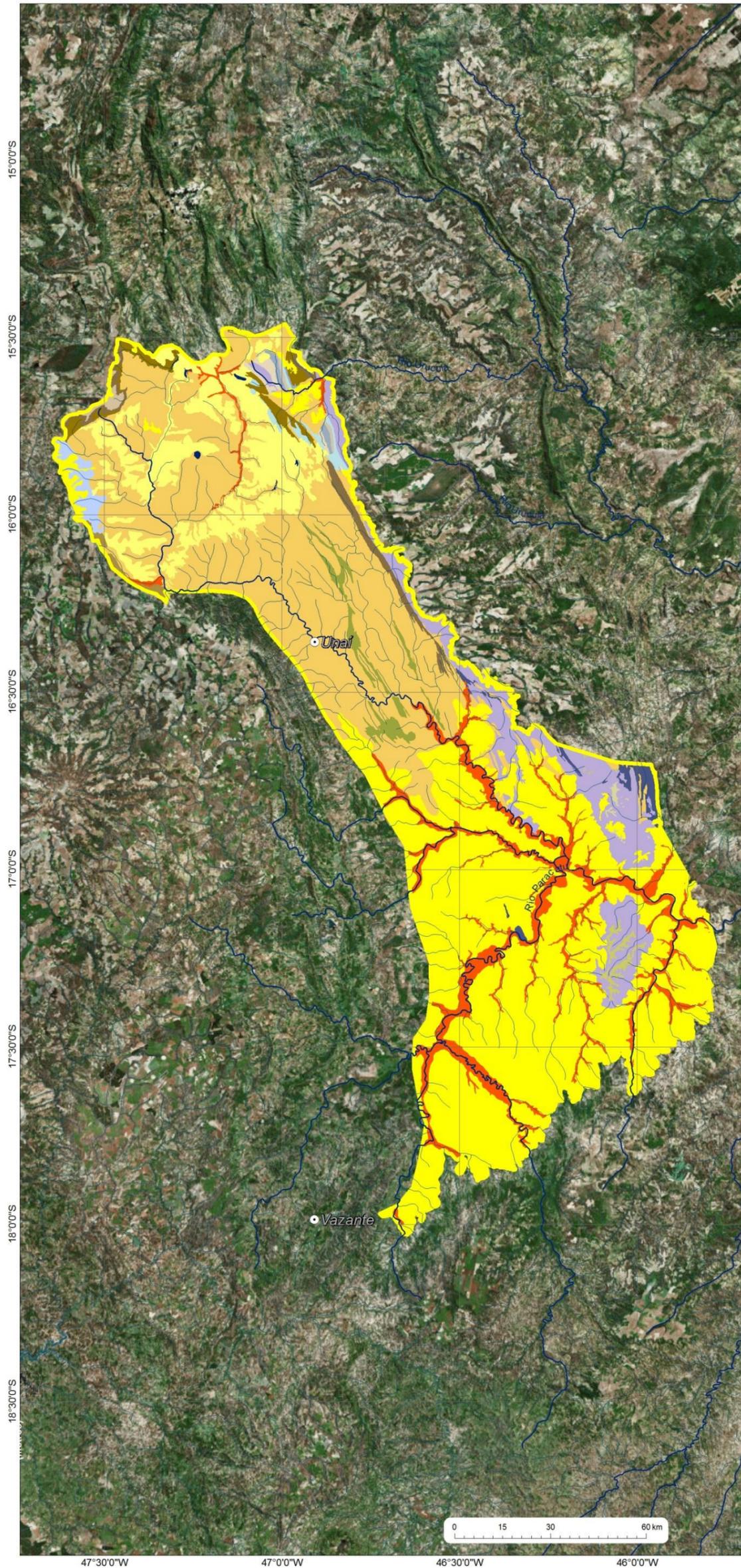
subterrâneas para cada tipologia litológica, bem como os valores médios de recarga anual e seus respectivos percentuais, quando considerada a média pluviométrica obtida pelas isoietas distribuídas em 10 estações no e em torno do subdomínio IIc. Esses valores ainda poderão sofrer ajustes quando da identificação e análise de subdomínios vizinhos, quando avaliadas as outras estações existentes.

Os hidrogramas de cada estação de interesse, os quais serviram para caracterizar os volumes médios que representam as descargas oriundas dos aquíferos permitem visualizar os traçados que representam os filtros adotados nos procedimentos metodológicos (Eckardt, 2008), e servem ainda para identificar os volumes médios de referência (Filtros A e B) adotados como o valor de base assumido para o escoamento subterrâneo (recarga), considerando-se todo o período de medição de descargas de cada estação.

Considerando-se que cada tipologia litológica apresenta uma determinada característica hidrogeológica, ou seja, suas propriedades físicas intrínsecas permitem que sua capacidade de armazenamento de água seja variável (entre distintos tipos de rocha), o conjunto de rochas presentes numa dada bacia hidrográfica vai definir o potencial médio de água capaz de ser liberado no tempo, e no espaço físico da bacia hidrográfica, o que, por sua vez, definirá o volume de descarga específica média numa dada seção fluviométrica e, também, se for o caso, por tipologia litológica. Por isso, a análise ano a ano de cada hidrograma, segundo os métodos de aplicação de filtros para separação dos escoamentos superficial e subterrâneo, revela-se como ferramenta importante para o reconhecimento dessas descargas específicas médias, numa dada seção de interesse.

Os resultados finais de descarga subterrânea específica obtidos em cada estação são apresentados nas Tabela 3.108 a Tabela 3.120 a seguir.

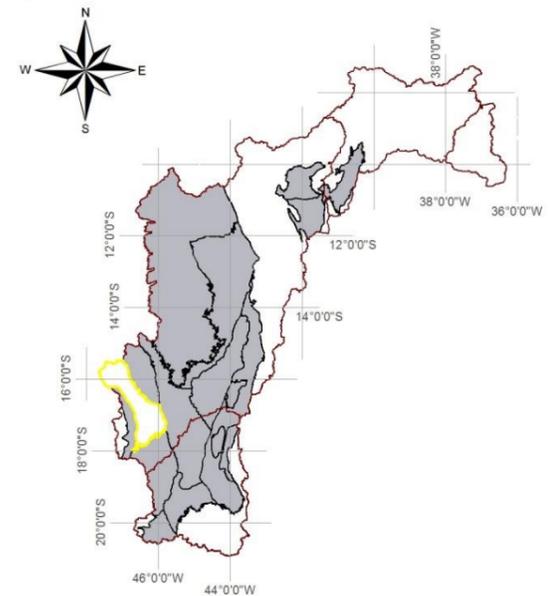
Subdomínio IIC (Grupo Bambuí Deformado)



Mapas de localização



Mapa de domínios de ocorrência de unidades carbonáticas



Legenda

- Sedes municipais
 - Zonas de descarga local
 - Zonas de descarga intermediária
- Subdomínio**
- IIC (Grupo Bambuí Deformado)
- Unidades Geológicas**
- Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas
 - Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas
 - Depósitos aluvionares
 - Grupo Urucua
 - Grupo Areado
 - Subgrupo Paraopeba, calcário
 - Subgrupo Paraopeba, arenito
 - Subgrupo Paraopeba
 - Formação Serra de Santa Helena
 - Formação Serra da Saudade
 - Formação Sete Lagoas
 - Formação Três Marias
 - Grupo Paranoá
 - Grupo Paranoá 1 - Conglomerática Rítmica Quartzítica inferior
 - Grupo Paranoá 2 - Siltico-Ardosiana
 - Grupo Paranoá 3 - Rítmica Quartzítica Intermediária
 - Grupo Paranoá 4 - Rítmica Pelito-carbonatada
 - Formação Vazante - Unidade A
 - Formação Vazante - Unidade B
 - Formação Paracatu
 - Formação Lagoa do Jacaré
 - Serra do Landim

Figura 3.51: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IIC.

Tabela 3.108 – Valores de recarga para a estação Buritis – Jusante.

Estação Buritis – Jusante	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	39,168	1,384	10,198	399,447	5,332
Serra da saudade	Siltito, Argilito, Arenito, Rocha pelítica	47,363	1,674	1,889	89,448	
Paranoá – Unidade rítmica Quartzítica intermediária	Metassiltito, Siltito argiloso, Metargilito	35,784	1,265	5,477	195,984	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	63,643	2,249	6,421	408,665	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	344,538	12,177	8,310	2863,028	
Paraopeba, calcário, Dolomito, Marga, Siltito	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	0,813	0,029	9,443	7,675	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	410,525	14,509	11,331	4651,860	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	1354,136	47,859	2,266	3068,877	
Serra Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	18,561	0,656	1,889	35,053	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	374,022	13,219	5,288	1977,838	
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	Metargilito, Metassiltito, Ardósia, Mármore	125,096	4,421	9,443	1181,273	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	15,153	0,536	13,598	206,048	
Drenagem		0,624	0,022	0,000	0,000	

Tabela 3.109 – Valores de recarga para a estação Fazenda Barra da Égua.

Estação Fazenda Barra da Égua	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Paraopeba, arenito	Arenito, Siltito	12,908	0,835	3,320	42,858	5,052
Vazante – Unidade A	Ardósia, Foscorito	553,097	35,788	2,767	1530,376	
Vazante – Unidade B	Calcário dolomito, Chert, Foscorito, Rocha metapelítica	264,481	17,113	7,471	1975,855	
Paracatu	Sericita filito carbonoso	31,188	2,018	0,830	25,889	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	480,743	31,106	6,917	3325,447	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argillito, Ritmito, Marga	148,014	9,577	3,044	450,498	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	55,067	3,563	8,301	457,094	

Tabela 3.110 – Valores de recarga para a estação Ponte da BR-040 Paracatu.

Estação Ponte da BR-040 Paracatu	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Vazante – Unidade A	Ardósia, Foscorito	994,874	12,967	5,766	5736,546	6,017
Vazante – Unidade B	Calcário dolomito, Chert, Foscorito, Rocha metapelítica	619,785	8,078	13,918	8628,279	
Paracatu	Sericita filito carbonoso	2481,406	32,342	2,187	5427,187	
Canastra Indiviso	Filito, Xisto, Sericita xisto, Grafita xisto, Metarenito, Metassiltito, Metargilito, Ardósia	214,518	2,796	3,579	767,751	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	1999,796	26,065	7,953	15904,862	
Paraopeba, calcário	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	137,659	1,794	9,942	1368,545	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	3,324	0,043	2,386	7,931	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	3,368	0,044	11,930	40,175	
Mata da Corda	Arenito, Tufo lapíli, Rocha vulcânica	253,078	3,299	3,181	805,117	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	739,959	9,644	5,766	4266,678	
Depósitos aluvionares	Areia	224,567	2,927	14,316	3214,858	
Serra do Landim	Filito, Sericita filito carbonoso, Argila, Cascalho, Silte	0,024	0,000	1,651	0,040	

Tabela 3.111 – Valores de recarga para a estação Ponte BR-040 Prata.

Estação Ponte BR-040 Prata	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	204,269	5,821	5,569	1137,600	5,325
Paraopeba, calcário	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	90,607	2,582	7,110	644,171	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	48,965	1,395	6,399	313,308	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	323,916	9,230	1,422	460,578	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	1875,072	53,431	7,347	13775,256	
Mata da Corda	Arenito, Tufo lapíli, Rocha vulcânica	751,584	21,417	1,896	1424,910	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	190,690	5,434	3,792	723,049	
Depósitos aluvionares	Areia	24,237	0,691	8,531	206,779	

Tabela 3.112 – Valores de recarga para a estação Porto Alegre.

Estação Porto Alegre	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	32,062	0,078	8,926	286,181	5,501
Santa Fé	Arenito, Rocha pelítica, Diamictito	565,099	1,373	8,239	4655,939	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	10615,935	25,793	6,454	68515,306	
Paraopeba, calcário	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	564,035	1,370	6,866	3872,643	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	2130,308	5,176	8,239	17551,944	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	3806,541	9,248	1,648	6272,536	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	6187,411	15,033	8,239	50979,047	
Mata da Corda	Arenito, Tufo lapíli, Rocha vulcânica	1090,230	2,649	0,824	898,258	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	6462,876	15,702	3,845	24849,369	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	1862,586	4,525	9,887	18415,366	
Vazante – Unidade A	Ardósia, Foscorito	2806,237	6,818	4,182	11734,445	

Tabela 3.113 – Valores de recarga para a estação Porto Alegre – Continuação.

Estação Porto Alegre	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Vazante – Unidade B	Calcário dolomito, Chert, Foscorito, Rocha metapelítica	1110,752	2,699	9,805	10890,960	
Paracatu	Sericita filito carbonoso	2994,118	7,275	1,154	3453,813	
Paraopeba, arenito	Arenito, Siltito	224,970	0,547	3,320	746,969	
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	0,237	0,001	9,344	2,217	
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito	2,480	0,006	1,730	4,291	
Paranoá	Metarenito arcoseano, Rocha metapelítica	135,528	0,329	4,845	656,617	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica	12,421	0,030	5,883	73,072	
Serra do Landim	Filito, Sericita filito carbonoso	134,045	0,326	5,018	672,623	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho	0,869	0,002	1,730	1,504	
Paranoá 1 – Conglomerática Rítmica Quartzítica inferior	Conglomerado oligomítico, Metarritmito	0,062	0,000	7,613	0,469	
Paranoá 2 – Síltico Ardosiana	Filito, Mármore, Metassiltito	44,548	0,108	8,305	369,994	
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	Metargilito, Metassiltito	89,976	0,219	8,652	778,435	
Paranoá 3 – Rítmica Quartzítica Intermediária	Metassiltito, Siltito argiloso	58,282	0,142	9,344	544,571	
Drenagem	Drenagem	12,608	0,031	0,000	0,000	
Canastra Indiviso	Filito, Xisto, Sericita xisto, Grafita xisto, Metarenito	214,518	0,521	3,579	767,751	

Tabela 3.114 – Valores de recarga para a estação Porto da Extrema.

Estação Porto da Extrema	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Vazante – Unidade A	Ardósia, Foscorito	2806,24	9,34	4,18	11734,45	5,42
Vazante – Unidade B	Calcário dolomito, Chert, Foscorito, Rocha metapelítica	1110,75	3,70	9,81	10890,96	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	3,90	0,01	9,23	35,98	
Paracatu	Sericita filito carbonoso	2994,12	9,97	1,15	3453,81	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	8418,87	28,02	6,34	53412,98	
Paraopeba, calcário	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	324,95	1,08	7,21	2342,76	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	1670,32	5,56	8,65	14450,78	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	1111,15	3,70	1,73	1922,63	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	1887,86	6,28	8,65	16332,85	
Mata da Corda	Arenito, Tufo lapíli, Rocha vulcânica	1004,66	3,34	2,31	2317,83	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	6322,19	21,04	4,33	27348,20	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	1457,72	4,85	10,38	15133,76	
Paraopeba, arenito	Arenito, Siltito	224,97	0,75	3,32	746,97	

Tabela 3.115 – Valores de recarga para a estação Porto da Extrema – Continuação.

Estação Porto da Extrema	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	0,24	0,00	9,34	2,22	
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito	2,48	0,01	1,73	4,29	
Paranoá	Metarenito arcoseano, Rocha metapelítica, Rocha pelítica	135,53	0,45	4,85	656,62	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	12,42	0,04	5,88	73,07	
Serra do Landim	Filito, Sericita filito carbonoso	134,05	0,45	5,02	672,62	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	0,87	0,00	1,73	1,50	
Paranoá 1 – Conglomerática Rítmica Quartzítica inferior	Conglomerado oligomítico, Metarritmito, Filito, Metassiltito	0,06	0,00	7,61	0,47	
Paranoá 2 – Síltico Ardosiana	Filito, Mármore, Metassiltito, Calcifilito	44,55	0,15	8,31	369,99	
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	Metargilito, Metassiltito, Ardósia, Mármore	89,98	0,30	8,65	778,44	
Paranoá 3 – Rítmica Quartzítica Intermediária	Metassiltito, Siltito argiloso, Metargilito	58,28	0,19	9,34	544,57	
Drenagem		12,61	0,042	0,00	0,00	
Canastra Indiviso	Filito, Xisto, Sericita xisto, Grafita xisto, Metarenito	214,52	0,71	3,58	767,75	

Tabela 3.116 – Valores de recarga para a estação Porto dos Poções.

Estação Porto dos Poções	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	0,24	0,00	9,34	2,22	6,06
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito	2,48	0,03	1,73	4,29	
Paraopeba, arenito	Arenito, Siltito	212,06	2,28	5,02	1064,11	
Paranoá	Metarenito arcoseano, Rocha metapelítica, Rocha pelítica	135,53	1,46	4,85	656,62	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	12,42	0,13	5,88	73,07	
Vazante – Unidade A	Ardósia, Foscorito	474,54	5,11	5,02	2381,20	
Vazante – Unidade B	Calcário dolomito, Chert, Foscorito, Rocha metapelítica	44,88	0,48	12,11	543,56	
Paracatu	Sericita filito carbonoso	60,14	0,65	1,90	114,47	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	735,16	7,91	8,13	5978,63	
Serra do Landim	Filito, Sericita filito carbonoso	134,02	1,44	5,02	672,50	
Paraopeba, calcário	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	14,34	0,15	8,65	124,05	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	1581,55	17,03	9,34	14777,48	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	352,58	3,80	2,08	732,10	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	0,87	0,01	1,73	1,50	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	5094,97	54,85	4,85	24684,48	
Paranoá 1 – Conglomerática Rítmica Quartzítica inferior	Conglomerado oligomítico, Metarritmito, Filito, Metassiltito	0,06	0,00	7,61	0,47	
Paranoá 2 – Síltico Ardosiana	Filito, Mármore, Metassiltito, Calcifilito	44,55	0,48	8,31	369,99	
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	Metargilito, Metassiltito, Ardósia, Mármore	89,98	0,97	8,65	778,44	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	227,81	2,45	12,46	2838,08	
Paranoá 3 – Rítmica Quartzítica Intermediária	Metassiltito, Siltito argiloso, Metargilito	58,28	0,63	9,34	544,57	
Drenagem	Drenagem	12,61	0,14	-	-	

Tabela 3.117 – Valores de recarga para a estação Santa Rosa.

Estação Santa Rosa	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Vazante – Unidade A	Ardósia, Foscorito	1247,22	9,63	4,82	6009,30	6,24
Vazante – Unidade B	Calcário dolomito, Chert, Foscorito, Rocha metapelítica	679,97	5,25	11,63	7908,06	
Paracatu	Sericita filito carbonoso	2556,78	19,74	1,83	4672,70	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	3303,84	25,51	7,81	25798,76	
Paraopeba, calcário	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	245,08	1,89	8,31	2035,88	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	48,97	0,38	8,97	439,30	
Mata da Corda	Arenito, Tufo lapíli, Rocha vulcânica	1004,66	7,76	2,99	3004,51	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	949,79	7,33	5,32	5049,60	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	495,39	3,82	11,96	5926,02	
Canastra Indiviso	Filito, Xisto, Sericita xisto, Grafita xisto, Metarenito, Metassiltito, Metargilito, Ardósia	214,52	1,66	3,58	767,75	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	327,24	2,53	2,39	780,79	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	1878,44	14,50	11,93	22409,53	
Serra do Landim	Filito, Sericita filito carbonoso	0,02	0,00	1,65	0,04	

Tabela 3.118 – Valores de recarga para a estação Santo Inácio.

Estação Santo Inácio	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	1987,696	8,366	7,529	14965,705	4,571
Santa Fé	Arenito, Rocha pelítica, Diamictito	417,991	1,759	7,529	3147,128	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	3677,002	15,476	5,444	20018,224	
Paraopeba, calcário	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	265,513	1,118	5,792	1537,766	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	5140,196	21,635	6,950	35724,380	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	7943,509	33,434	1,390	11041,485	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	593,671		6,718	3988,483	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	2096,327	8,823	3,012	6313,440	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	1073,906	4,520	9,267	9951,538	
Paranoá	Metarenito arcoseano, Rocha metapelítica	232,783	0,980	3,749	872,785	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	63,793	0,268	4,396	280,420	
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	39,168	0,165	10,198	399,447	
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito	47,363	0,199	1,889	89,448	
Paranoá 3 – Rítmica Quartzítica Intermediária	Metassiltito, Siltito argiloso, Metargilito	35,784	0,151	5,477	195,984	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	18,561	0,078	1,889	35,053	
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	Metargilito, Metassiltito, Ardósia, Mármore	125,096	0,527	9,443	1181,273	
Drenagem		0,624	0,003	0,000	0,000	

Tabela 3.119 – Valores de recarga para a estação Vila Urucuia.

Estação Vila Urucuia	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Paranoá	Metarenito arcoseano, Rocha metapelítica, Rocha pelítica	232,783	1,259	3,749	872,785	4,788
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	63,793	0,345	4,396	280,420	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	1584,703	8,568	8,404	13317,388	
Santa Fé	Arenito, Rocha pelítica, Diamictito	40,789	0,221	7,757	316,415	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	2832,286	15,313	6,077	17210,469	
Paraopeba, calcário	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	87,871	0,475	6,464	568,033	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	4258,852	23,026	4,983	29733,359	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	6430,893	34,769	1,551	9977,235	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	263,506	1,425	7,757	2044,086	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	1738,486	9,399	3,879	6742,952	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	695,352	3,759	9,309	6472,841	
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	39,168	0,212	10,198	399,447	
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito	47,363	0,256	1,889	89,448	
Paranoá 3 – Rítmica Quartzítica Intermediária	Metassiltito, Siltito argiloso, Metargilito	35,784	0,193	5,477	195,984	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	18,561	0,100	1,889	35,053	
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	Metargilito, Metassiltito, Ardósia, Mármore	125,096	0,676	8.443	1181,273	
Drenagem		0,624	0,003	0,000	0,000	

3.3.5.4.2 Considerações finais

Diante dos valores encontrados para as recargas dos aquíferos contidos no subdomínio IIC, verifica-se a partir da Tabela 3.120, apresentada a seguir, que o valor médio da Vazão subterrânea específica é de 6,03 L/s.km², variando entre 1,86 L/s.km² e 12,11 L/s.km² e em termos médios anuais, a média geral da Recarga média anual para o Subdomínio IIC corresponde cerca de 190,27 mm/ano.

Tabela 3.120 – Resultados de recarga encontrados para o Subdomínio IIC.

Unidade	Área (km ²)	Vazão mínima ponderada por litologia (L/s)	Vazão subterrânea específica média (L/s.km ²)	Recarga média anual (mm/ano)
Lagoa do Jacaré	39,41	396,25	10,06	317,12
Serra da Saudade	49,84	90,98	1,83	57,56
Paraopeba, arenito	224,97	1122,18	4,99	157,31
Paranoá	135,53	656,62	4,84	152,79
Sete Lagoas	76,21	465,74	6,11	192,72
Vazante – Unidade A	0,00	0,00	3,89	122,75
Vazante Unidade B	0,07	0,83	12,11	381,97
Paracatu	55,76	106,13	1,90	60,02
Cobertura detrítico-lateríticas ferruginosas	7263,49	47688,98	6,57	207,05
Serra do Landim	134,02	672,50	5,02	158,24
Paraopeba, calcário	139,90	1036,93	7,41	233,75
Coberturas detrítico-lateríticas com concreções ferruginosas	1594,58	15328,09	9,61	303,14
Três Marias	1321,15	2467,70	1,87	58,90
Serra de Santa Helena	19,43	36,08	1,86	58,56
Paraopeba	5476,43	28,95	4,84	152,48
Paranoá 1 – Conglomerática Rítmica Quartzítica inferior	0,06	0,47	7,61	240,10
Paranoá 2 – Síltico-Ardosiana	44,55	369,99	8,31	261,92
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	192,93	1813,53	9,40	296,44
Depósitos aluvionares	1517,99	15572,63	10,26	323,52
Paranoá 3 – Rítmica Quartzítica Intermediária	72,43	225,60	3,11	98,22
Drenagem	13,23	0,00	0,00	0,00
Urucuia	19,79	178,64	9,03	284,66
Areado	70,51	574,37	8,15	256,90
				190,27

3.3.5.5 Zoneamento da exploração no Subdomínio IIc

O zoneamento da exploração é considerado fundamental para a gestão do aquífero e para cumprir essa finalidade foi adotado o seguinte procedimento:

- O ponto de partida para o *zoneamento da exploração* foi a inserção da área do Subdomínio IIc, em estudo, no interior de um retângulo compreendido entre os paralelos de 45°30'W e 48°W e entre os meridianos de 15°S e 17°30'S, no qual foi feita uma partição em células quadradas de 30' de lado, com área aproximadamente de 3025 km² (55 km x 55 km), conforme Figura 3.55. Globalmente, o Subdomínio IIc, com área de 18378,3 km², foi recoberto por 17 células com áreas variáveis de 9 a 2.942,3 km².
- Foi então realizado um balanço tendo como vazão de entrada em cada célula a recarga média avaliada por sub-bacia (Tabela 3.121) e como descarga de saída, a vazão informada no cadastro de usuários realizado em 2014 na área do projeto. Verificou-se que o número de poços existentes em condições de operação em cada célula varia bastante concentrados principalmente nas células Q03, R04, R03. Isto permitiu obter o mapa de zoneamento da exploração do aquífero em 2014 (Figura 3.52). Esse mapa revela que em todas as células há excedente hídrico e que as retiradas são bem inferiores à recarga.
- Essa conclusão baseada em vazão informada sugere que não há motivos para preocupação nesse subdomínio, notadamente porque a julgar pelo índice de concentração de poços, o resultado é consistente com a realidade.
- Neste sentido, não há prioridade para implementação de um programa de monitoramento automático de níveis e descargas de poços neste subdomínio.

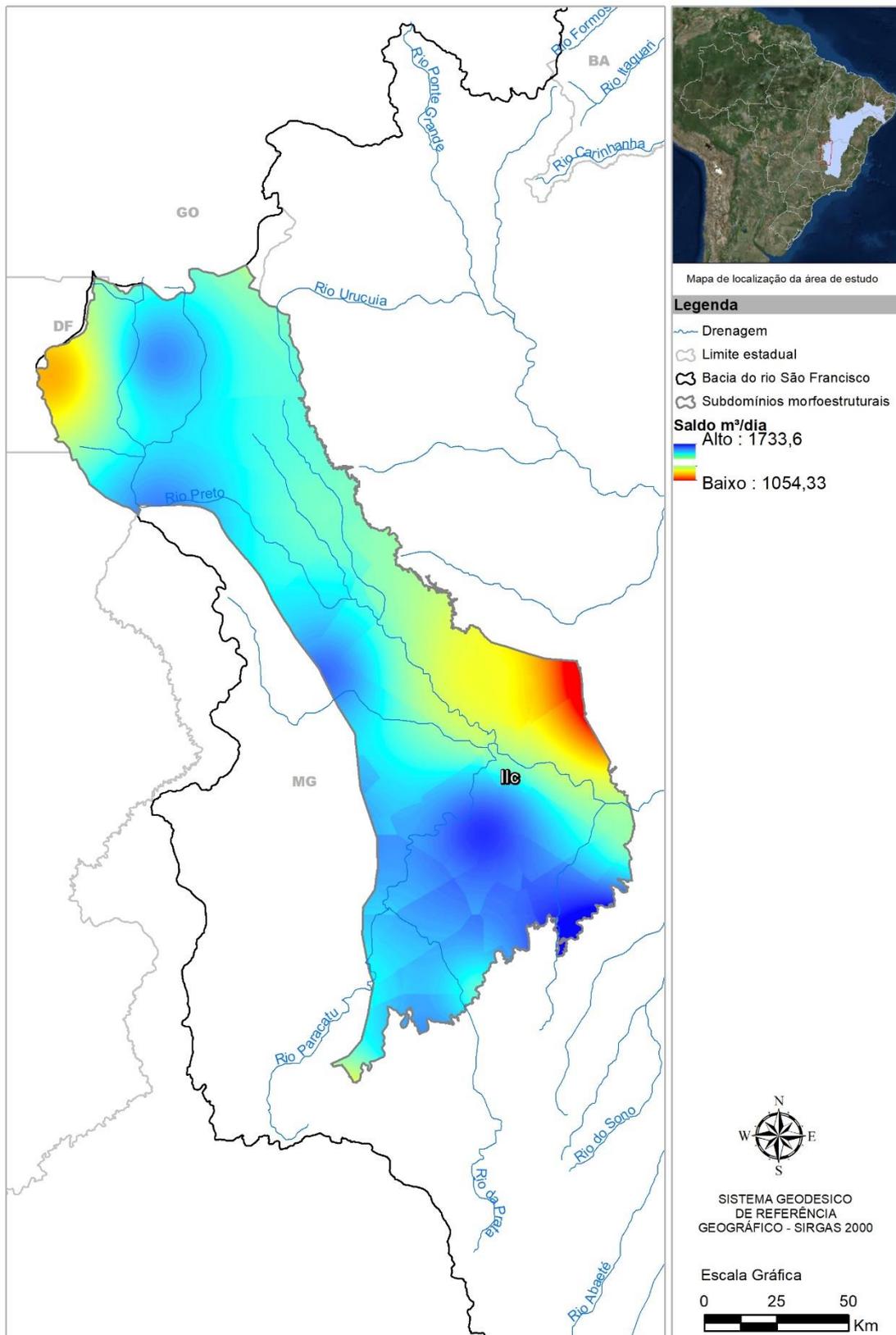


Figura 3.52: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Subdomínio Ilc com excedente hídrico.

Tabela 3.121 – Balanço entre recarga natural e vazão explorada no subdomínio IIc.

Célula	x	y	Area km ²	Número de Poços	Recarga m ³ /dia	Produção Estimada m ³ /dia	Saldo m ³ /dia
O03	-46,75	-15,25	9,2	0	5.524	0	5.524
P01	-47,6	-15,805	395,8	4	1.266.413	852	1.266.561
P02	-47,25	-15,75	2.774,1	39	1.577.287	11.021	1.566.266
P03	-46,75	-15,75	902,8	11	453.044	1.607	451.437
Q02	-47,25	-16,25	1.335,6	60	1.148.075	8.959	1.138.116
Q03	-46,75	-16,25	2.255,1	313	1.153.936	57.453	1.095.483
Q04	-46,25	-16,25	74,4	2	36.417	307	36.111
R03	-46,75	-16,75	1.550,0	133	881.075	27.305	852.769
R04	-46,25	-16,75	2.316,2	147	1.078.958	34.217	1.045.742
R05	-45,75	-16,75	259,9	6	56.606	1.161	56.446
S03	-46,75	-17,25	627,7	25	464.146	17.759	445.387
S04	-46,25	-17,25	2.942,3	54	1.646.069	11.316	1.634.753
S05	-45,75	-17,25	1.072,1	8	522.306	2.014	520.292
T03	-46,75	-17,75	581,2	24	365.219	6.254	357.966
T04	-46,25	-17,75	1.218,0	39	616.436	14.045	603.391
T05	-45,75	-17,75	55,1	1	40.916	180	40.736
U03	-46,68	-18,152	9,0	0	7.572	0	7.572

3.3.6 Reservas, potencialidades e exploração

As conceituações de reservas, potencialidades e exploração encontram-se nos tópicos 1.2, 1.3 e 1.4 do Capítulo 1.

3.3.6.1 Reservas permanentes

As reservas permanentes do Subdomínio IIc do Domínio II – Grupo Bambuí Deformado W foram avaliadas de acordo com o exposto nos itens 1.2.1 e 1.2.2 do Capítulo 1 do presente relatório. A Tabela 3.122 a seguir sintetiza os valores utilizados e os resultados obtidos.

Tabela 3.122 – Reserva permanente do Subdomínio IIc.

Subdomínio IIc do Domínio II								
Unidade Geológica	Área (km ²)	%	Litologia predominante	P (m)	NE (m)	μ_e	b (m)	RP (hm ³)
Serra da Saudade	849,49	7,75	Siltito, Argilito, Arenito	120,00	18,00	0,020	102,00	1.732,97
Paraopeba, arenito	1.024,62	9,35	Arenito	50,00	7,00	0,070	43,00	3.084,12
Sete Lagos	875,86	7,99	Rocha metapelítica	120,00	22,00	0,110	98,00	9.441,80
Paraopeba, calcário	939,55	8,57	Calcário	88,00	4,00	0,130	84,00	10.259,92
Paraopeba	6.276,08	57,27	Calcarenito, Arcóseo, dolomito, Siltito, Folhelho, argilito, Ritmito, Marga	72,00	9,00	0,070	63,00	27.677,53
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	992,58	9,06	Metargilito, Metassiltito	120,00	16,00	0,130	104,00	13.419,72
Total	10.958,20	100,00					Reserva permanente total	65.616,05

P = prof. média dos poços NE = nível est. médio μ_e = poros efetiva b = espes. saturada média RP = Res. Perman.

3.3.6.4 Exploração

O conceito de exploração de água subterrânea, aqui adotado, é discutido no item 1.4 do presente relatório.

Uma análise bastante detalhada da produção dos poços do Subdomínio IIc foi apresentada acima no item 3.3.5.3. Os números obtidos nessa análise serão aqui reproduzidos.

3.3.6.4.1 Exploração efetiva

A exploração efetiva é avaliada em 75.936,61 m³/dia ou 27,7 hm³/ano para um regime médio de 8,12 horas/dia de bombeamento.

3.3.6.4.2 Exploração instalada

Considerando-se regime de bombeamento contínuo, chega-se a uma exploração instalada de 81,9 hm³/ano.

3.4 Subdomínio IId

Afloram essencialmente rochas siliciclásticas da Formação Três Marias, que estão cobertas, em parte, por espessas coberturas cenozoicas. Rochas pelito-carbonáticas ocorrem localmente na porção oeste, acompanhando uma zona de falha de direção NW-SE.

3.4.1 Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação

Neste item tem-se o levantamento do uso do solo, das estruturas cársticas e das fontes de contaminação realizado para a área regional, conforme descrito no capítulo de Metodologia, e recortados aqui para o Subdomínio IId.

Na Tabela 3.123 tem-se as fontes contaminantes do Subdomínio IId.

Tabela 3.123 – Fontes contaminantes do Subdomínio IId.

Subdomínio IId – Fontes contaminantes	
Cemitério	4
Esgotamento sanitário	3
Posto de combustível	19
Total:	26

O quantitativo de estruturas cársticas para o subdomínio IId foi de 26 cavidades e 42 dolinas, e estão exibidas na Figura 3.53.

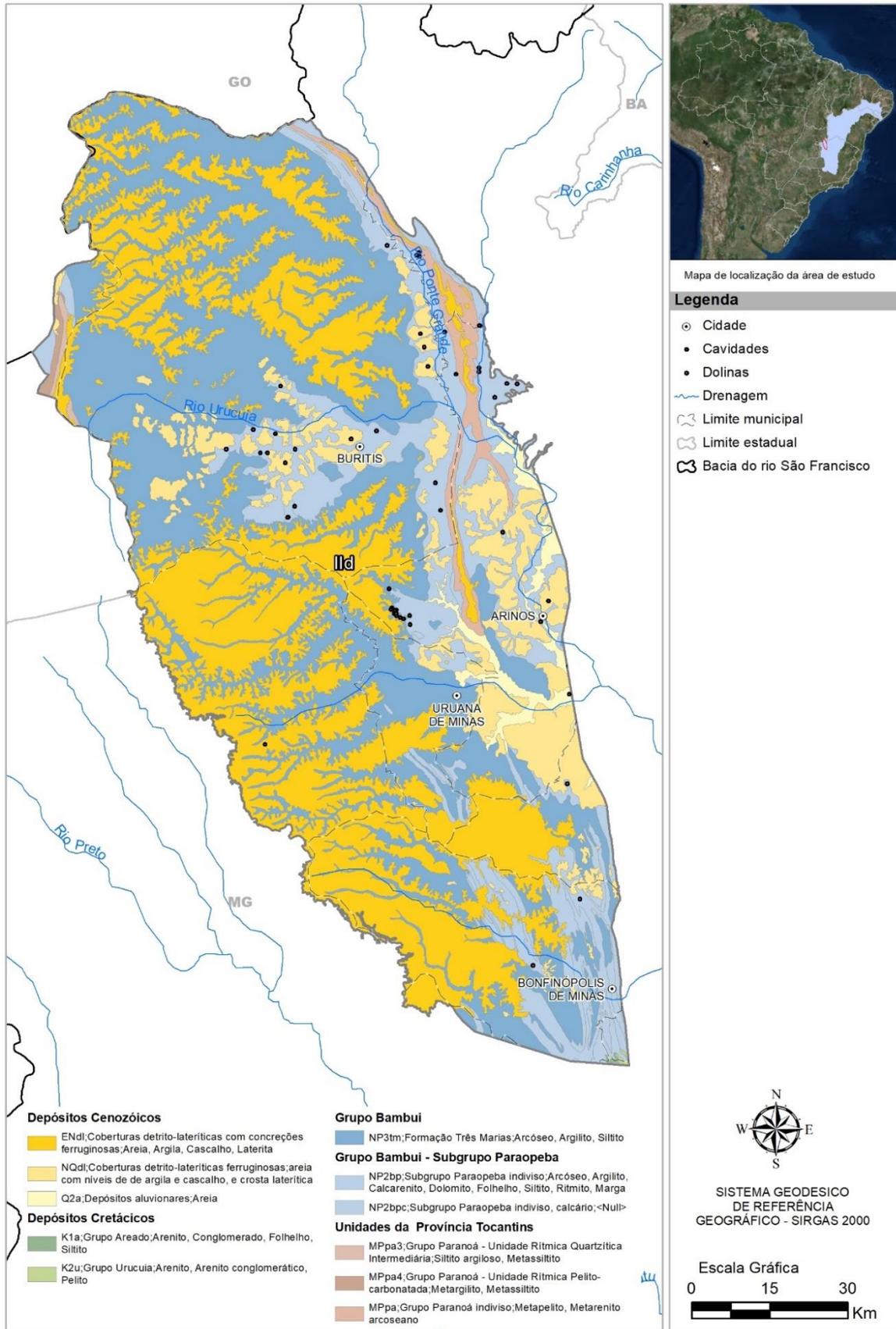


Figura 3.53: Mapa de estruturas cársticas do Subdomínio IId.

As áreas das diferentes classes de uso do solo do subdomínio IId são quantificadas conforme mostrado na Tabela 3.124.

Tabela 3.124 – Áreas de uso do solo do Subdomínio IId.

Classes de uso do solo	Área em km ²
Campestre	5095,99
Corpo d'água continental	9,62
Florestal	5417,22
Lavoura temporária	1283,55
Sem informação	13,78
Total:	11820,17

A distribuição percentual das áreas das classes de uso do solo no subdomínio IId é mostrada na Figura 3.54.

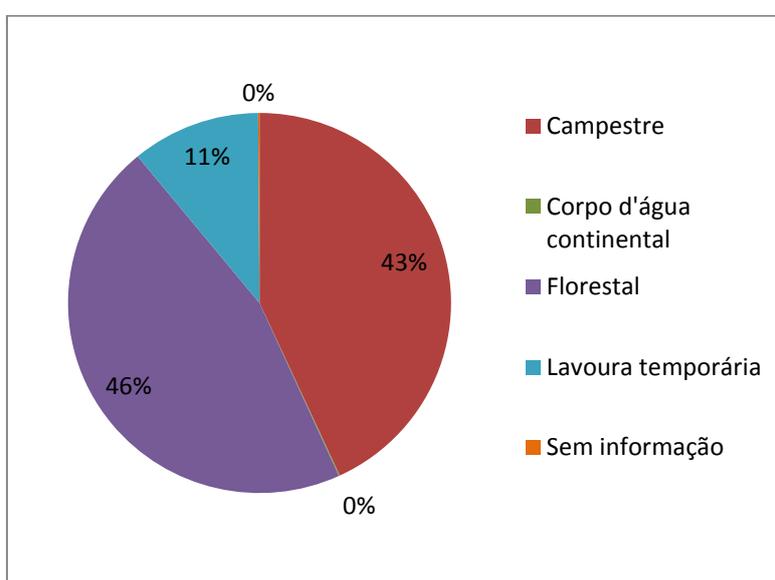


Figura 3.54: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Subdomínio IId.

A maior porcentagem encontra-se na classe Florestal, com 46% da área total de 11.820,17 km², ou seja, 5.417,22 km² de área; em seguida, a maior área foi identificada como Campestre com 43% ou 5.095,99 km²; a classe Lavoura Temporária representa 11% ou 1.283,55 km²; as demais classes, como Corpo de Água Continental, e Sem Informação, representam valor menor que 1%, respectivamente com 9,62 km² e 13,78 km².

O mapa do uso do solo acrescido dos possíveis pontos de contaminação e estruturas cársticas, para o subdomínio IId, pode ser observado na Figura 3.55.

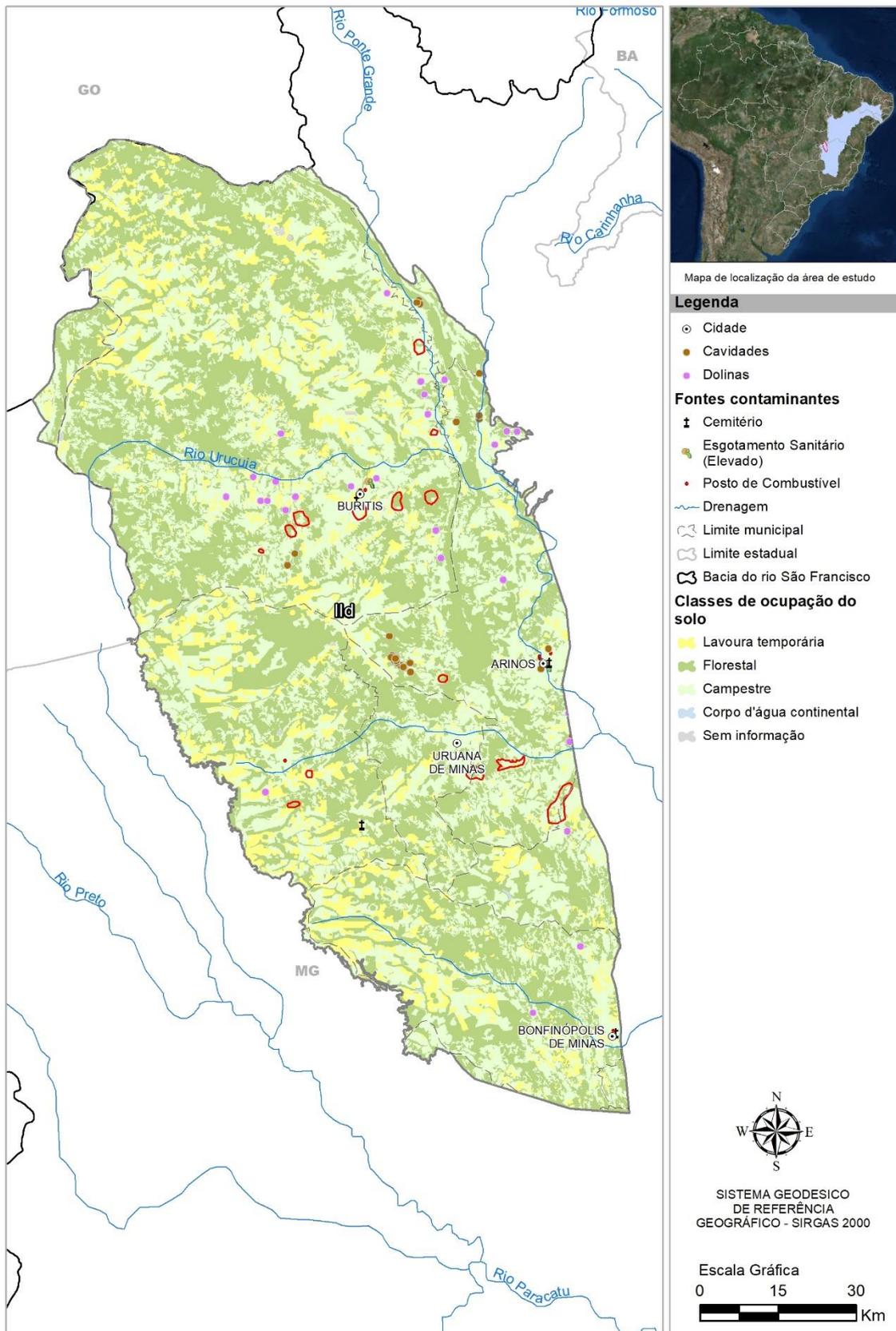


Figura 3.55: Uso e ocupação do solo no Subdomínio IId.

3.4.2 Levantamento socioeconômico e demandas hídricas

Para a realização de um estudo correto das demandas hídricas de uma localidade, se faz necessário o estudo de parâmetros socioeconômicos e populacionais.

A interpretação dos parâmetros de rendimento e taxa de alfabetização, auxiliam no entendimento do grau de desenvolvimento econômico de uma região, e a partir daí, torna-se possível correlacioná-los à necessidade de água no local. A Tabela 3.125 apresenta tais parâmetros para o subdomínio IId.

Tabela 3.125 - Dados socioeconômicos do Subdomínio IId.

Rendimento (R\$)	Alfabetização (%)	IDHM
699,86	86,20	0,66

O subdomínio IId apresentou, em 2010, o rendimento médio da população muito abaixo da média do estado de Minas Gerais, sendo cerca de 36% menor. Porém, se comparado ao salário mínimo do ano em questão (510 reais), este rendimento é cerca de 37% acima.

No tocante à taxa de alfabetização, o subdomínio IId também apresenta uma taxa (86,20%) abaixo da taxa do estado de Minas Gerais (92,30%).

No caso do rendimento, tem-se a consideração do peso proporcional de adultos potencialmente receptores de renda no domicílio, diante do cenário em que crianças e idosos tendem a não gerar renda. Sabendo que o rendimento é obtido pela divisão da receita domiciliar pelo número de integrantes no domicílio, um rendimento baixo pode ser entendido como receita familiar baixa e/ou alto número de integrantes da família, assim como um rendimento alto pode significar uma receita familiar alta e/ou um baixo número de integrantes da família.

Analogamente, a taxa de alfabetização contribui para análise das condições de vida populacional, proporcionando o entendimento do bem estar familiar. Essa taxa de alfabetização tende a ser mais baixa em localidades de menor rendimento, indicando menor oportunidade de acesso ao conhecimento.

Dessa forma, compreender o nível de qualidade de vida constitui um fundamento para gerar dados acerca do rendimento e taxa de alfabetização regional, de forma que uma menor qualidade de vida é relacionada a um menor rendimento e menor taxa de alfabetização, o que assinala menor demanda hídrica no local, ao passo que uma maior qualidade de vida é relacionada a um maior rendimento e maior taxa de alfabetização, assinalando uma maior demanda hídrica.

Quando consideramos o IDHM, é possível obter uma análise mais robusta, haja vista que tal índice pondera longevidade, educação e renda, simultaneamente. Nesse âmbito, o Índice de Desenvolvimento Humano para o Subdomínio IId foi de 0,66, em 2010, classificando-se na faixa de

Desenvolvimento Humano Alto (IDHM entre 0,600 e 0,699). Pode-se concluir que o subdomínio IId possui rendimento, taxa de alfabetização e IDHM medianos.

O subdomínio IId representa 2% do PIB e cerca de 1% da população do total dos subdomínios. Porém, quando analisado o PIB per capita, o subdomínio apresenta resultados um pouco mais alto.

Essa situação pode caracterizar má distribuição de renda na região, ou ainda, que a região possui áreas comerciais/industriais, onde a produção de bens é mais intensa que os gastos domiciliares.

Esse cenário pode ser ainda confirmado diante do confronto desse PIB per capita mais elevado diante do PIB per capita de Minas Gerais, chegando a ser apenas 9,4% menor que do estado (20.592,16), ressaltando o alto nível de produção econômica em tais áreas.

Ainda para o PIB per capita, o subdomínio apresentaram valor superior ao médio da área de influência total, descrevendo elevado nível de produção econômica na região de análise. A Tabela 3.126 apresenta os valores do PIB para o Subdomínio IId.

Tabela 3.126 – PIB do Subdomínio IId.

PIB	População	PIB per capita
905.805,00	49.769	18.200,18

3.4.2.1 Aspectos sanitários gerais

O estudo dos aspectos sanitários da região, servirão para o monitoramento da qualidade da água, identificando as deficiências que mais influenciam em problemas ambientais. Foram avaliados quatro pontos importantes: formas de abastecimento, tipos de esgotamento sanitário nos domicílios, destino do lixo e quantitativo de domicílios que recebem ou não energia elétrica.

- **Abastecimento**

A porcentagem de abastecimento por rede geral, ou seja, com tratamento de água, no subdomínio IId (67,80%) é inferior à taxa de abastecimento do estado de Minas Gerais (86,28%), apresentando menores taxas em relação ao abastecimento por poços, nascentes, rios, açudes, o que caracteriza uma área mais urbanizada.

A Tabela 3.127 apresenta a distribuição da forma de abastecimento no subdomínio IId.

Tabela 3.127 – Formas de abastecimento no subdomínio IId.

Formas de abastecimento	%
Rede geral	67,80
Poço ou nascente na propriedade	13,10
Poço ou nascente fora da propriedade	11,60
Rio, açude, lago ou igarapé	5,80
Poço ou nascente na aldeia	0,00
Poço ou nascente fora da aldeia	0,00
Outra	1,70

- **Esgotamento sanitário**

Neste subdomínio, 5,70% dos domicílios não possuíam nem banheiro nem sanitário, mostrando-se com taxa muito maior que a do estado de Minas Gerais (1,26%). A porcentagem de esgoto que não é transportado pela rede geral, não é posto em redes pluviais e nem tratado em fossa séptica é muito significativa, apontando para grande impacto no meio ambiente desta região.

A Tabela 3.128 abaixo apresenta as porcentagens da existência de banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário no subdomínio IId.

Tabela 3.128 – Existência de banheiro ou sanitário no subdomínio IId.

Tipos de esgotamento sanitário	Quantitativo (%)
Banheiro de uso exclusivo do domicílio	92,60
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	32,40
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - outro	67,60
Sanitário	1,70
Sanitário - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	7,80
Sanitário - outro escoadouro	92,20
Sem banheiro e sem sanitário	5,70

- **Destino do lixo**

Com o estudo realizado, foi possível verificar que o subdomínio IId possui um sistema de destino do lixo abaixo da média de todo o estado de Minas gerais, mostrando que 67,70% do lixo é coletado, enquanto a média do estado é 87,63%. Mostra também que 32,30% do lixo possui destino indefinido, é um índice alto que pode indicar uma destinação incorreta podendo causar contaminação do solo e de águas.

A Tabela 3.129 apresenta as porcentagens de destinação do lixo no subdomínio IId.

Tabela 3.129 – Destinos do lixo no subdomínio IId.

Destino do lixo	Quantitativo (%)
Coletado	67,70
Coletado por serviço de limpeza	98,80
Coletado em caçamba de serviço de limpeza	1,20
Outro destino	32,30

- **Energia Elétrica**

Neste quesito, pode-se identificar que o subdomínio IId é uma região bem atendida por redes elétricas, mas com porcentagem de pessoas que tem energia elétrica abaixo do estado de Minas Gerais, chegando a atender 92,70% da população e ainda 7,30% da população não recebe atendimento.

3.4.2.2 Demandas Hídricas

O estudo das demandas visa o conhecimento da necessidade de água de uma determinada região, e aliado ao conhecimento das potencialidades e disponibilidades hídricas, se torna um dos elementos essenciais para a realização de seu balanço hídrico, além de constituir um instrumento valioso para o planejamento e estabelecimento das prioridades de uma política de uso dos recursos hídricos.

O levantamento das demandas hídricas foi feito tanto para dados atuais (2010) como para dados futuros (2015, 2020, 2025 e 2030).

- **População urbana e rural**

No subdomínio IId pode-se observar uma diminuição na população rural, com taxa de crescimento negativa ao passo que houve um aumento na população urbana, com taxa de crescimento positiva, como pode ser observado na Tabela 3.130.

Tabela 3.130 – População e demanda para abastecimento humano (2010).

População	2010	Demanda (m ³ /dia)	Taxa de crescimento (%)
Rural	16.602	11.813	-0,76
Urbana	32.909	91.207	0,97

Este aumento da população urbana e diminuição da população rural indica um processo de urbanização da região. O processo de urbanização é decorrente do desenvolvimento econômico e distribuição de trabalho, intimamente ligado à industrialização.

O crescimento populacional neste subdomínio, aumenta a competição pelos mesmos recursos naturais, para suprimento das necessidades humanas, e, ao mesmo tempo, a produção de poluição. Tudo isso pode implicar na degradação de muitos recursos naturais e aumento de epidemias. Podemos notar que a demanda hídrica rural é menor que demanda hídrica urbana.

- **Dessedentação animal**

O subdomínio IId representa 4% de bovinos, 1% de bubalinos, 4% de equinos, 2% de asininos, 5% de muares, 7% de caprinos, 7% de ovinos, 6% de suínos e 1% de aves do somatório total das cabeças de todos os subdomínios. O quantitativo de cabeças e o consumo da dessedentação de animais estão na Tabela 3.131.

Tabela 3.131 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.

Rebanhos	Nº de cabeças
Bovinos	284.622
Bubalinos	39
Equinos	9.866
Asininos	76
Muares	924
Caprinos	2.414
Ovinos	4.745
Suínos	51.268
Aves	188.249
Demanda para dessedentação animal (m ³ /dia)	305.506,66

- **Irrigação**

O subdomínio IId apresentou, em 2010, uma estimativa de área irrigada, calculada segundo a aplicação do PAI-MG, de 6.931 hectares. A partir dos dados de área irrigada e com o coeficiente de demanda unitária adotado, de 0,4 L/s.ha, foi possível converter a área irrigada em demanda hídrica, que foi estimada, para o ano de 2010 em 238.521 m³/dia.

- **Indústria**

A demanda de recursos hídricos das indústrias, para o subdomínio IId demonstra ser pequena em relação à demanda de abastecimento da população, sendo igual a 3,35 m³/dia.

3.4.2.3 Demandas futuras (2015, 2020, 2025, 2030)

- **População urbana e rural**

A Tabela 3.132 a seguir apresenta as projeções feitas, para a população urbana e rural no subdomínio IId. Os coeficientes de retirada de água per capita, também definido na metodologia, foram aplicados às populações projetadas nos referidos anos, de forma a obterem-se as demandas para abastecimento urbano e rural para o subdomínio IId.

Tabela 3.132 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.

População/Ano	2015	2020	2025	2030
Rural	16.105	15.712	15.411	15.209
Urbana	34.044	34.943	35.630	36.091
Demanda hídrica rural (m ³ /dia)	3.365	3.343	3.326	3.314
Demanda hídrica urbana (m ³ /dia)	7.563	7.788	7.960	8.075

- **Dessedentação animal**

Devido à falta de dados mais recentes foi necessário projetar o número de cabeças por espécie, admitindo a mesma taxa de crescimento linear obtida entre os anos de 1996 e 2006. Assim, foi possível estimar o número de cabeças por espécie para 2010 e da mesma forma se procedeu para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030. Uma vez aplicada a taxa de crescimento linear, estimou-se o número de cabeças por espécie para o subdomínio IId, e o consumo para dessedentação animal. Ambos apresentados na Tabela 3.133.

Tabela 3.133 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio IId.

Rebanhos	Nº de cabeças por ano			
	2015	2020	2025	2030
Bovinos	286.657	288.707	290.772	292.851
Bubalinos	40	40	40	40
Equinos	9.937	10.008	10.079	10.151
Asininos	77	78	78	79
Muares	931	938	944	951
Caprinos	2.431	2.448	2.466	2.484
Ovinos	4.779	4.813	4.848	4.882
Suínos	51.635	52.004	52.376	52.751
Aves	188.595	190.951	192.317	193.692
Demanda para dessedentação (m³/dia)	307.691,46	309.891,88	312.108,04	314.340,05

- **Irrigação**

De posse da demanda atual para agricultura em 2010, deu-se prosseguimento às metodologias já aplicadas para os demais anos que compõem o horizonte deste estudo. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 3.134.

O resultado dessas projeções consiste nas áreas irrigadas a serem consideradas no futuro. Assim, utilizando-se dos coeficientes de demanda para agricultura, obtêm-se a demanda hídrica futura para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030.

Tabela 3.134 – Projeção dos métodos utilizados para irrigação no subdomínio IId.

Área irrigada (ha) / Ano	2015	2020	2025	2030
		8.044	9.336	10.835
Demanda para irrigação (m³/dia)	277.995	322.648	374.474	434.625

- **Indústria**

Para demanda relacionada à indústria, de forma semelhante ao que foi feito para calcular a de 2010, projetou-se os PIBs secundários para o subdomínio. Essa projeção teve como base uma taxa de crescimento linear obtida através da comparação entre os PIBs de 2002 e 2012.

Ao aplicar o coeficiente de consumo específico para classe 900 (genérica), equivalente a 0,02713 m³/US\$, como definido na metodologia, inferiram-se as demandas industriais para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030 (Tabela 3.135).

Tabela 3.135 – Projeção da demanda hídrica industrial para o subdomínio IId.

Demanda Industrial (m ³ /dia)			
2015	2020	2025	2030
4	5	5	5

3.4.3 Vulnerabilidade

A vulnerabilidade foi avaliada de acordo com a metodologia EPIK comentada no item 1.6 do presente relatório.

A classificação dos parâmetros E, P, I e K, é mostrada na Figura 3.56. Essa classificação mostra os seguintes resultados:

Parâmetro E – Epicarste: 59% de epicarste encoberto (classe E2); e 41% ausente (classe E3).

Parâmetro P – Cobertura de proteção: 26,0% para a classe P1; 74,0% para a classe P2; e cerca de 0,04% para a classe P3, representados por um pequeno afloramento na região central do subdomínio em estudo.

Parâmetro I – Condições de infiltração: 37% para a classe I1; 61% para a classe I2; e apenas 2% para a classe I3.

Parâmetro K – Grau de desenvolvimento da rede cárstica: 0,20% para a classe K1; e 59,16% para a classe K2; e 40,64% para a classe K3.

Na definição das classes do parâmetro P foi muito útil o mapa das unidades de solo, mostrado na Figura 3.57.

Com os diferentes parâmetros zoneados, foi possível elaborar o mapa de vulnerabilidade (ver item 1.6), mostrado na Figura 3.58. A partir desse mapa quantificam-se percentualmente, na Figura 3.59, as classes de vulnerabilidade.

Como se pode observar na Figura 3.59, a área do Subdomínio IId é repartida em 4% de vulnerabilidade baixa; e 96% de vulnerabilidade média.

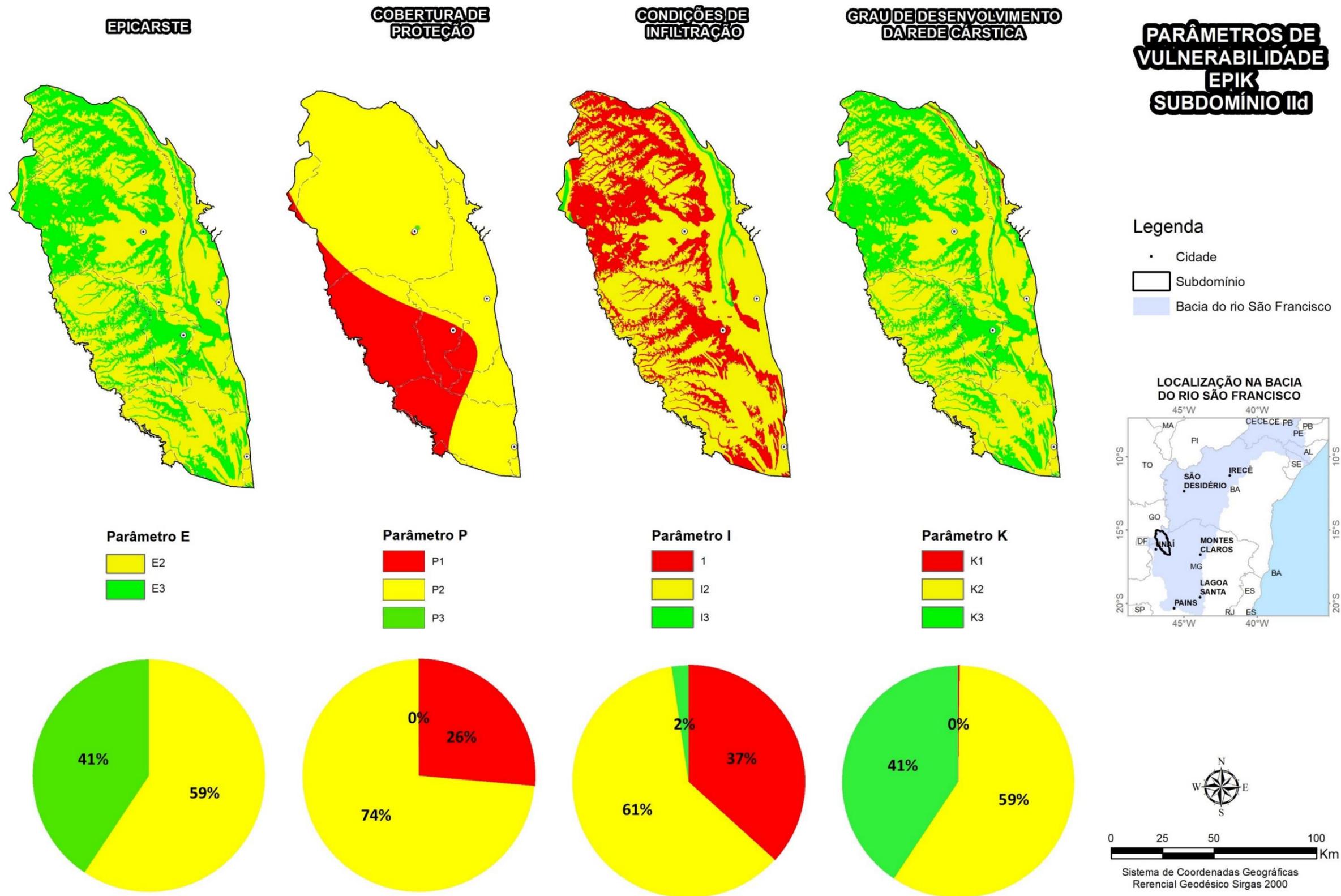


Figura 3.56: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.

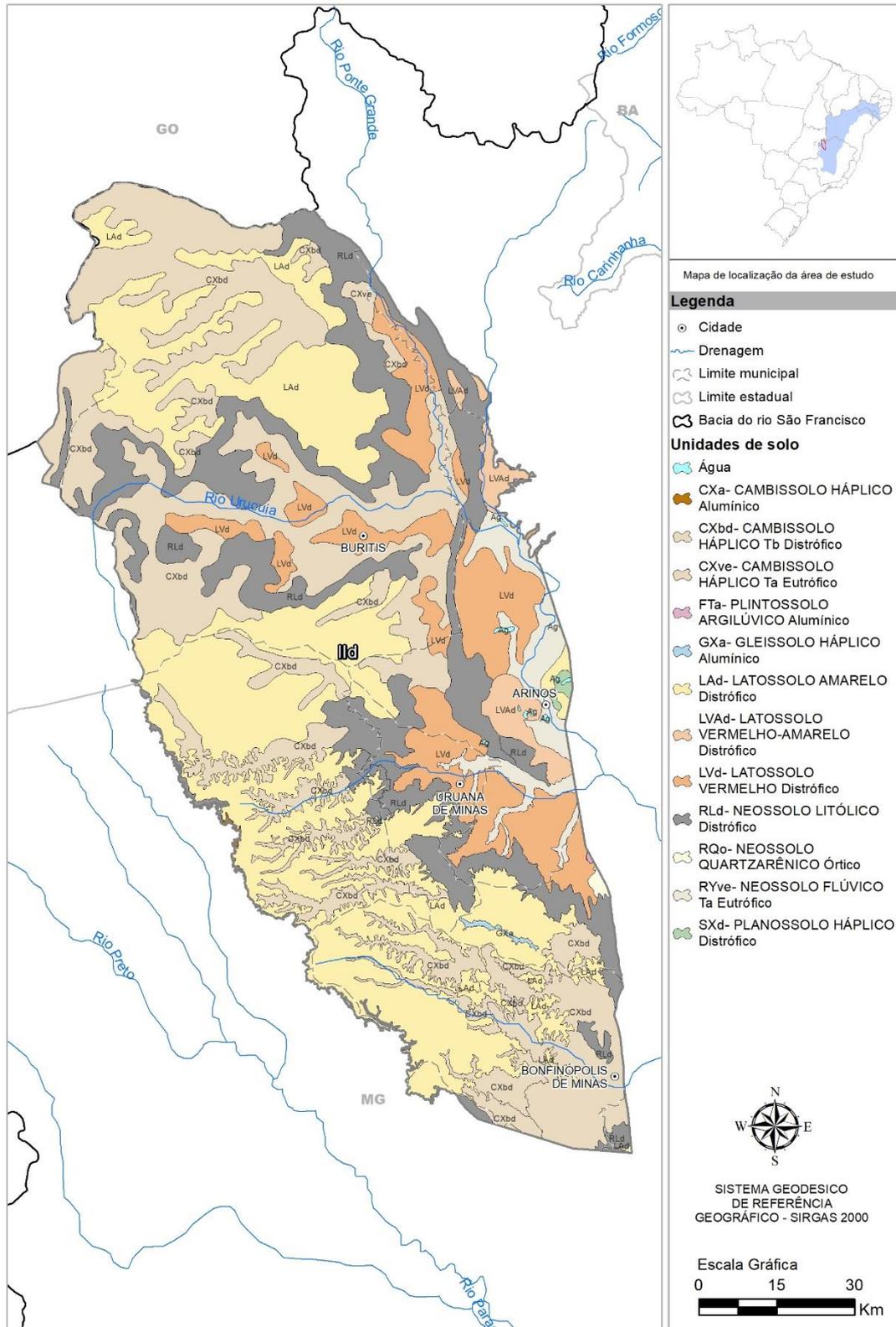


Figura 3.57: Mapa de unidades de solo com a classificação do parâmetro P.

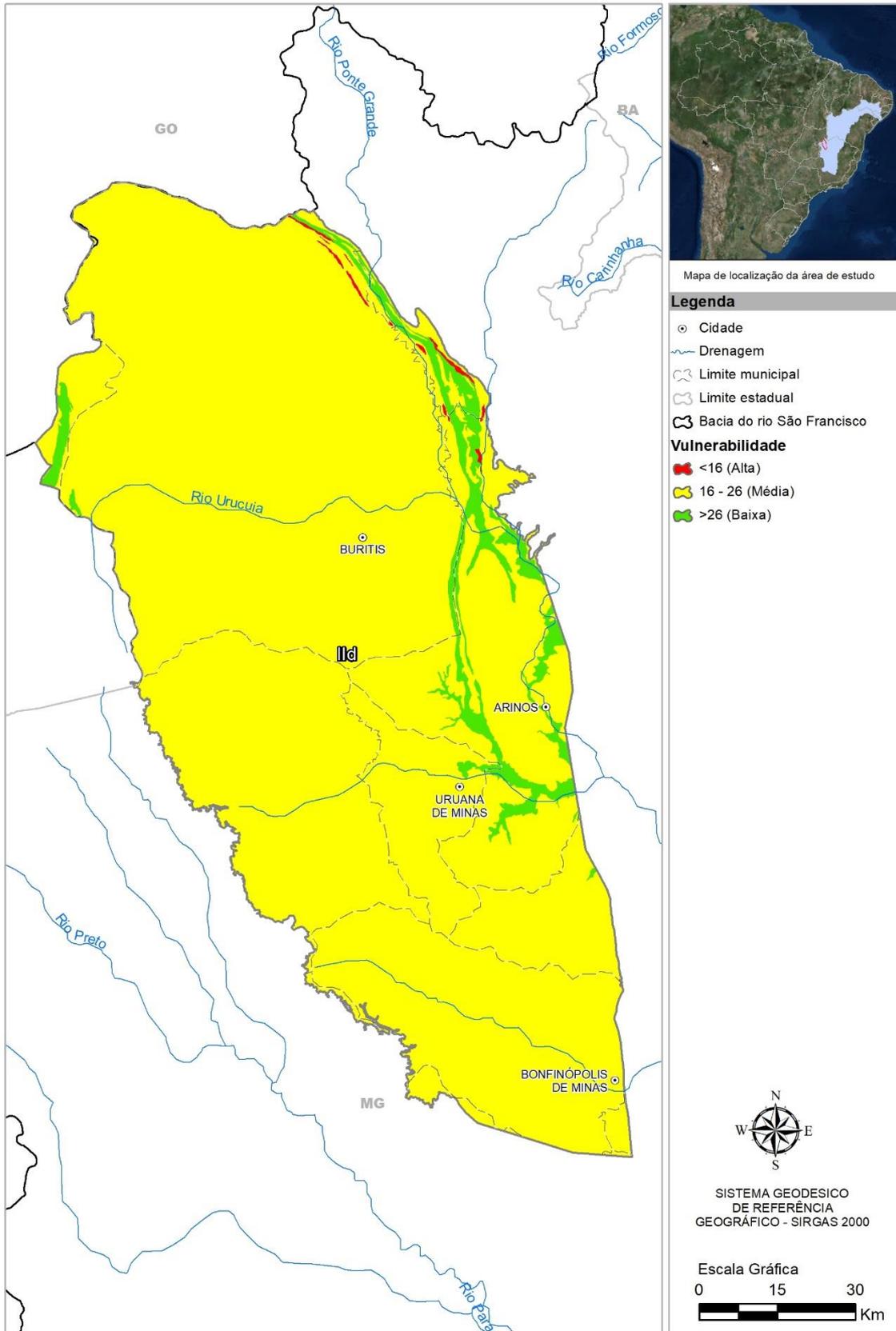


Figura 3.58: Mapa de vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Subdomínio IId.

Subdomínio IId

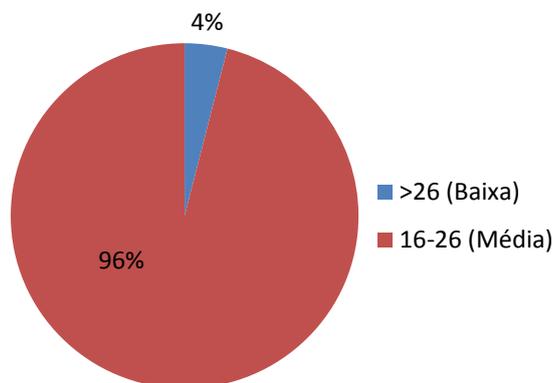


Figura 3.59: Classificação da vulnerabilidade para o Subdomínio IId.

3.4.4 Perigo de contaminação

Na Tabela 3.136 estão relacionadas as fontes contaminantes cadastradas no Subdomínio IId, com indicação dos respectivos índices PosH.

Tabela 3.136 – Fontes potenciais de contaminação no Subdomínio IId

ATIVIDADE	QUANTIDADE	ÍNDICE POSH
Cemitério	4	Moderado
Posto de combustível	19	Elevado
Lavoura temporária	1.273,43 km ²	Elevado

A distribuição dessas fontes contaminantes no mapa de vulnerabilidade é mostrada na Figura 3.60 onde se pode avaliar o perigo de contaminação no Subdomínio IId. Verifica-se, neste mapa, que o Subdomínio IId não apresenta perigos de contaminação extremos, pois não possui áreas de vulnerabilidade alta. Ocorre alto perigo em pequenas áreas distribuídas na parte central e sul do subdomínio, onde situam-se as áreas de vulnerabilidade média (cor amarela) com fontes de contaminação classificadas como elevadas segundo a metodologia POSH. Essas fontes são postos de combustíveis e áreas de lavoura temporária, essas últimas ocorrendo em 11% do total do subdomínio.

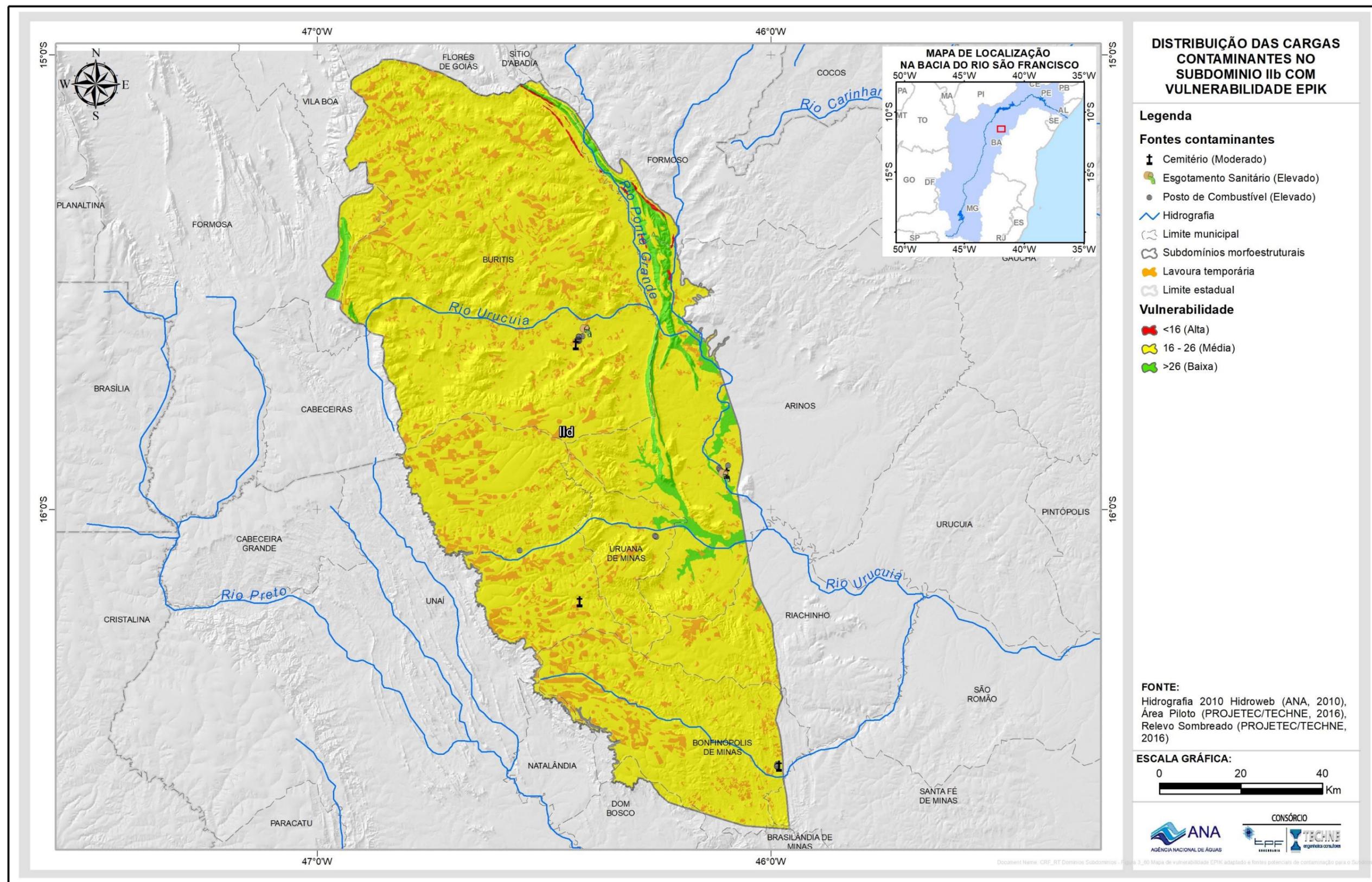


Figura 3.60: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Subdomínio IIb.

3.4.5 Recarga e zonas de exploração

Começando com um panorama regional da evolução histórica dos níveis de água subterrânea no domínio cárstico em Minas Gerais, a situação da exploração das águas subterrâneas do SAB no Subdomínio IId inclui uma estatística descritiva dos dados de poços levantados e catalogados no âmbito do Projeto ANA – Carste São Francisco bem como uma caracterização do regime de funcionamento dos poços e uma estimativa da produção global de água. Para a recarga, foram realizados os cálculos em função das precipitações e o regime fluvial para cada subdomínio. Com os valores de recarga e exploração do subdomínio foi possível realizar o zoneamento de exploração, demonstrado na Figura 3.69.

3.4.5.1 Levantamento e sistematização dos dados

Os dados de poços levantados no Subdomínio IId, no âmbito do Projeto foram sistematizados e fazem parte do SIG, que constitui a principal fonte de consulta sobre poços.

3.4.5.1.1 Poços catalogados e cadastrados

A pesquisa hidrogeológica desenvolvida no Subdomínio IId baseou-se em dados de 368 poços constantes no SIG, dos quais 292 foram catalogados do SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2010), 2 são novos poços cadastrados, no âmbito do Projeto ANA - Carste São Francisco, 1 poço catalogado pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) e 73 foram catalogados do sistema de outorgas de água subterrânea do IGAM (2014) (ANEXO 1.15 – Tabela de poços do Subdomínio IId). Para o tratamento estatístico não foram considerados os poços escavados. Desses 368 poços excluem-se 4 cisternas que estão hachurados na tabela do ANEXO 1.15. O resultado disso são 364 poços: 290 catalogados do SIAGAS, 71 catalogados do IGAM, 2 cadastrados e 1 catalogado pela COPASA.

3.4.5.1.2 Tratamento estatístico dos poços cadastrados

Na Tabela 3.137 é apresentada a estatística descritiva dos valores numéricos de profundidade, diâmetro do revestimento, nível estático, nível dinâmico e vazão dos poços cadastrados e catalogados no Subdomínio IId, localizado na porção noroeste da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

Tabela 3.137 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Subdomínio IId.

Parâmetros Estatísticos	Profundidade (m)	Diâmetro da boca(mm)	Nível Estático - NE (m)	Nível Dinâmico - ND (m)	Vazão (m ³ /h)
Média	92,0	153,4	14,6	40,1	11,2
Mediana	84,8	152,4	12,0	33,5	8,5
Desvio Padrão	34,3	15,7	11,5	26,8	12,3
Coeficiente Variação	0,4	0,1	0,8	0,7	1,1
Valor máximo	274,0	250,0	95,0	195,0	99,0
Valor mínimo	20,0	50,0	0,4	4,1	0,5
Nº valores	280	234	233	213	227

3.4.5.1.3 Profundidade

A profundidade dos poços inventariados no Subdomínio IId variou de 20 a 274 m. A profundidade média foi de 92 m e se explica pelo fato de que as classes mais frequentes (30%) correspondem a poços com profundidade superior a 100 m. Se considerarmos todos os poços com mais de 40 m teremos 275 poços ou 98% do total no subdomínio IId. Já as classes compreendidas entre 0 e 40 m de profundidade possuem uma frequência acumulada muito baixa, como acontece entre 20 e 40 m, com apenas 1,79% e de 0 a 20 m, com menos 1% do total. A Tabela 3.138 mostra que na classe de 60 a 80 m e na classe entre 80 e 100 m estão localizados, respectivamente, 29% e 24% dos poços em cada, ou seja, a segunda e a terceira classe mais predominante.

Tabela 3.138 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IId.

Classe Profundidade (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤20	1	1	0,00	0,36
20<x≤40	4	5	0,01	1,79
40<x≤60	44	49	0,16	17,50
60<x≤80	82	131	0,29	46,79
80<x≤100	66	197	0,24	70,36
x>100	83	280	0,30	100,00
Total	280			

A distribuição da frequência da profundidade dos poços no Subdomínio IId pode ser visualizada no diagrama da Figura 3.61.

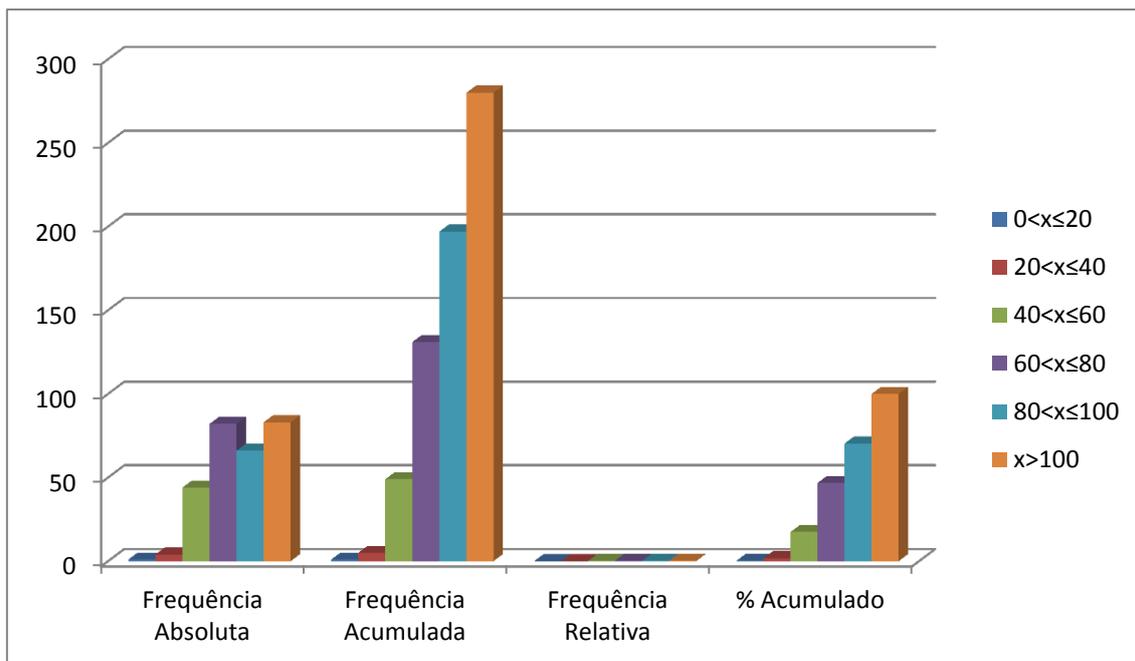


Figura 3.61: Frequências das classes de profundidade dos poços no Subdomínio IId.

3.4.5.1.4 Diâmetro da Boca do Poço

De acordo com a Tabela 3.139 e Figura 3.66, no Subdomínio IId, existem duas classes de diâmetro da boca dos tubos, o primeiro com 17 poços até 152 mm e 217 poços na classe entre 152 mm e 300 mm na classe de maiores diâmetros. Nota-se a presença de 93% dos poços concentrada na classe dos maiores diâmetros.

Tabela 3.139 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), na COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IId.

Classe Diâmetro da Boca (mm)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 152	17	17	0,07	7,26
152 < x ≤ 300	217	234	0,93	100,00
Total	234			

A Figura 3.62 ilustra a distribuição de frequência do diâmetro da boca dos poços no Subdomínio IId.

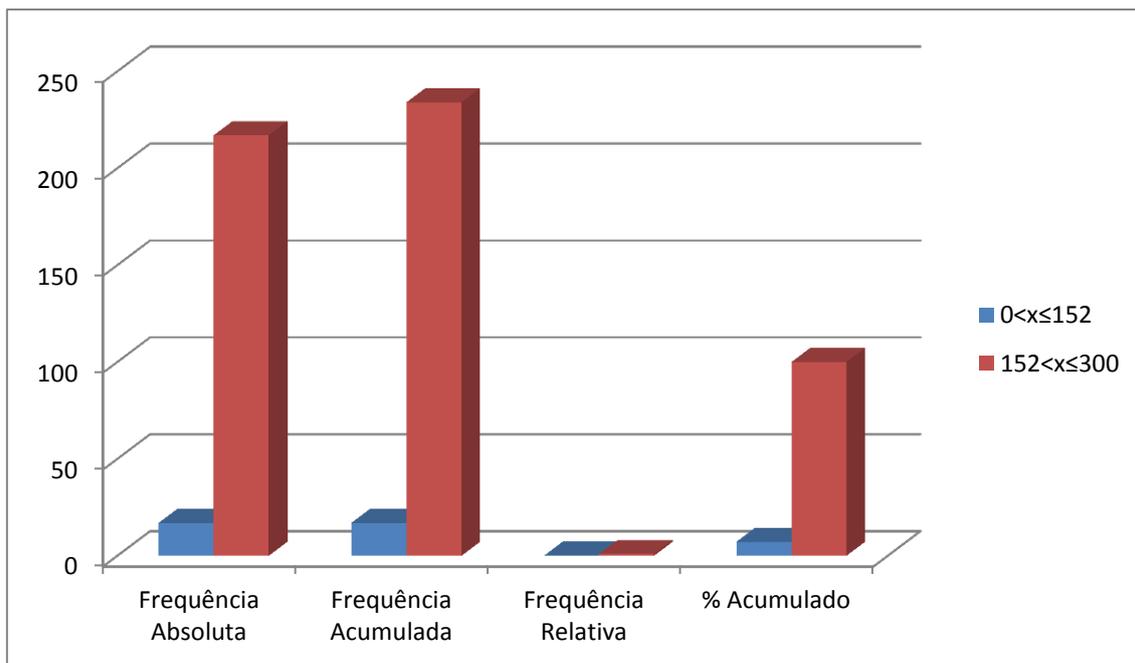


Figura 3.62: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Subdomínio IId.

3.4.5.1.5 Nível Estático

De acordo com os dados da Tabela 3.140 e Figura 3.63, observa-se que aproximadamente 80% dos poços apresentam níveis estáticos até 20 m, o que significa que esses níveis são rasos, de modo geral. Na classe de 20 a 30 m encontram-se 13% dos poços, e no intervalo acima de 30 m estão 6% do total. A rigor, todos esses níveis, notadamente os mais profundos, não são “estáticos”, já que a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração.

Tabela 3.140 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM, COPASA e cadastrados no Subdomínio IId.

Classe Nível Estático (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 10	92	92	0,39	39,48
10 < x ≤ 20	96	188	0,41	80,69
20 < x ≤ 30	30	218	0,13	93,56
x > 30	15	233	0,06	100,00
Total	233			

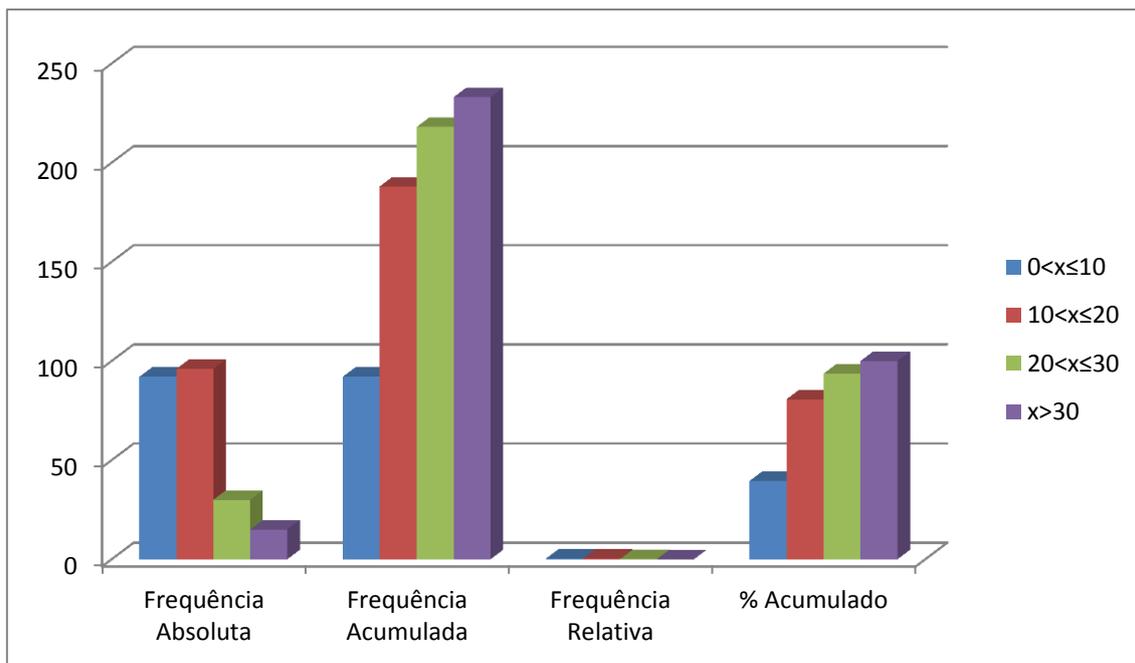


Figura 3.63: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Subdomínio IId.

3.4.5.1.6 Nível Dinâmico

Para os níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IId, tem-se que a classe menos frequente corresponde ao intervalo de mais de 0 a 10 m (5%). Secundariamente, 20% dos poços (43/213) estão no intervalo entre 10 e 20 m, como pode ser observado na Tabela 3.135 e Figura 3.64. Nota-se, finalmente, que a grande maioria dos níveis dinâmicos (77/213), representando 36%, estão no intervalo de poços com profundidade maior que 40 m.

Tabela 3.141 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM, COPASA e cadastrados no Subdomínio IId.

Classe Nível Dinâmico (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 10	11	11	0,05	5,16
10 < x ≤ 20	30	41	0,14	19,25
20 < x ≤ 30	52	93	0,24	43,66
30 < x ≤ 40	43	136	0,20	63,85
x > 40	77	213	0,36	100,00
Total	213			

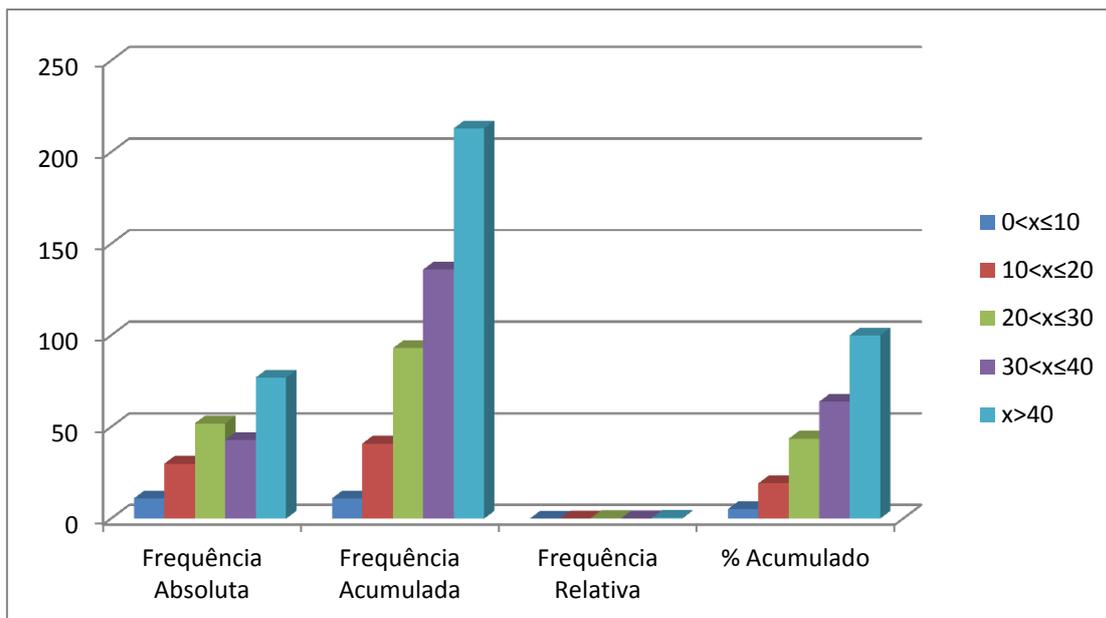


Figura 3.64: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IId.

3.4.5.1.7 Vazão

No que se refere à vazão dos poços que exploram o aquífero Bambuí do carste São Francisco no Subdomínio IId, verifica-se que do total de poços catalogados e cadastrados (Tabela 3.142) existem 227 poços com vazão informada. Observa-se que a classe mais frequente é a entre 0 e 10 metros, com aproximadamente 63% e frequência absoluta de 143 poços. Já a de menos frequência é a entre 40 e 50 metros, com apenas 1% do total.

Tabela 3.142 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM (2014), COPASA e cadastrados no Subdomínio IId.

Classe Vazão (m ³ /h)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	143	143	0,63	63,00
10<x≤20	59	202	0,26	88,99
20<x≤30	14	216	0,06	95,15
30<x≤40	5	221	0,02	97,36
40<x≤50	2	223	0,01	98,24
x>50	4	227	0,02	100,00
Total	227			

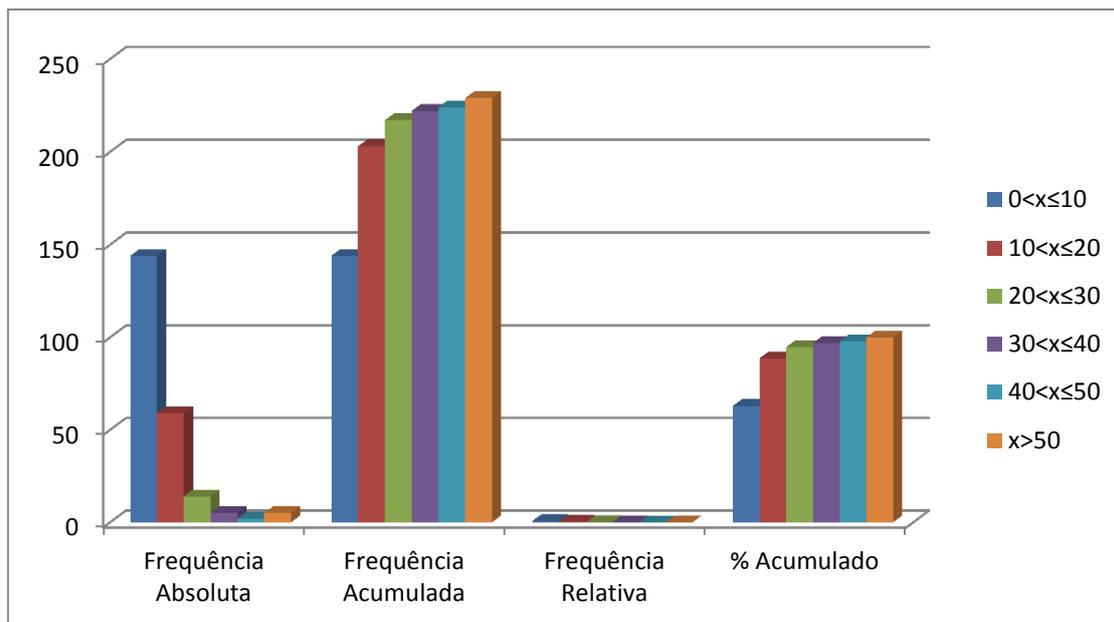


Figura 3.65: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Subdomínio II.

Não obstante, de acordo com as condições operacionais em que se encontram os poços (Tabela 3.143) verifica-se que existem 262 unidades (71,97%) em condições de funcionamento, ou seja, são poços que estão bombeando (20%), estão equipados (51,9%), conforme ANEXO 1.15 - Tabela de poços do Subdomínio II.

Tabela 3.143 – Situação operacional dos 204 poços catalogados e cadastrados no Subdomínio II.

Registros	Bombeando	Equipado	Seco	Parado/ Não Instalado	Sem informação	Em condições de funcionamento
364	73	189	31	48	23	262
100%	20,05%	51,92%	8,5%	13,18%	6,3%	71,97%

3.4.5.1.8 Conclusões

Com base nos dados apresentados anteriormente referentes ao Aquífero Bambuí do Carste do São Francisco no Subdomínio IId é possível concluir que:

- A profundidade dos poços inventariados no Subdomínio IId variou de 20 a 274 m, com média aproximada de 92,0 m, sendo que os poços nos intervalos acima de 40 metros constituem as classes mais frequente (98%);
- 39% dos poços (Tabela 3.140) possuem níveis estáticos entre 0 e 10 m de profundidade, somados a classe de 10 a 20 m chegam a 188 poços ou 80% do total. Vale ressaltar que a rigor esses níveis não são “estáticos”, pois a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração;
- As vazões informadas dos poços (Tabela 3.142) em 63% dos casos são menores ou iguais a 10 m³/h e nos 37% restantes oscilam entre mais de 10 m³/h até 99 m³/h;
- Em termos de condições operacionais (Tabela 3.143) do total de 364 poços existem 48 poços parado, 31 não utilizáveis, ainda 23 poços sem informação sobre o tema. Dos poços com condições de utilização são: 73 poços bombeando e 189 equipados no subdomínio IId.
- No que se refere ao tipo de equipamento instalado nos poços (Tabela 3.144), verificou-se que nos 115 poços com informações sobre bombas, sendo 2 Bomba Injetora, 8 Centrífugas, 65 bomba submersa e 40 Compressor de Ar.

Tabela 3.144 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.

Equipamentos de bombeamento	Nº	Bomba centrífuga	Bomba injetora	Bomba submersa	Compressor
Registros	115	8	2	65	40
Percentual	100%	7%	2%	57%	35%

3.4.5.2 Regime de Funcionamento dos Poços

Na Tabela 3.145 são mostrados os valores dos parâmetros estatísticos do número de horas por dia em que são bombeados os poços da área estudada, segundo dados do cadastro de outorgas de água subterrânea IGAM (2014).

Existem apenas 69 poços com regime de funcionamento informado e o cálculo do regime médio de funcionamento para todos os 262 poços, em condições de utilização, é feito usando a média ponderada pela frequência do número de horas de bombeamento, nos intervalos de classe, conforme a expressão:

$$\overline{R_e} = \sum_{j=1}^{12} R_{ej} \times w_j$$

Ou seja, o regime médio estimado é dado pela somatória do regime médio ponderado pela frequência relativa ou fator de ponderação.

Tabela 3.145 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Subdomínio IId, usando 236 poços com regime informado no cadastro de outorgas (IGAM, 2014).

Classe Regime Informado (h/dia)	Frequência Absoluta Número de Poços n_j	Regime médio informado R_{ej} (h/dia)	Frequência Relativa ou Peso $w_j=n_j/N$	Regime médio ponderado (h/dia) $R_{ej} \times w_j$
0<x≤1	3	1,000	0,043	0,043
1<x≤2	8	1,856	0,116	0,215
2<x≤3	10	2,740	0,145	0,397
3<x≤4	7	3,893	0,101	0,395
4<x≤5	5	4,900	0,072	0,355
5<x≤6	9	5,944	0,130	0,775
6<x≤7	3	6,697	0,043	0,291
7<x≤8	5	8,000	0,072	0,580
8<x≤9	1	0,000	0,014	0,000
9<x≤10	3	10,000	0,043	0,435
10<x≤11	2	0,000	0,029	0,000
11<x≤12	2	11,690	0,029	0,339
12<x≤24	11	15,545	0,159	2,478
Soma	69			6,304

Legenda:

$N = \sum n_j = N = \sum n_j$ = número total de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro de água subterrânea realizado ao longo do projeto.

Frequência Absoluta (n_j): número de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro realizado ao longo do projeto.

Regime Médio Informado (R_{ej}) = Média de horas de funcionamento dos poços em cada intervalo de classe.

Regime médio ponderado em cada intervalo de classe: ($R_{ej} \times w_j$).

Frequência Relativa ou fator de ponderação : $w_j = n_j / N$.

$$\bar{R}_e = \sum_{j=1}^9 R_{ej} \times w_j$$

Regime Médio Estimado: 6 horas e 18 minutos.

Como visto na Tabela 3.145, o regime médio de funcionamento estimado para os poços no Subdomínio IId em 2015 é de 6,304 horas por dia, o que equivale a 6h:18min.

3.4.5.3 Produção Global dos Poços

Considerando o regime de funcionamento e a vazão média dos diferentes intervalos de classe de vazão apresentados na Tabela 3.1, obtém-se uma produção estimada de 16.233,06 m³/dia, ou 18,79 L/s.

Tabela 3.146 - Produção global estimada, explotada no Subdomínio IId.

Classe Vazão (m³/h)	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Vazão Média (m³/h)	Efetivo de Poços	Vazão Estimada (m³/dia)	Vazão Estimada (m³/s)	
						262 poços	160 poços
0<x≤1	3	0,02	0,77	5	23,95	0,0003	0,0002
1<x≤2,5	15	0,09	1,86	25	287,49	0,0033	0,0020
2,5<x≤5	40	0,25	3,93	66	1.622,99	0,0188	0,0115
5<x≤7,5	21	0,13	6,09	34	1.319,44	0,0153	0,0093
7,5<x≤10	31	0,19	9,04	51	2.892,00	0,0335	0,0204
10<x≤15	26	0,16	12,25	43	3.287,15	0,0380	0,0232
15<x≤30	19	0,12	18,57	31	3.642,56	0,0422	0,0257
x>30	5	0,03	61,18	8	3.157,49	0,0365	0,0223
Total	160			262	15.233,06	0,1879	0,1147

Legenda:

N = número total de poços com vazão informada no SIG

Frequência Absoluta (FA) = número de poços com vazão informada no SIG em cada intervalo de classe.

Frequência Relativa (FR) = FA/N.

Vazão Média (QM) = média dos valores de vazão informada em cada intervalo de classe.

Efetivo de poços = N° P.P. x FR = número de poços produtores (bombeando/equipado) encontrados dentro dos limites do domínio.

Vazão Estimada (QE) m³/dia = QM x RME x Efetivo de poços em cada intervalo de classe.

Vazão Estimada (QE) m³/s = QE (m³/dia) x Quantidade de segundos em um dia (84.600).

Segundo os dados informados, a produção de água para um efetivo de 262 poços em operação no ano de 2015 foi estimada em 0,1879 m³/s conforme Tabela 3.146.

A Tabela 3.147 apresenta a distribuição da produção global dos poços em condições de funcionamento (Tabela 3.138) de acordo com a situação operacional informada (ANEXO 1.15). Como visto na Tabela 5.24, a produção global de água estimada para os 262 poços atinge 0,1879 m³/s. Só com os 160 poços em operação, a exploração extraía 61,04% desse total, ou seja, 0,1147 m³/s.

Tabela 3.147 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Subdomínio IId.

Poços	Em condições de funcionamento	Bombeando	Equipado
Número	262	73	189
Percentual	100%	28,86%	72,14%
Vazão (m³/s)	0,1879	0,0542	0,1356

A distribuição espacial dos poços produtores no Subdomínio IId é mostrada na Figura 3.66, a qual foi gerada a partir da tabela contida no ANEXO 1.15.

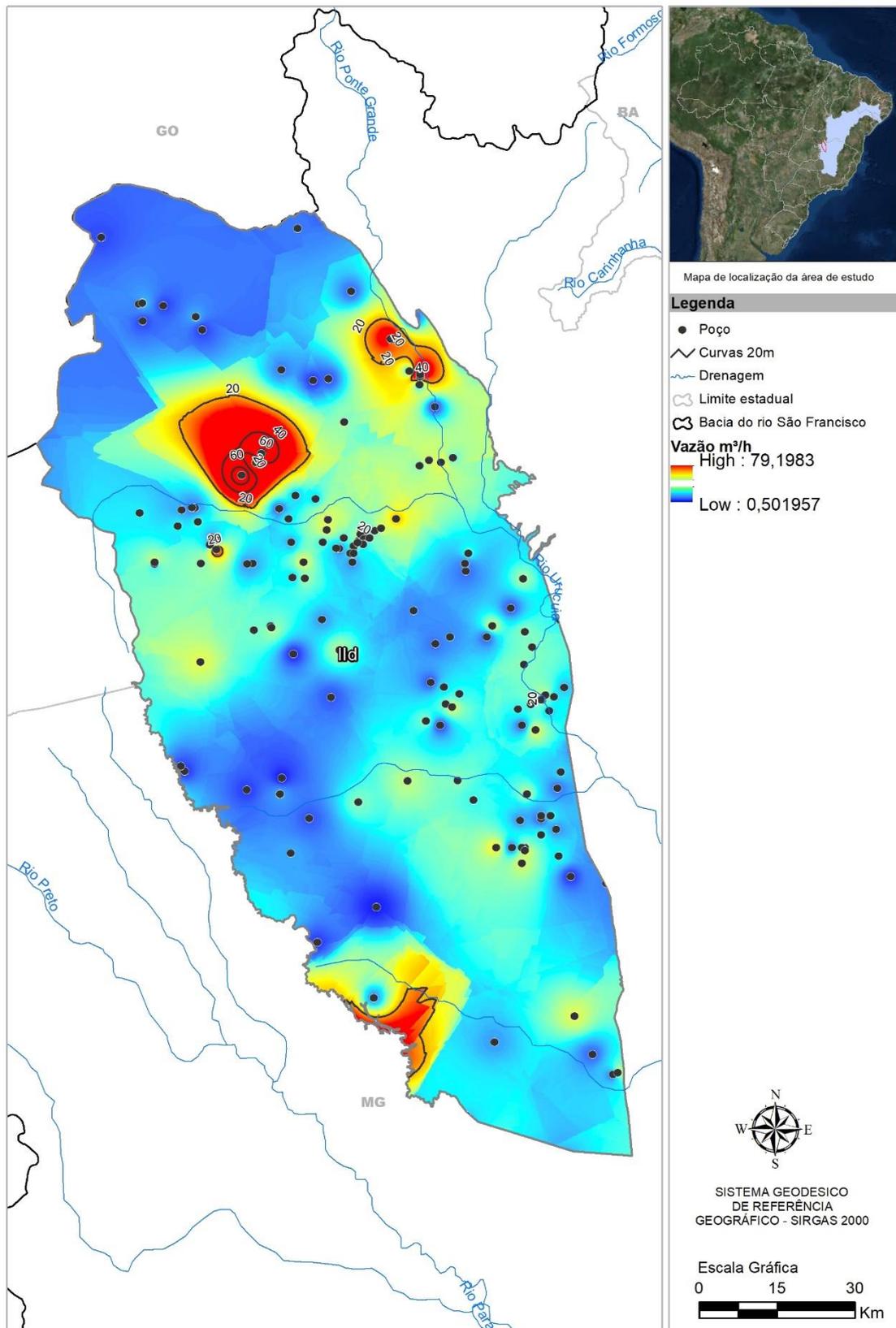


Figura 3.66: Distribuição espacial da produção de 262 poços em operação localizados no Subdomínio IId.

3.4.5.4 Recarga no Subdomínio IId

A Tabela 3.148 apresentada a seguir, identifica quais são as estações utilizadas para os cálculos de recarga, sendo mostradas ainda, outras informações como dimensão da bacia, código e nome da estação, e o período a que se referem os registros de medições de descarga em cada uma delas.

Tabela 3.148 – Informações básicas sobre as estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do Subdomínio IId.

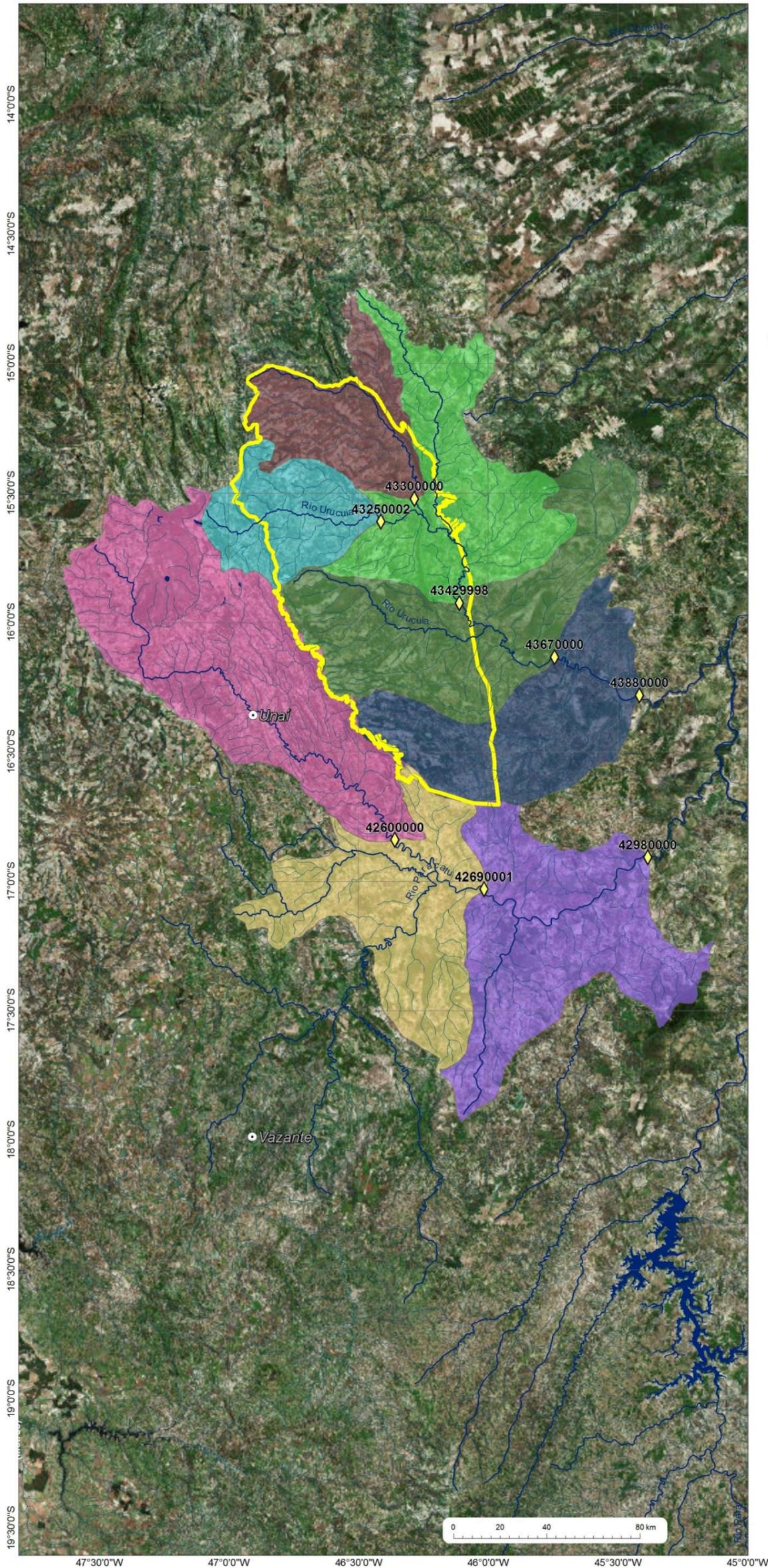
Código da estação*	Latitude	Longitude	Denominação	Curso d'água	Área (km ²)	Período de monitoramento	Período adotado para cálculo
43429998	-15,9239	-46,1094	Arinos – Montante	Rio Urucuia	11756,95	1977 - 2015	1977 - 2007
43250002	-15,6097	-46,4122	Buritis – Jusante	Rio Urucuia	2829,43	-	1976 - 2007
43300000	-15,5217	-46,2828	Fazenda Carvalho	Rio Japoré	3156,48	1973 - 2015	1973 - 2007
42980000	-16,9067	-45,3825	Porto Alegre	Rio Paracatu	41158,73	1952 - 2014	1952 - 2007
42690001	-17,0303	-46,0136	Porto da Extrema	Rio Paracatu	30043,28	1955 - 2015	1955 - 2007
42600000	-16,8397	-46,3572	Porto dos Poções	Rio Preto	9289,06	1956 - 2014	1956 - 2007
43880000	-16,2811	-45,4142	Santo Inácio	Rio Urucuia	23758,98	1962 - 2015	1962 - 2007
43670000	-16,1331	-45,7417	Vila Urucuia	Rio Urucuia	18495,91	1967 - 2014	1967 - 2007

Ressalta-se que a maioria das estações analisadas apresentam porções que extrapolam os limites do Subdomínio IId, tendo sido, portanto, computados somente os volumes interiores de cada uma das bacias em relação às áreas pertencentes a esse subdomínio. (Figura 3.67).

Do ponto de vista geológico, o conteúdo litológico das oito bacias avaliadas mostrou-se distribuído pelas seguintes tipologias: Paranoá, Urucuia, Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas, Paraopeba, calcário, Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas, Três Marias, Paraopeba, Depósitos Aluvionares, Paranoá - Unidade rítmica quartzítica intermediária, Paranoá 4 - Rítmica Pelito-carbonatada e Areado.

A Tabela 3.149 apresentada abaixo indica os percentuais de distribuição de cada uma das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IId.

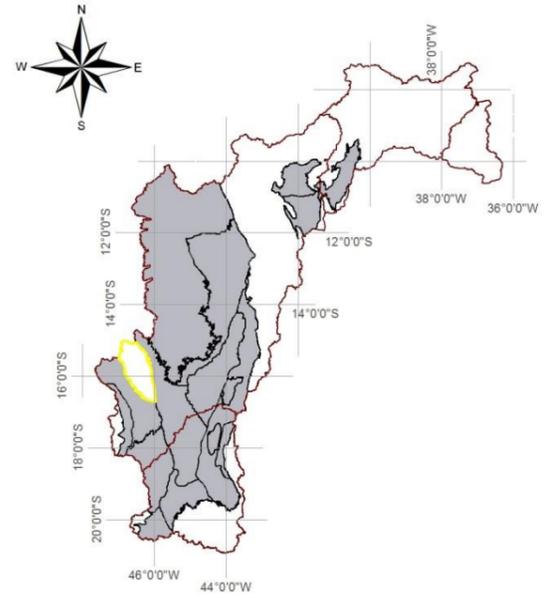
Subdomínio IID (Grupo Bambuí Deformado)



Mapas de localização



Mapa de domínios de ocorrência de unidades carbonáticas



Legenda

- ◆ Estação fluviométrica
 - Sedes municipais
 - Zonas de descarga local
 - Zonas de descarga intermediária
- Subdomínio**
- IID (Grupo Bambuí Deformado)
- Limite da bacia hidrográfica**
- Arinos - Montante
 - Buritis-Jusante
 - Fazenda Carvalho
 - Porto Alegre
 - Porto da Extrema
 - Porto dos Poções
 - Santo Inácio
 - Vila Urucua

Figura 3.67: Mapa de localização das 8 bacias hidrográficas consideradas nos cálculos de recarga do Subdomínio IId.

Tabela 3.149 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Subdomínio IId.

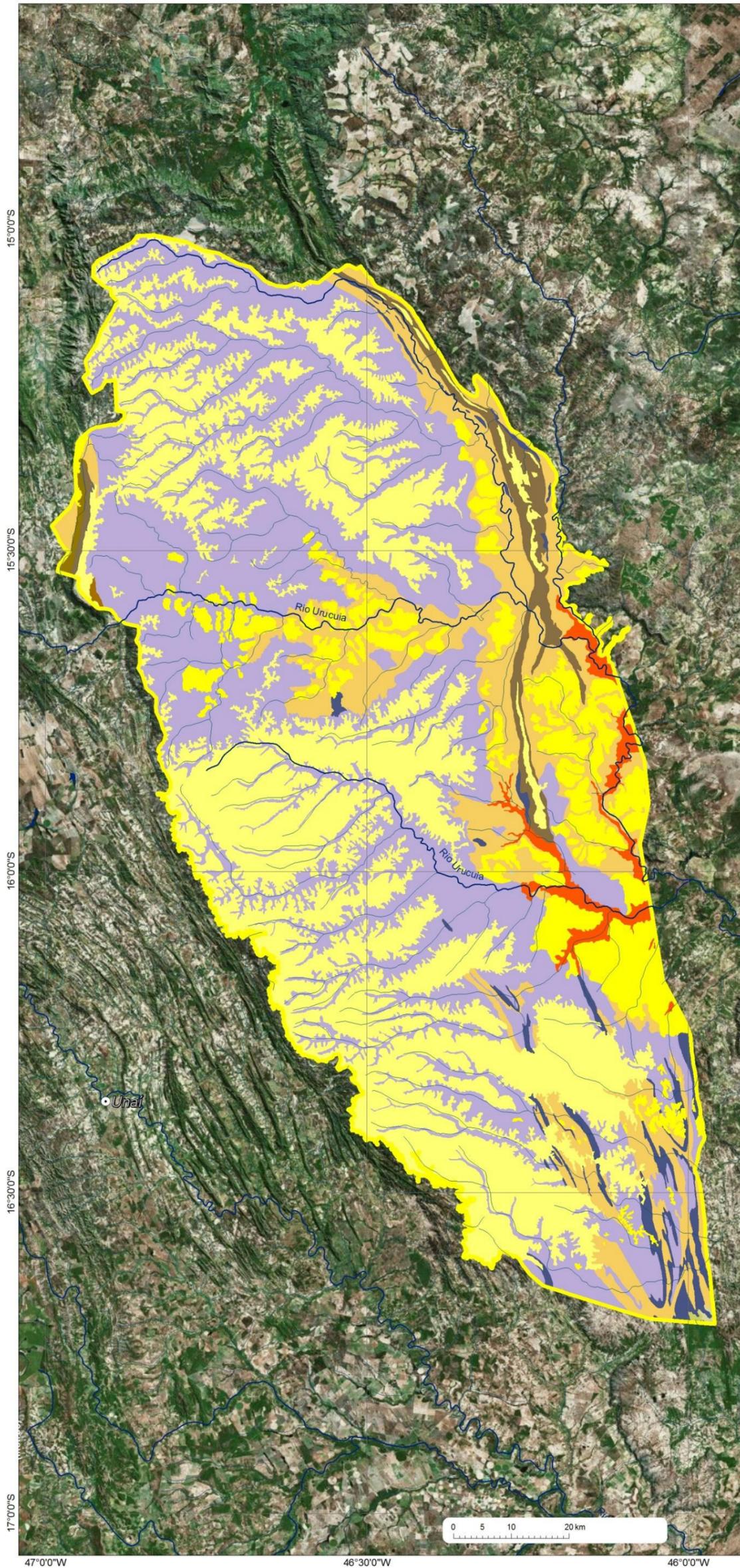
GEOLOGIA DO SUBDOMÍNIO IId			
Unidade Geológica	Área (km ²)	%	Tipologia Litológica
Paranoá	232,78	1,97	Metarenito arcoseano, Rocha metapelítica, Calcário
Urucuia	5,35	0,05	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	1052,06	8,90	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte
Paraopeba, calcário	233,05	1,97	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	4112,42	34,81	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho
Três Marias	4322,46	36,58	Arcóseo, Argilito, Siltito
Paraopeba	1617,84	13,69	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga
Depósitos aluvionares	191,88	1,62	Areia, Argila, Cascalho, Silte
Paranoá – Unidade rítmica quartzítica intermediária	21,63	1,18	Metassiltito, Siltito argiloso, Metargilito
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	22,15	0,19	Metargilito, Metassiltito, Ardósia, Mármore
Areado	3,24	0,03	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito
Total	10.814,86	100,00	

O mapa da Figura 3.68 mostra a distribuição dos tipos de rocha existentes no interior do subdomínio IId, bem como sua inserção na bacia do rio São Francisco.

3.4.5.4.1 Resultados

De posse da análise dos hidrogramas de cada um das oito estações fluviométricas, pôde-se levantar os quantitativos referentes às descargas subterrâneas para cada tipologia litológica, bem como os valores médios de recarga anual e seus respectivos percentuais, quando considerada a média pluviométrica obtida pelas isoietas distribuídas em 8 estações no e em torno do subdomínio IId. Esses valores ainda poderão sofrer ajustes quando da identificação e análise de subdomínios vizinhos, quando avaliadas as outras estações existentes.

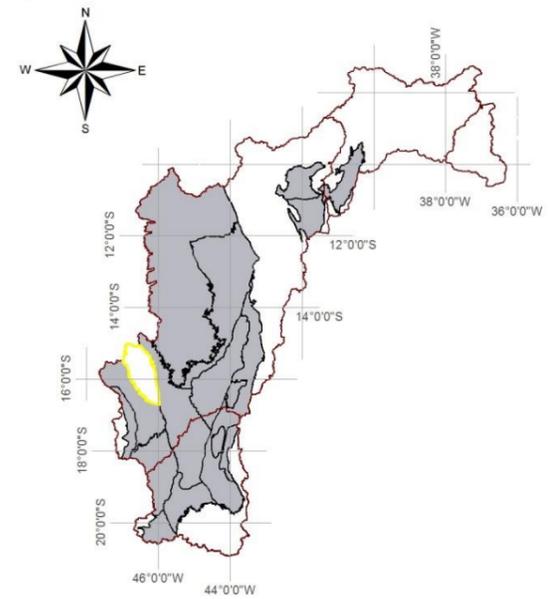
Subdomínio IID (Grupo Bambuí Deformado)



Mapas de localização



Mapa de domínios de ocorrência de unidades carbonáticas



Legenda

- ⊙ Sedes municipais
- Zonas de descarga local
- Zonas de descarga intermediária
- Subdomínio**
- IID (Grupo Bambuí Deformado)
- Unidades Geológicas**
- Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas
- Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas
- Depósitos aluvionares
- Grupo Urucua
- Grupo Areado
- Subgrupo Paraopeba, calcário
- Formação Três Marias
- Subgrupo Paraopeba
- Grupo Paranoá
- Grupo Paranoá - Unidade rítmica quartzítica intermediária
- Grupo Paranoá 3 - Rítmica Quartzítica Intermediária
- Grupo Paranoá 4 - Rítmica Pelito-carbonatada

Figura 3.68: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IId.

Os hidrogramas de cada estação de interesse, os quais serviram para caracterizar os volumes médios que representam as descargas oriundas dos aquíferos permitem visualizar os traçados que representam os filtros adotados nos procedimentos metodológicos (Eckardt, 2008), e servem ainda para identificar os volumes médios de referência (Filtros A e B) adotados como o valor de base assumido para o escoamento subterrâneo (recarga), considerando-se todo o período de medição de descargas de cada estação.

Considerando-se que cada tipologia litológica apresenta uma determinada característica hidrogeológica, ou seja, suas propriedades físicas intrínsecas permitem que sua capacidade de armazenamento de água seja variável (entre distintos tipos de rocha), o conjunto de rochas presentes numa dada bacia hidrográfica vai definir o potencial médio de água capaz de ser liberado no tempo, e no espaço físico da bacia hidrográfica, o que, por sua vez, definirá o volume de descarga específica média numa dada seção fluviométrica e, também, se for o caso, por tipologia litológica. Por isso, a análise ano a ano de cada hidrograma, segundo os métodos de aplicação de filtros para separação dos escoamentos superficial e subterrâneo, revela-se como ferramenta importante para o reconhecimento dessas descargas específicas médias, numa dada seção de interesse.

Os resultados finais de descarga subterrânea específica obtidos em cada estação são apresentados nas Tabela 3.150 a Tabela 3.160 a seguir.

Tabela 3.150 – Valores de recarga para a estação Arinos – Montante.

Estação Arinos – Montante	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Paranoá	Metarenito arcoseano, Rocha metapelítica, Rocha pelítica	222,507	1,893	5,068	1127,580	5,676
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	631,929	5,375	11,358	7177,715	
Santa Fé	Arenito, Rocha pelítica, Diamictito	0,688	0,006	10,485	7,211	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	1330,173	11,314	8,213	10924,726	
Paraopeba, calcário	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	34,502	0,293	8,737	301,454	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	2542,482	21,625	9,436	23991,436	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	5002,790	42,552	2,097	10490,545	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	130,912	1,113	10,485	1372,568	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	1327,234	11,289	5,068	6725,896	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	203,497	1,731	12,582	2560,322	
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	39,168	0,333	10,198	399,447	
Serra da saudade	Siltito, Argilito, Arenito, Rocha pelítica	47,363	0,403	1,889	89,448	
Paranoá – Unidade rítmica Quartzítica intermediária	Metassiltito, Siltito argiloso, Metargilito	35,784	0,304	5,477	195,984	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	63,643	0,541	6,421	408,665	
Serra Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	18,561	0,158	1,889	35,053	
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	Metargilito, Metassiltito, Ardósia, Mármore	125,096	1,064	9,443	1181,273	
Drenagem		0,624	0,05	0,000	0,000	

Tabela 3.151 – Valores de recarga para a estação Buritis – Jusante

Estação Buritis – Jusante	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	39,168	1,384	10,198	399,447	5,332
Serra da saudade	Siltito, Argilito, Arenito, Rocha pelítica	47,363	1,674	1,889	89,448	
Paranoá – Unidade rítmica Quartzítica intermediária	Metassiltito, Siltito argiloso, Metargilito	35,784	1,265	5,477	195,984	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	63,643	2,249	6,421	408,665	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	344,538	12,177	8,310	2863,028	
Paraopeba, calcário, Dolomito, Marga, Siltito	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	0,813	0,029	9,443	7,675	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	410,525	14,509	11,331	4651,860	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	1354,136	47,859	2,266	3068,877	
Serra Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	18,561	0,656	1,889	35,053	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	374,022	13,219	5,288	1977,838	
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	Metargilito, Metassiltito, Ardósia, Mármore	125,096	4,421	9,443	1181,273	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	15,153	0,536	13,598	206,048	
Drenagem		0,624	0,022	0,000	0,000	

Tabela 3.152 – Valores de recarga para a estação Fazenda Carvalho.

Estação Fazenda Carvalho	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Paranoá	Metarenito arcoseano, Rocha metapelítica, Rocha pelítica	75,015	2,377	5,736	430,270	6,707
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	55,303	1,752	9,296	514,086	
Paraopeba, calcário	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	15,723	0,498	9,889	155,486	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	1274,635	40,381	11,867	15126,209	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	1504,201	47,654	2,373	3570,098	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	231,607	7,338	5,934	1374,253	

Tabela 3.153 – Valores de recarga para a estação Porto Alegre.

Estação Porto Alegre	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	32,062	0,078	8,926	286,181	5,501
Santa Fé	Arenito, Rocha pelítica, Diamictito	565,099	1,373	8,239	4655,939	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	10615,935	25,793	6,454	68515,306	
Paraopeba, calcário	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	564,035	1,370	6,866	3872,643	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	2130,308	5,176	8,239	17551,944	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	3806,541	9,248	1,648	6272,536	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	6187,411	15,033	8,239	50979,047	
Mata da Corda	Arenito, Tufo lapíli, Rocha vulcânica	1090,230	2,649	0,824	898,258	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	6462,876	15,702	3,845	24849,369	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	1862,586	4,525	9,887	18415,366	
Vazante – Unidade A	Ardósia, Foscorito	2806,237	6,818	4,182	11734,445	
Vazante – Unidade B	Calcário dolomito, Chert, Foscorito, Rocha metapelítica	1110,752	2,699	9,805	10890,960	

Tabela 3.154 – Valores de recarga para a estação Porto Alegre – Continuação.

Estação Porto Alegre	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Paracatu	Sericita filito carbonoso	2994,118	7,275	1,154	3453,813	
Paraopeba, arenito	Arenito, Siltito	224,970	0,547	3,320	746,969	
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	0,237	0,001	9,344	2,217	
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito	2,480	0,006	1,730	4,291	
Paranoá	Metarenito arcoseano, Rocha metapelítica	135,528	0,329	4,845	656,617	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica	12,421	0,030	5,883	73,072	
Serra do Landim	Filito, Sericita filito carbonoso	134,045	0,326	5,018	672,623	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho	0,869	0,002	1,730	1,504	
Paranoá 1 – Conglomerática Rítmica Quartzítica inferior	Conglomerado oligomítico, Metarritmito	0,062	0,000	7,613	0,469	
Paranoá 2 – Síltico Ardosiana	Filito, Mármore, Metassiltito	44,548	0,108	8,305	369,994	
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	Metargilito, Metassiltito	89,976	0,219	8,652	778,435	
Paranoá 3 – Rítmica Quartzítica Intermediária	Metassiltito, Siltito argiloso	58,282	0,142	9,344	544,571	
Drenagem	Drenagem	12,608	0,031	0,000	0,000	
Canastra Indiviso	Filito, Xisto, Sericita xisto, Grafita xisto, Metarenito	214,518	0,521	3,579	767,751	

Tabela 3.155 – Valores de recarga para a estação Porto da Extrema.

Estação Porto da Extrema	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Vazante – Unidade A	Ardósia, Foscorito	2806,24	9,34	4,18	11734,45	5,42
Vazante – Unidade B	Calcário dolomito, Chert, Foscorito, Rocha metapelítica	1110,75	3,70	9,81	10890,96	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	3,90	0,01	9,23	35,98	
Paracatu	Sericita filito carbonoso	2994,12	9,97	1,15	3453,81	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	8418,87	28,02	6,34	53412,98	
Paraopeba, calcário	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	324,95	1,08	7,21	2342,76	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	1670,32	5,56	8,65	14450,78	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	1111,15	3,70	1,73	1922,63	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	1887,86	6,28	8,65	16332,85	
Mata da Corda	Arenito, Tufo lapíli, Rocha vulcânica	1004,66	3,34	2,31	2317,83	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	6322,19	21,04	4,33	27348,20	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	1457,72	4,85	10,38	15133,76	

Tabela 3.156 – Valores de recarga para a estação Porto da Extrema – Continuação.

Estação Porto da Extrema	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Paraopeba, arenito	Arenito, Siltito	224,97	0,75	3,32	746,97	
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	0,24	0,00	9,34	2,22	
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito	2,48	0,01	1,73	4,29	
Paranoá	Metarenito arcoseano, Rocha metapelítica, Rocha pelítica	135,53	0,45	4,85	656,62	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	12,42	0,04	5,88	73,07	
Serra do Landim	Filito, Sericita filito carbonoso	134,05	0,45	5,02	672,62	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	0,87	0,00	1,73	1,50	
Paranoá 1 – Conglomerática Rítmica Quartzítica inferior	Conglomerado oligomítico, Metarritmito, Filito, Metassiltito	0,06	0,00	7,61	0,47	
Paranoá 2 – Síltico Ardosiana	Filito, Mármore, Metassiltito, Calcifilito	44,55	0,15	8,31	369,99	
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	Metargilito, Metassiltito, Ardósia, Mármore	89,98	0,30	8,65	778,44	
Paranoá 3 – Rítmica Quartzítica Intermediária	Metassiltito, Siltito argiloso, Metargilito	58,28	0,19	9,34	544,57	
Drenagem		12,61	0,042	0,00	0,00	
Canastra Indiviso	Filito, Xisto, Sericita xisto, Grafita xisto, Metarenito	214,52	0,71	3,58	767,75	

Tabela 3.157 – Valores de recarga para a estação Porto dos Poções.

Estação Porto dos Poções	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	0,24	0,00	9,34	2,22	6,06
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito	2,48	0,03	1,73	4,29	
Paraopeba, arenito	Arenito, Siltito	212,06	2,28	5,02	1064,11	
Paranoá	Metarenito arcoseano, Rocha metapelítica, Rocha pelítica	135,53	1,46	4,85	656,62	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	12,42	0,13	5,88	73,07	
Vazante – Unidade A	Ardósia, Foscorito	474,54	5,11	5,02	2381,20	
Vazante – Unidade B	Calcário dolomito, Chert, Foscorito, Rocha metapelítica	44,88	0,48	12,11	543,56	
Paracatu	Sericita filito carbonoso	60,14	0,65	1,90	114,47	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	735,16	7,91	8,13	5978,63	
Serra do Landim	Filito, Sericita filito carbonoso	134,02	1,44	5,02	672,50	
Paraopeba, calcário	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	14,34	0,15	8,65	124,05	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	1581,55	17,03	9,34	14777,48	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	352,58	3,80	2,08	732,10	

Tabela 3.158 – Valores de recarga para a estação Porto dos Poções – Continuação.

Estação Porto dos Poções	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	0,87	0,01	1,73	1,50	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	5094,97	54,85	4,85	24684,48	
Paranoá 1 – Conglomerática Rítmica Quartzítica inferior	Conglomerado oligomítico, Metarritmito, Filito, Metassiltito	0,06	0,00	7,61	0,47	
Paranoá 2 – Síltico Ardosiana	Filito, Mármore, Metassiltito, Calcifilito	44,55	0,48	8,31	369,99	
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	Metargilito, Metassiltito, Ardósia, Mármore	89,98	0,97	8,65	778,44	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	227,81	2,45	12,46	2838,08	
Paranoá 3 – Rítmica Quartzítica Intermediária	Metassiltito, Siltito argiloso, Metargilito	58,28	0,63	9,34	544,57	
Drenagem	Drenagem	12,61	0,14	-	-	

Tabela 3.159 – Valores de recarga para a estação Santo Inácio.

Estação Santo Inácio	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	1987,696	8,366	7,529	14965,705	4,571
Santa Fé	Arenito, Rocha pelítica, Diamictito	417,991	1,759	7,529	3147,128	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	3677,002	15,476	5,444	20018,224	
Paraopeba, calcário	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	265,513	1,118	5,792	1537,766	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	5140,196	21,635	6,950	35724,380	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	7943,509	33,434	1,390	11041,485	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	593,671		6,718	3988,483	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	2096,327	8,823	3,012	6313,440	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	1073,906	4,520	9,267	9951,538	
Paranoá	Metarenito arcoseano, Rocha metapelítica	232,783	0,980	3,749	872,785	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	63,793	0,268	4,396	280,420	
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	39,168	0,165	10,198	399,447	
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito	47,363	0,199	1,889	89,448	
Paranoá 3 – Rítmica Quartzítica Intermediária	Metassiltito, Siltito argiloso, Metargilito	35,784	0,151	5,477	195,984	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	18,561	0,078	1,889	35,053	
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	Metargilito, Metassiltito, Ardósia, Mármore	125,096	0,527	9,443	1181,273	
Drenagem		0,624	0,003	0,000	0,000	

Tabela 3.160– Valores de recarga para a estação Vila Urucuia.

Estação Vila Urucuia	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Paranoá	Metarenito arcoseano, Rocha metapelítica, Rocha pelítica	232,783	1,259	3,749	872,785	4,788
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	63,793	0,345	4,396	280,420	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	1584,703	8,568	8,404	13317,388	
Santa Fé	Arenito, Rocha pelítica, Diamictito	40,789	0,221	7,757	316,415	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	2832,286	15,313	6,077	17210,469	
Paraopeba, calcário	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	87,871	0,475	6,464	568,033	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	4258,852	23,026	4,983	29733,359	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	6430,893	34,769	1,551	9977,235	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	263,506	1,425	7,757	2044,086	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	1738,486	9,399	3,879	6742,952	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	695,352	3,759	9,309	6472,841	
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	39,168	0,212	10,198	399,447	
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito	47,363	0,256	1,889	89,448	
Paranoá 3 – Rítmica Quartzítica Intermediária	Metassiltito, Siltito argiloso, Metargilito	35,784	0,193	5,477	195,984	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	18,561	0,100	1,889	35,053	
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	Metargilito, Metassiltito, Ardósia, Mármore	125,096	0,676	8.443	1181,273	
Drenagem		0,624	0,003	0,000	0,000	

3.4.5.4.2 Considerações finais

Diante dos valores encontrados para as recargas dos aquíferos contidos no Subdomínio IId, verifica-se a partir da Tabela 3.161, apresentada a seguir, que o valor médio da Vazão subterrânea específica é de 6,65 L/s.km², variando entre 1,78 L/s.km² e 10,52 L/s.km². E em termos médios anuais, a média geral da Recarga média anual para o Subdomínio IId corresponde cerca de 209,73 mm/ano.

Tabela 3.161 – Resultados de recarga encontrados para o Subdomínio IId.

Unidade	Área (km ²)	Vazão mínima ponderada por litologia (L/s)	Vazão subterrânea específica média (L/s.km ²)	Recarga média anual (mm/ano)
Paranoá	232,78	1211,10	5,20	164,07
Urucuia	5,35	44,57	8,34	262,91
Cobertura detrito-lateríticas ferruginosas	1052,06	6622,20	6,29	198,50
Paraopeba, calcário	233,05	1631,81	7,00	220,82
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	4112,42	36088,89	8,78	276,75
Três Marias	4322,46	7684,22	1,78	56,06
Paraopeba	1617,84	7563,15	4,67	147,43
Depósitos aluvionares	191,88	2018,49	10,52	331,74
Paranoá 3 – Rítmica Quartzítica Intermediária	21,63	78,99	3,65	115,15
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	22,15	209,13	9,44	297,79
Areado	3,24	24,22	7,48	235,85
				209,73

3.4.5.5 Zoneamento da exploração no Subdomínio IId

O zoneamento da exploração é considerado fundamental para a gestão do aquífero e para cumprir essa finalidade foi adotado o seguinte procedimento:

- O ponto de partida para o *zoneamento da exploração* foi a inserção da área do Subdomínio IId, em estudo, no interior de um retângulo compreendido entre os paralelos de 45°30'W e 47°W e entre os meridianos de 15°S e 17°S, no qual foi feita uma partição em células quadradas de 30' de lado, com área aproximadamente de 3025 km² (55 km x 55 km), conforme Figura 3.69. Globalmente, o Subdomínio IId, com área de 11.820,2 km², foi recoberto por 40 células com áreas variáveis de 41,6 a 2.758,7 km².
- Foi então realizado um balanço tendo como vazão de entrada em cada célula a recarga média avaliada por sub-bacia (Tabela 3.162) e como descarga de saída, a vazão informada no cadastro de usuários realizado em 2014 na área do projeto. Verificou-se que o número de poços existentes em condições de operação em cada célula varia bastante estando concentrados principalmente nas células P04, P03 e Q04. Isto permitiu obter o mapa de zoneamento da exploração do aquífero em 2014 (Figura 3.69). Esse mapa revela que em todas as células há excedente hídrico e que as retiradas são bem inferiores à recarga.
- Essa conclusão baseada em vazão informada sugere que não há motivos para preocupação nesse subdomínio, notadamente porque a julgar pelo índice de concentração de poços, o resultado é consistente com a realidade.
- Neste sentido, não há prioridade para implementação de um programa de monitoramento automático de níveis e descargas de poços neste subdomínio.

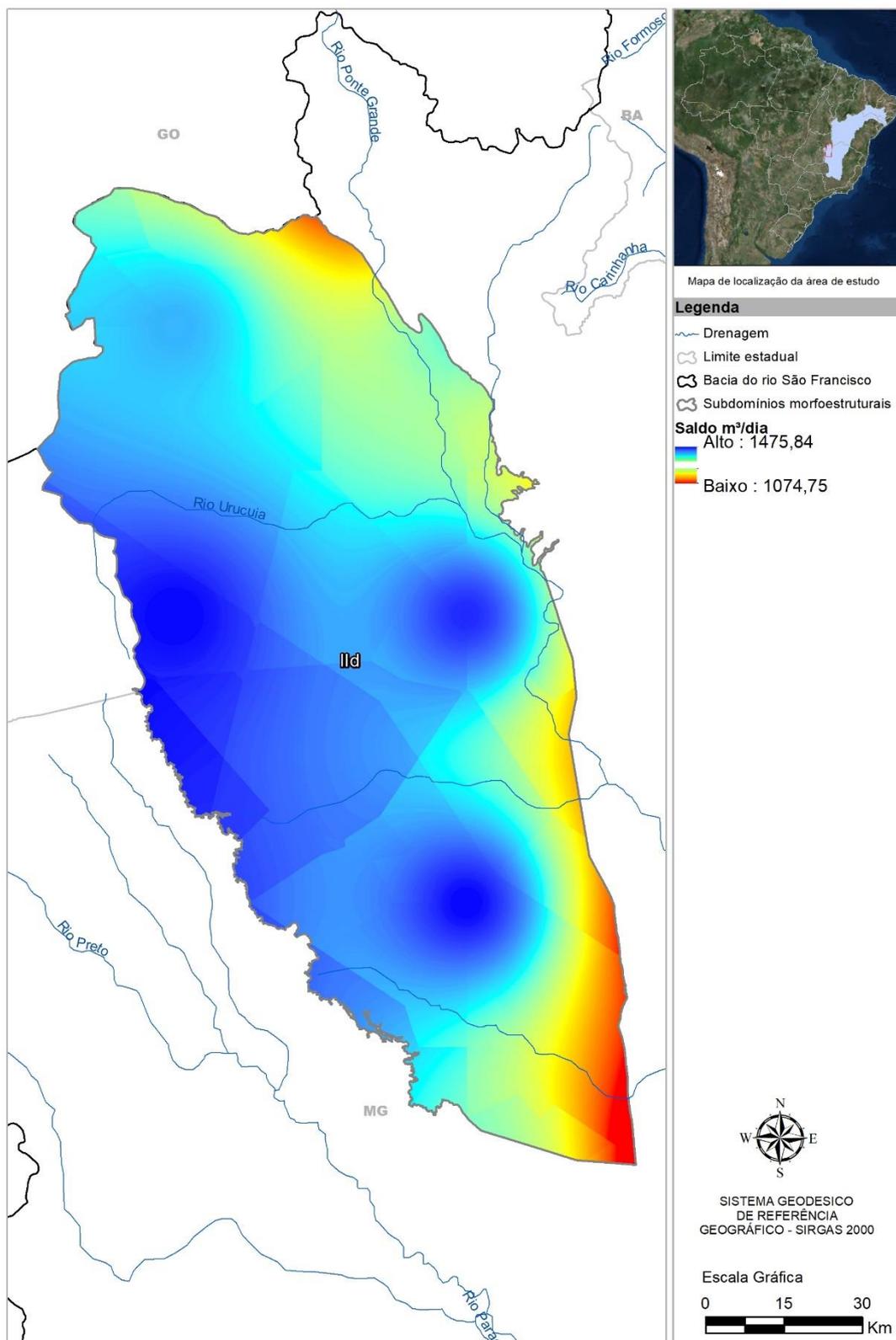


Figura 3.69: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Subdomínio IId, Bambuí Deformado, com excedente hídrico.

Tabela 3.162 – Balanço entre recarga natural e vazão explorada supondo um regime operacional médio de 10,22 horas/dia no subdomínio IId Bambuí Deformado.

Célula	x	y	Area km ²	Número de Poços	Recarga m ³ /dia	Produção Estimada m ³ /dia	Saldo m ³ /dia
O03	-46,75	-15,25	2.311,8	22	1.391.850	5.835	1.386.015
O04	-46,25	-15,25	977,3	20	446.507	6.285	441.222
P03	-46,75	-15,75	2.061,6	53	1.034.514	9.890	1.023.624
P04	-46,25	-15,75	2.332,9	129	1.170.498	23.290	1.146.208
Q03	-46,75	-16,25	629,2	13	321.987	1.252	320.735
Q04	-46,25	-16,25	2.758,7	79	1.386.664	9.984	1.376.681
Q05	-45,75	-16,25	41,6	2	12.697	141	12.556
R04	-46,25	-16,75	634,0	9	295.629	968	294.661
R05	-45,75	-16,75	73,1	7	16.193	2.158	14.035

3.4.6 Reservas, potencialidades e exploração

As conceituações de reservas, potencialidades e exploração encontram-se nos tópicos 1.2, 1.3 e 1.4 do Capítulo 1.

3.4.6.1 Reservas permanentes

As reservas permanentes do Subdomínio IId do Domínio II – Grupo Bambuí Deformado W foram avaliadas de acordo com o exposto nos itens 1.2.1 e 1.2.2 do Capítulo 1 do presente relatório. A Tabela 3.163 a seguir sintetiza os valores utilizados e os resultados obtidos.

Tabela 3.163 – Reserva permanente do Subdomínio IId

Subdomínio IId do Domínio II								
Unidade Geológica	Área (km ²)	%	Litologia predominante	P (m)	NE (m)	μ _e	b (m)	RP (hm ³)
Paranoá	902,33	7,64	Metarenito arcoseano, Rocha metapelítica, Calcário	120,00	16,00	0,130	104,00	12.199,43
Paraopeba, calcário	902,60	7,64	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	90,00	6,00	0,130	84,00	9.856,34
Paraopeba	2.287,39	19,36	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	87,00	8,00	0,070	79,00	12.649,24
Paranoá 4 – Ritmica Pelito-carbonatada	691,70	5,85	Metargilito, Metassiltito, Ardósia, Mármore	120,00	16,00	0,130	104,00	9.351,72
Total	4.784,00	40,49						Reserva permanente total 44.056,73

P = prof. média dos poços NE = nível est. médio μ_e = poros efetiva b = espes. saturada média RP = Res. Perman.

3.4.6.4 Exploração

O conceito de exploração de água subterrânea, aqui adotado, é discutido no item 1.4 do presente relatório.

Uma análise bastante detalhada da produção dos poços do Subdomínio IId foi apresentada acima no item 3.4.5.3. Os números obtidos nessa análise serão aqui reproduzidos.

3.4.6.4.1 Exploração efetiva

A exploração efetiva é avaliada em 16.233,06 m³/dia ou 5,9 hm³/ano para um regime médio de 6,3 horas/dia de bombeamento.

3.4.6.4.2 Exploração instalada

Considerando-se regime de bombeamento contínuo, chega-se a uma exploração instalada de 22,6 hm³/ano.

4 Domínio III

O Domínio III corresponde ao compartimento central de Allkmin & Martins-Neto (2001), e inclui a porção da bacia onde as rochas do Supergrupo São Francisco não apresentam deformações significativas (Figura 4.1). É o maior domínio definido no presente relatório, incluindo as áreas definidas no RP-3 como subdomínios 2 (Urucuia), 4 (Bambuí Ocidental) e porção oeste do subdomínio 5 (Bambuí Oriental). O Domínio III se inicia no centro-sul de Minas Gerais e vai até o norte da Bahia, constituindo uma vasta superfície onde predominam os arenitos e pelitos da Formação Três Marias e os arenitos cretáceos do Grupo Urucuia. Ocorrem, em menor proporção, no flanco oeste do rio São Francisco, sedimentos carbonatados do Grupo Bambuí. Acompanhando o sopé das escarpas orientais do Urucuia e servindo-lhe de pedestal, desde o rio Carinhanha, ao norte, até Januária, ao sul, numa extensão de 150 km, chama atenção uma notável área de exposição da Formação Sete Lagoas, não verificada nos demais domínios. De acordo com Iglesias & Uhlein (2009), essa exposição pode estar associada a um provável alçamento de parte do flanco oeste do Rio São Francisco, que fez aflorar aí de forma conspícua a Formação Sete Lagoas.

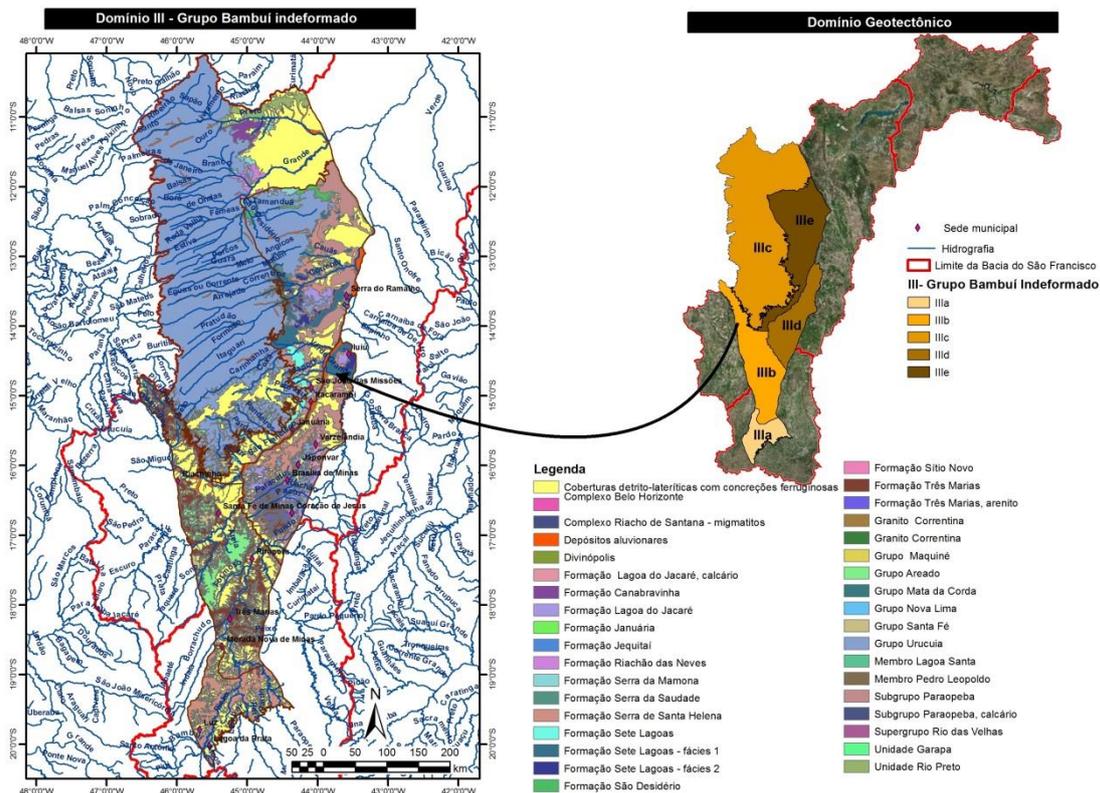


Figura 4.1: Localização do Domínio III – Grupo Bambuí pouco deformado.

O Domínio III foi subdividido em cinco subdomínios, que serão caracterizados nos capítulos correspondentes.

4.1 Subdomínio IIIa

Este subdomínio ocupa a porção centro-sul do domínio em Minas Gerais, indo das cidades de Lagoa da Prata e Luz até Morada Nova de Minas. Caracteriza-se pela presença marcante de pelitos da Fm. Serra de Santa Helena e rochas do Subgrupo Paraopeba cobertas por sedimentos cenozoicos.

4.1.1 Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação

Neste item tem-se o levantamento do uso do solo, das estruturas cársticas e das fontes de contaminação realizado para a área regional, conforme descrito no capítulo de Metodologia, e recortados aqui para o Subdomínio IIIa.

Na Tabela 4.1 tem-se as fontes contaminantes do Subdomínio IIIa.

Tabela 4.1 – Fontes contaminantes do Subdomínio IIIa.

Subdomínio IIIa – Fontes contaminantes	
Cemitério	18
Esgotamento sanitário	1
Indústria	7
Lixão / Aterro sanitário	1
Posto de combustível	73
Total:	100

O quantitativo de estruturas cársticas para o subdomínio IIIa foi de 18 cavidades e 59 dolinas, e estão exibidas na Figura 4.2.

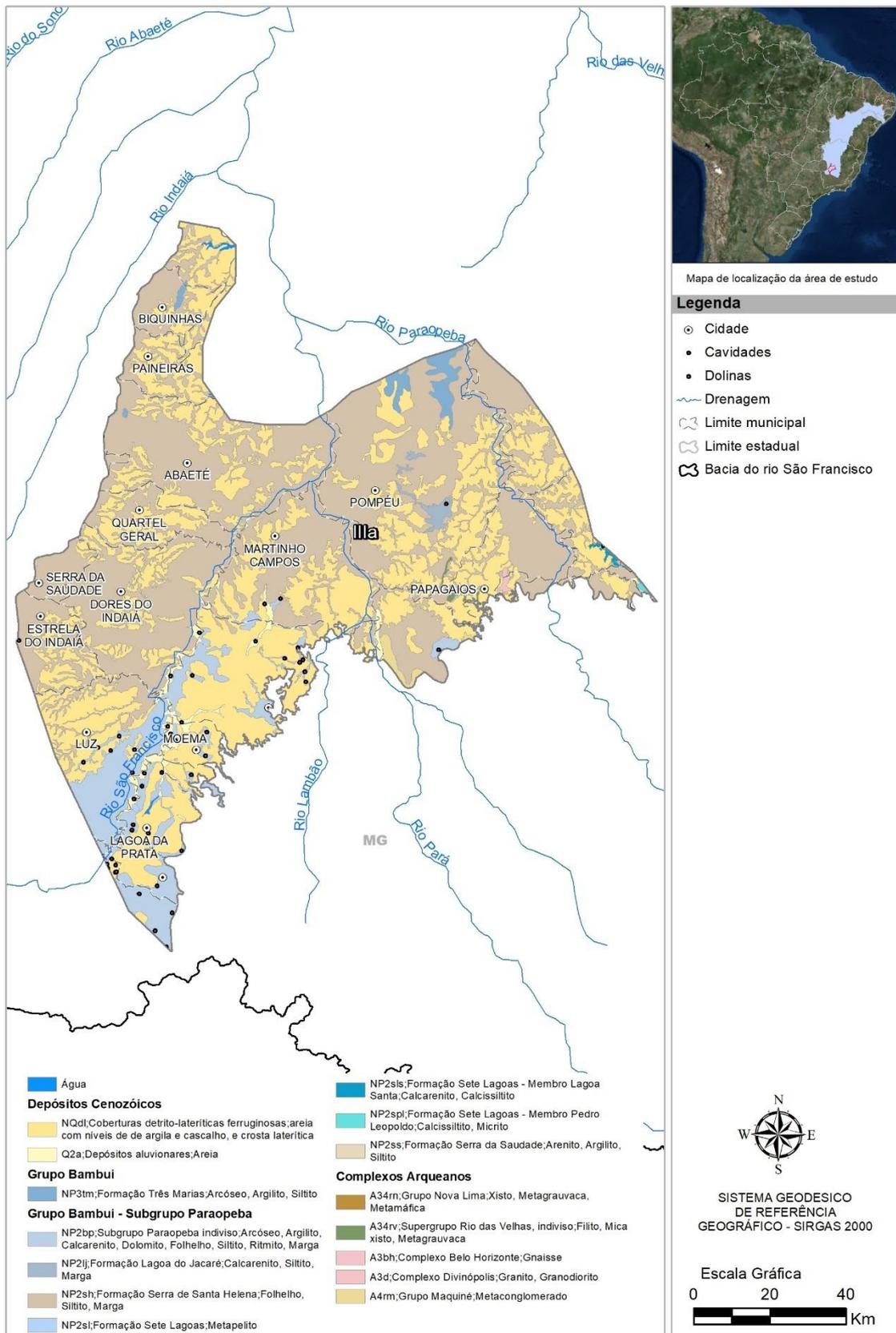


Figura 4.2: Mapa de estruturas cársticas do Subdomínio IIIa.

As áreas das diferentes classes de uso do solo do subdomínio IIIa são quantificadas conforme mostrado na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Áreas de uso do solo do Subdomínio IIIa.

Classes de uso do solo	Área em km ²
Área urbanizada	10,09
Campestre	4739,32
Corpo d'água continental	54,84
Florestal	7968,39
Lavoura temporária	113,55
Sem informação	1,23
Total:	10,09

A distribuição percentual das áreas das classes de uso do solo no subdomínio IIIa é mostrada na Figura 4.3.

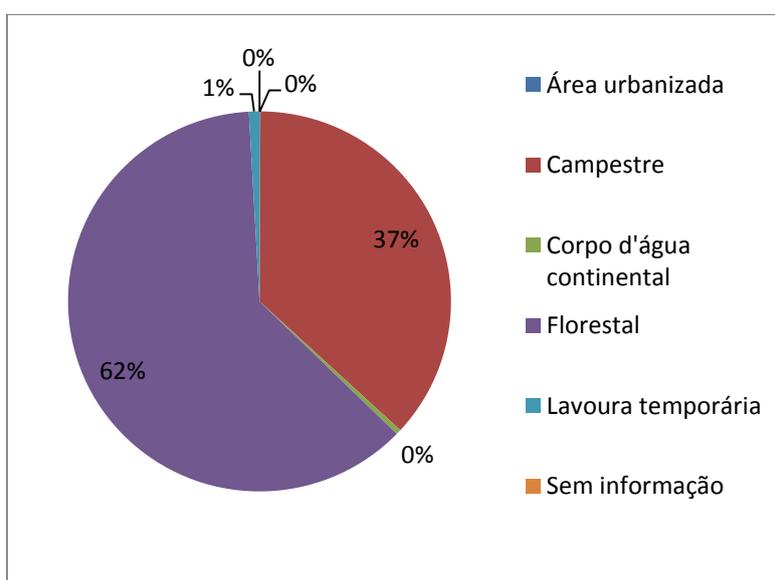


Figura 4.3: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Subdomínio IIIa.

A maior porcentagem encontra-se na classe Florestal, com 62% da área total de 12.887,42 km², ou seja, 6.968,39 km² de área; em seguida, a maior área foi identificada como Campestre com 37% ou 4.739,32 km²; a classe Lavoura Temporária representa 1% ou 113,55 km²; as demais classes, como Corpo de Água Continental, Área Urbanizada e Sem Informação, representam valor menor que 1%, respectivamente com 54,84 km², 10,09 km² e 1,23 km².

O mapa do uso do solo acrescido dos possíveis pontos de contaminação e estruturas cársticas, para o subdomínio IIIa, pode ser observado na Figura 4.4.

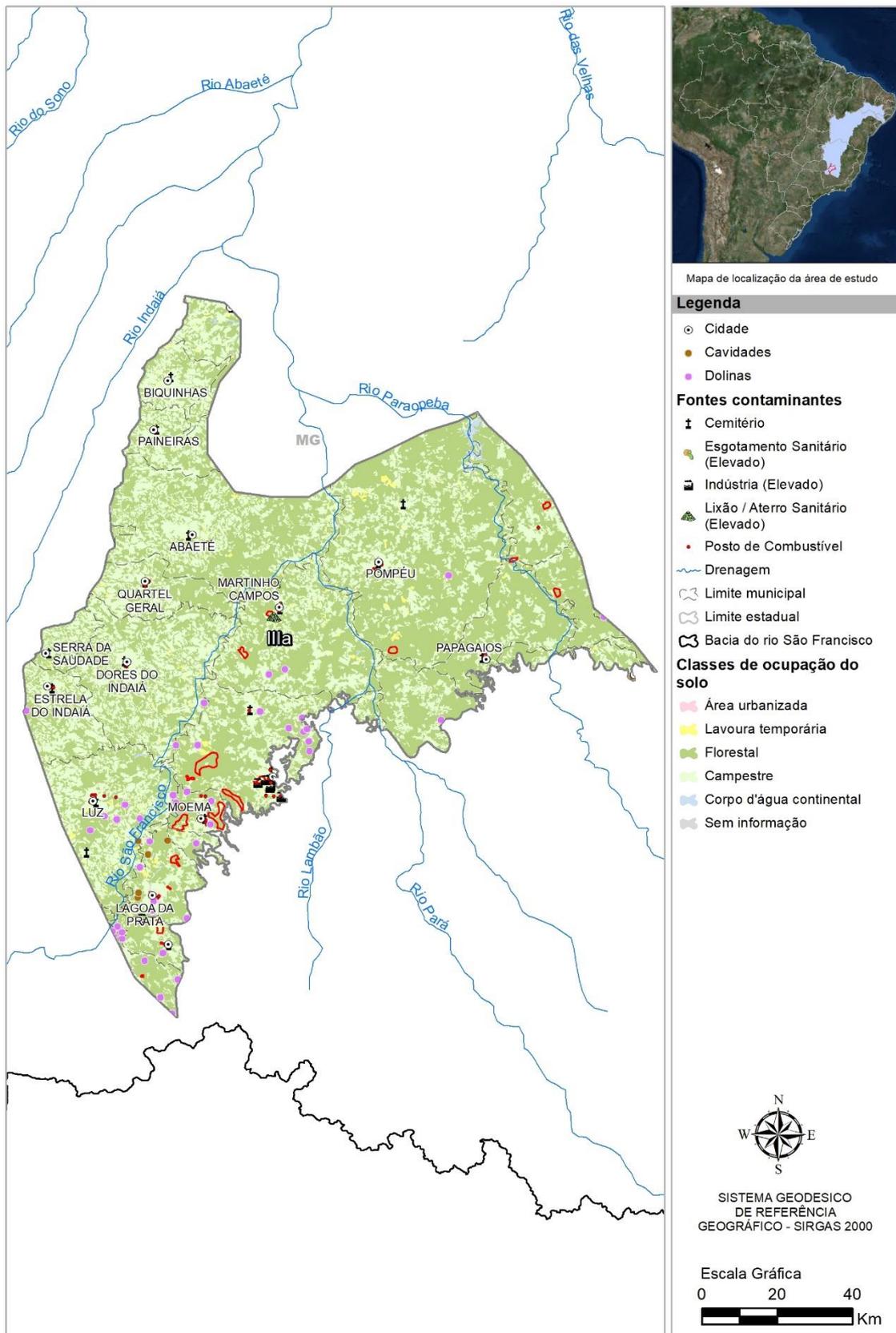


Figura 4.4: Uso e ocupação do solo no Subdomínio IIIa.

4.1.2 Levantamento socioeconômico e demandas hídricas

Para a realização de um estudo correto das demandas hídricas de uma localidade, se faz necessário o estudo de parâmetros socioeconômicos e populacionais.

A interpretação dos parâmetros de rendimento e taxa de alfabetização, auxiliam no entendimento do grau de desenvolvimento econômico de uma região, e a partir daí, torna-se possível correlacioná-los à necessidade de água no local. A Tabela 4.3 apresenta tais parâmetros para o subdomínio IIIa.

Tabela 4.3 - Dados socioeconômicos do Subdomínio IIIa.

Rendimento (R\$)	Alfabetização (%)	IDHM
935,63	91,60	0,70

O subdomínio IIIa apresentou, em 2010, o rendimento médio da população um abaixo da média do estado de Minas Gerais (R\$ 1.101,56), sendo cerca de 15% menor. Porém, se comparado ao salário mínimo do ano em questão (R\$ 510,00), este rendimento é cerca de 83% acima deste valor.

No tocante à taxa de alfabetização, o subdomínio IIIa apresenta uma taxa (91,6%) um pouco abaixo da taxa do estado de Minas Gerais (92,30%).

No caso do rendimento, tem-se a consideração do peso proporcional de adultos potencialmente receptores de renda no domicílio, diante do cenário em que crianças e idosos tendem a não gerar renda. Sabendo que o rendimento é obtido pela divisão da receita domiciliar pelo número de integrantes no domicílio, um rendimento baixo pode ser entendido como receita familiar baixa e/ou alto número de integrantes da família, assim como um rendimento alto pode significar uma receita familiar alta e/ou um baixo número de integrantes da família.

Analogamente, a taxa de alfabetização contribui para análise das condições de vida populacional, proporcionando o entendimento do bem estar familiar. Essa taxa de alfabetização tende a ser mais baixa em localidades de menor rendimento, indicando menor oportunidade de acesso ao conhecimento.

Dessa forma, compreender o nível de qualidade de vida constitui um fundamento para gerar dados acerca do rendimento e taxa de alfabetização regional, de forma que uma menor qualidade de vida é relacionada a um menor rendimento e menor taxa de alfabetização, o que assinala menor demanda hídrica no local, ao passo que uma maior qualidade de vida é relacionada a um maior rendimento e maior taxa de alfabetização, assinalando uma maior demanda hídrica.

Quando consideramos o IDHM, é possível obter uma análise mais robusta, haja vista que tal índice pondera longevidade, educação e renda, simultaneamente. Nesse âmbito, o Índice de Desenvolvimento Humano para o Subdomínio IIIa foi de 0,70, em 2010, classificando-se na faixa de Desenvolvimento Humano Alto (IDHM entre 0,700 e 0,799). Pode-se concluir que o subdomínio IIIa possui rendimento, taxa de alfabetização e IDHM altos, o que indica uma maior demanda hídrica.

O subdomínio IIIa representa 8% do PIB e cerca de 9% da população do total dos subdomínios. Quando analisado o PIB per capita, o subdomínio apresenta resultado abaixo da média da área de influência total.

Essa situação pode caracterizar má distribuição de renda na região, ou ainda, que a região possui áreas comerciais/industriais, onde a produção de bens é mais intensa que os gastos domiciliares.

Esse cenário pode ser ainda confirmado diante do confronto desse PIB per capita com o PIB per capita de Minas Gerais, chegando a ser apenas 7% menor que do estado (20.592,16), ressaltando o alto nível de produção econômica na área.

A Tabela 4.4 apresenta os valores do PIB para o Subdomínio IIIa.

Tabela 4.4 – PIB do Subdomínio IIIa.

PIB	População	PIB per capita
4.364.442,00	302.682	14.419,23

4.1.2.1 Aspectos sanitários gerais

O estudo dos aspectos sanitários da região, servirão para o monitoramento da qualidade da água, identificando as deficiências que mais influenciam em problemas ambientais. Foram avaliados quatro pontos importantes: formas de abastecimento, tipos de esgotamento sanitário nos domicílios, destino do lixo e quantitativo de domicílios que recebem ou não energia elétrica.

- **Abastecimento**

A porcentagem de abastecimento por rede geral, ou seja, com tratamento de água, no subdomínio IIIa (88,00%) é um pouco superior à taxa de abastecimento do estado de Minas Gerais (86,28%), apresentando menores taxas em relação ao abastecimento por poços, nascentes, rios, açudes, o que caracteriza uma área mais urbanizada.

A Tabela 4.5 apresenta a distribuição da forma de abastecimento no subdomínio IIIa.

Tabela 4.5 – Formas de abastecimento no subdomínio IIIa.

Formas de abastecimento	%
Rede geral	88,00
Poço ou nascente na propriedade	9,00
Poço ou nascente fora da propriedade	1,90
Rio, açude, lago ou igarapé	0,50
Poço ou nascente na aldeia	0,00
Poço ou nascente fora da aldeia	0,00
Outra	0,50

- **Esgotamento sanitário**

Neste subdomínio, apenas 0,40% dos domicílios não possuíam nem banheiro nem sanitário, mostrando-se com taxa ainda menor que a do estado de Minas Gerais (1,26%). A porcentagem de esgoto que não é transportado pela rede geral, não é posto em redes pluviais e nem tratado em fossa séptica é significativa, apontando para grande impacto no meio ambiente desta região.

A Tabela 4.6 abaixo apresenta as porcentagens da existência de banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário no subdomínio IIIa.

Tabela 4.6 – Existência de banheiro ou sanitário no subdomínio IIIa.

Tipos de esgotamento sanitário	Quantitativo (%)
Banheiro de uso exclusivo do domicílio	98,90
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	78,10
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - outro	21,90
Sanitário	0,70
Sanitário - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	41,00
Sanitário - outro escoadouro	59,00
Sem banheiro e sem sanitário	0,40

- **Destino do lixo**

Com o estudo realizado, foi possível verificar que o subdomínio IIIa possui um sistema de destino do lixo similar à média de todo o estado de Minas Gerais, mostrando que 89,20% do lixo é coletado, enquanto a média do estado é 87,63%. Porém ainda 10,80% do lixo possui destino indefinido, o que pode indicar uma destinação incorreta podendo causar contaminação do solo e de águas.

A Tabela 4.7 apresenta as porcentagens de destinação do lixo no subdomínio IIIa.

Tabela 4.7 – Destinos do lixo no subdomínio IIIa.

Destino do lixo	Quantitativo (%)
Coletado	89,20
Coletado por serviço de limpeza	97,50
Coletado em caçamba de serviço de limpeza	2,50
Outro destino	10,80

- **Energia Elétrica**

Neste quesito, pode-se identificar que o subdomínio IIIa é uma região bem atendida por redes elétricas, com porcentagem de pessoas que tem energia elétrica maior que a do estado de Minas Gerais, chegando a atender 99,70% da população e apenas 0,30% da população não recebe atendimento.

4.1.2.2 Demandas Hídricas

O estudo das demandas visa o conhecimento da necessidade de água de uma determinada região, e aliado ao conhecimento das potencialidades e disponibilidades hídricas, se torna um dos elementos essenciais para a realização de seu balanço hídrico, além de constituir um instrumento valioso para o planejamento e estabelecimento das prioridades de uma política de uso dos recursos hídricos.

O levantamento das demandas hídricas foi feito tanto para dados atuais (2010) como para dados futuros (2015, 2020, 2025 e 2030).

- **População urbana e rural**

No subdomínio IIIa pode-se observar uma diminuição na população rural, com taxa de crescimento negativa ao passo que houve um aumento na população urbana, com taxa de crescimento positiva, como pode ser observado na Tabela 4.8.

Tabela 4.8 – População e demanda para abastecimento humano (2010).

População	2010	Demanda (m ³ /dia)	Taxa de crescimento (%)
Rural	35.180	8.193	-1,29
Urbana	263.464	79.720	1,28

Este aumento da população urbana e diminuição da população rural indica um processo de urbanização da região. O processo de urbanização é decorrente do desenvolvimento econômico e distribuição de trabalho, intimamente ligado à industrialização.

O crescimento populacional neste subdomínio, aumenta a competição pelos mesmos recursos naturais, para suprimento das necessidades humanas, e, ao mesmo tempo, a produção de poluição. Tudo isso pode implicar na degradação de muitos recursos naturais e aumento de epidemias. Podemos notar que a demanda hídrica rural é menor que demanda hídrica urbana.

- **Dessedentação animal**

O subdomínio IIIa representa 12% de bovinos, 37% de bubalinos, 9% de equinos, 1% de asininos, 5% de muares, 1% de caprinos, 4% de ovinos, 11% de suínos e 37% de aves do somatório total das cabeças de todos os subdomínios. O quantitativo de cabeças e o consumo da dessedentação de animais estão na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.

Rebanhos	Nº de cabeças
Bovinos	831.173
Bubalinos	2.573
Equinos	20.380
Asininos	35
Muares	909
Caprinos	227
Ovinos	2.927
Suínos	97.107
Aves	4.766.132
Demanda para dessedentação animal (m ³ /dia)	889.795,39

- **Irrigação**

O subdomínio IIIa apresentou, em 2010, uma estimativa de área irrigada, calculada segundo a aplicação do PAI-MG, de 17.496 hectares. A partir dos dados de área irrigada e com o coeficiente de demanda unitária adotado, de 0,4 L/s.ha, foi possível converter a área irrigada em demanda hídrica, que foi estimada, para o ano de 2010 em 638.234 m³/dia.

- **Indústria**

A demanda de recursos hídricos das indústrias, para o subdomínio IIIa, demonstra ser pequena em relação à demanda de abastecimento da população, sendo igual a 38,74 m³/dia. Porém, segundo análise na seção de

demanda de população rural e urbana, pode-se concluir que é uma região que está em desenvolvimento industrial.

4.1.2.3 Demandas futuras (2015, 2020, 2025, 2030)

- **População urbana e rural**

A Tabela 4.10 a seguir apresenta as projeções feitas, para a população urbana e rural no subdomínio IIIa. Os coeficientes de retirada de água per capita, também definido na metodologia, foram aplicados às populações projetadas nos referidos anos, de forma a obterem-se as demandas para abastecimento urbano e rural para o subdomínio IIIa.

Tabela 4.10 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.

População/Ano	2015	2020	2025	2030
Rural	63.053	61.077	59.569	58.556
Urbana	275.283	284.655	291.808	296.615
Demanda hídrica rural (m ³ /dia)	7.882	7.635	7.446	7.320
Demanda hídrica urbana (m ³ /dia)	84.460	87.850	90.437	92.176

- **Dessedentação animal**

Devido à falta de dados mais recentes foi necessário projetar o número de cabeças por espécie, admitindo a mesma taxa de crescimento linear obtida entre os anos de 1996 e 2006. Assim, foi possível estimar o número de cabeças por espécie para 2010 e da mesma forma se procedeu para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030. Uma vez aplicada a taxa de crescimento linear, estimou-se o número de cabeças por espécie para o subdomínio IIIa, e o consumo para dessedentação animal. Ambos apresentados na Tabela 4.11.

Tabela 4.11 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio IIIa.

Rebanhos	Nº de cabeças por ano			
	2015	2020	2025	2030
Bovinos	837.117	843.103	849.133	855.205
Bubalinos	2.591	2.610	2.628	2.647
Equinos	20.526	20.672	20.820	20.969
Asininos	35	36	36	36
Muares	916	922	929	935
Caprinos	229	231	232	234
Ovinos	2.948	2.969	2.990	3.011
Suínos	97.801	98.501	99.205	99.915
Aves	4.800.217	4.834.545	4.868.119	4.903.940
Demanda para dessedentação (m³/dia)	896.158,67	902.567,45	909.022,07	915.522,84

- **Irrigação**

De posse da demanda atual para agricultura em 2010, deu-se prosseguimento às metodologias já aplicadas para os demais anos que compõem o horizonte deste estudo. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 4.12.

O resultado dessas projeções consiste nas áreas irrigadas a serem consideradas no futuro. Assim, utilizando-se dos coeficientes de demanda para agricultura, obtêm-se a demanda hídrica futura para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030.

Tabela 4.12 – Projeção dos métodos utilizados para irrigação no subdomínio IIIa.

Área irrigada (ha) / Ano	2015	2020	2025	2030
		23.607	30.129	38.453
Demanda para irrigação (m³/dia)	815.843	1.041.245	1.328.922	1.696.079

- **Indústria**

Para demanda relacionada à indústria, de forma semelhante ao que foi feito para calcular a de 2010, projetou-se os PIBs secundários para o subdomínio. Essa projeção teve como base uma taxa de crescimento linear obtida através da comparação entre os PIBs de 2002 e 2012.

Ao aplicar o coeficiente de consumo específico para classe 900 (genérica), equivalente a 0,02713 m³/US\$, como definido na metodologia, inferiram-se as demandas industriais para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030 (Tabela 4.13).

Tabela 4.13 – Projeção da demanda hídrica industrial para o subdomínio IIa.

Demanda Industrial (m ³ /dia)			
2015	2020	2025	2030
42	45	46	47

4.1.3 Vulnerabilidade

A vulnerabilidade foi avaliada de acordo com a metodologia EPIK comentada no item 1.6 do presente relatório.

A classificação dos parâmetros E, P, I e K, é mostrada na Figura 4.5. Essa classificação mostra os seguintes resultados:

Parâmetro E – Epicarste: 0,23% de epicarste franco (classe E1); 48,06% de epicarste encoberto (classe E2); e 51,71% ausente (classe E3).

Parâmetro P – Cobertura de proteção: 0,17% para a classe P1; 56,34% para a classe P2; e 43,49% para a classe P3.

Parâmetro I – Condições de infiltração: 1% para a classe I1; 50% para a classe I2; e 49% para a classe I3.

Parâmetro K – Grau de desenvolvimento da rede cárstica: 0,23%; para a classe K1; 48,05% para a classe K2; e 51,71% para a classe K3.

Na definição das classes do parâmetro P foi muito útil o mapa das unidades de solo, mostrado na Figura 4.6.

Com os diferentes parâmetros zoneados, foi possível elaborar o mapa de vulnerabilidade (ver item 1.6), mostrado na Figura 4.7. A partir desse mapa quantificam-se percentualmente, na Figura 4.8, as classes de vulnerabilidade.

Como se pode observar na Figura 4.8, a área do Subdomínio IIIa é repartida em 50,62% de vulnerabilidade baixa; 49,16% de vulnerabilidade média; e apenas 0,23% de vulnerabilidade alta.

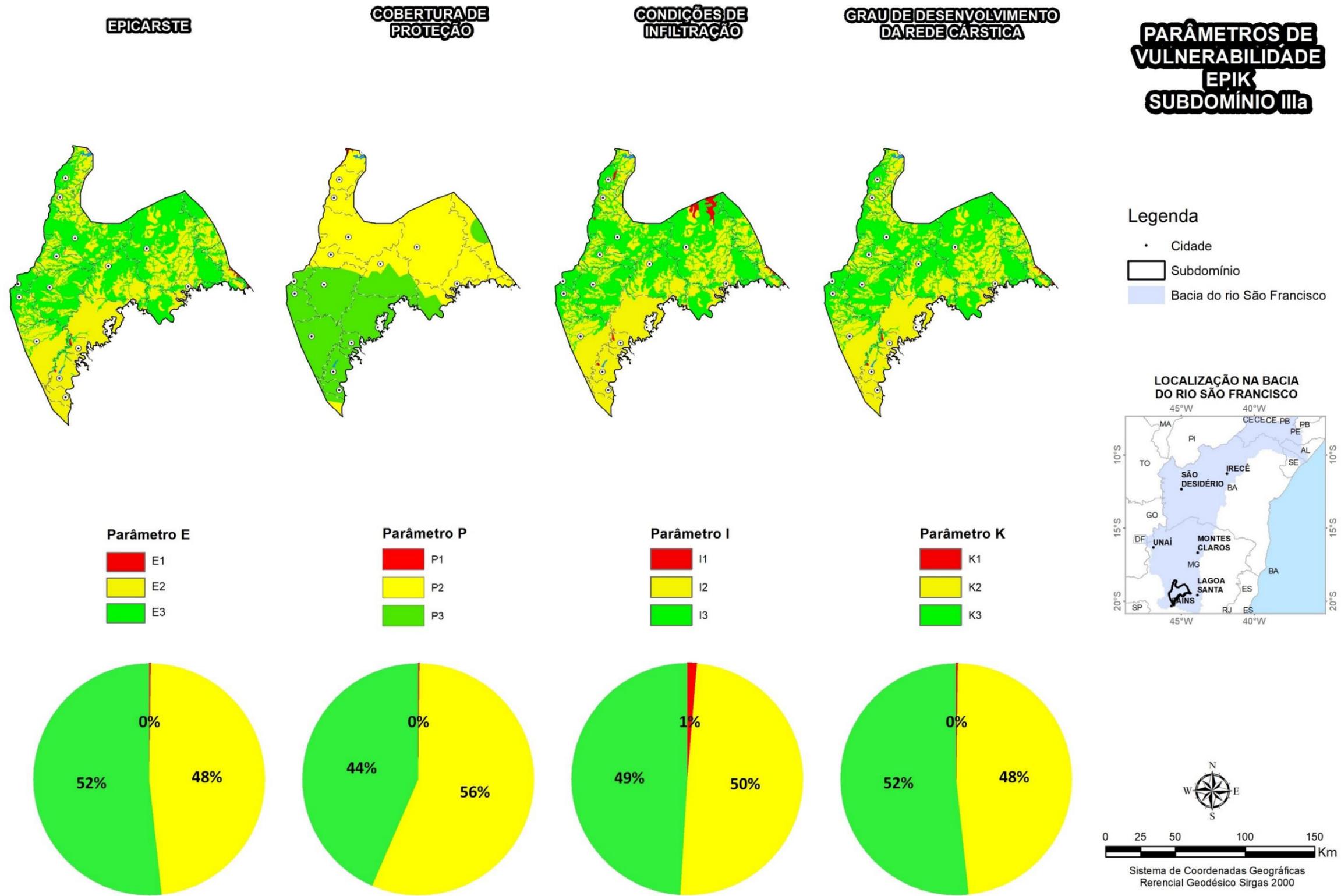


Figura 4.5: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.

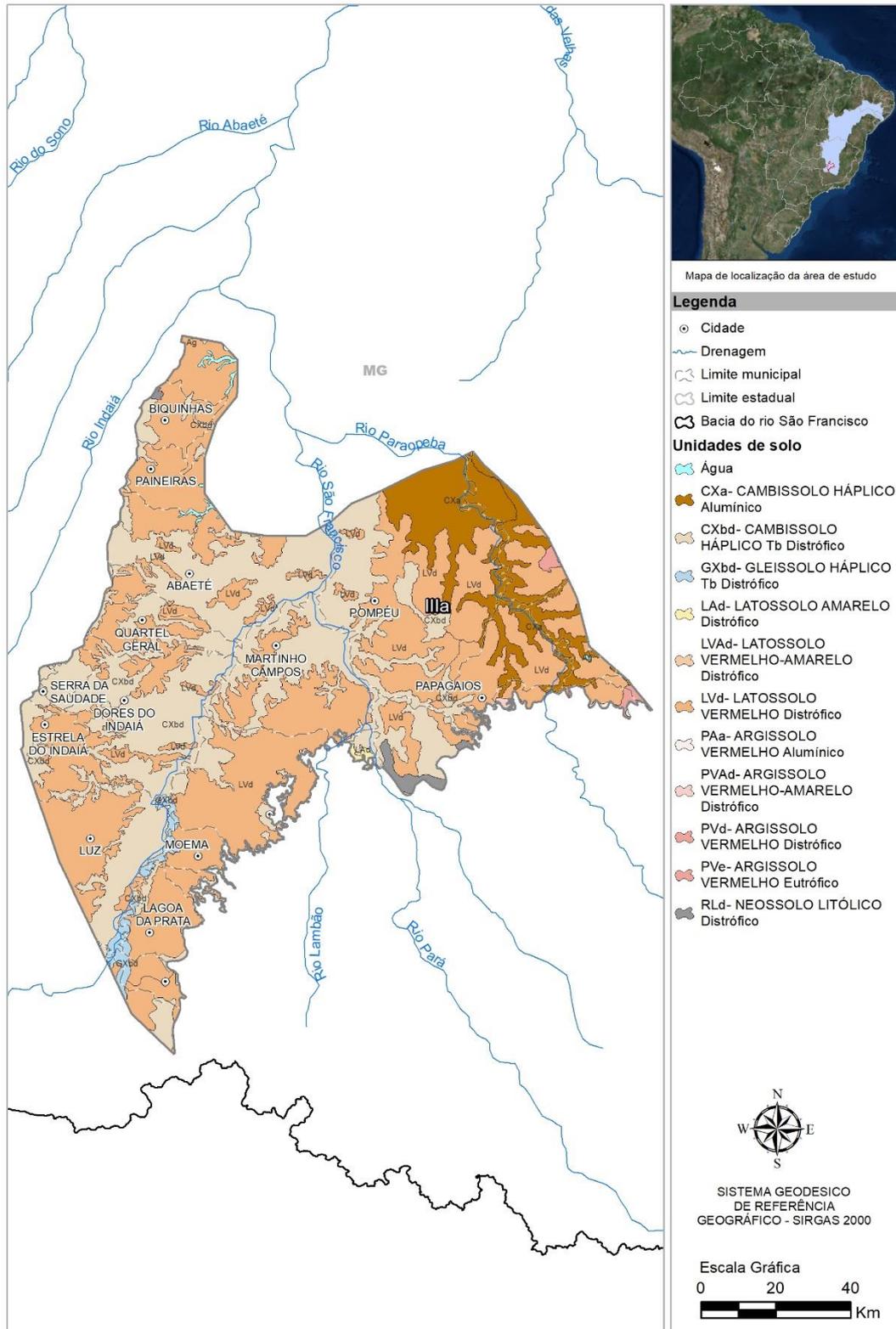


Figura 4.6: Mapa de unidades de solo com a classificação do parâmetro P.

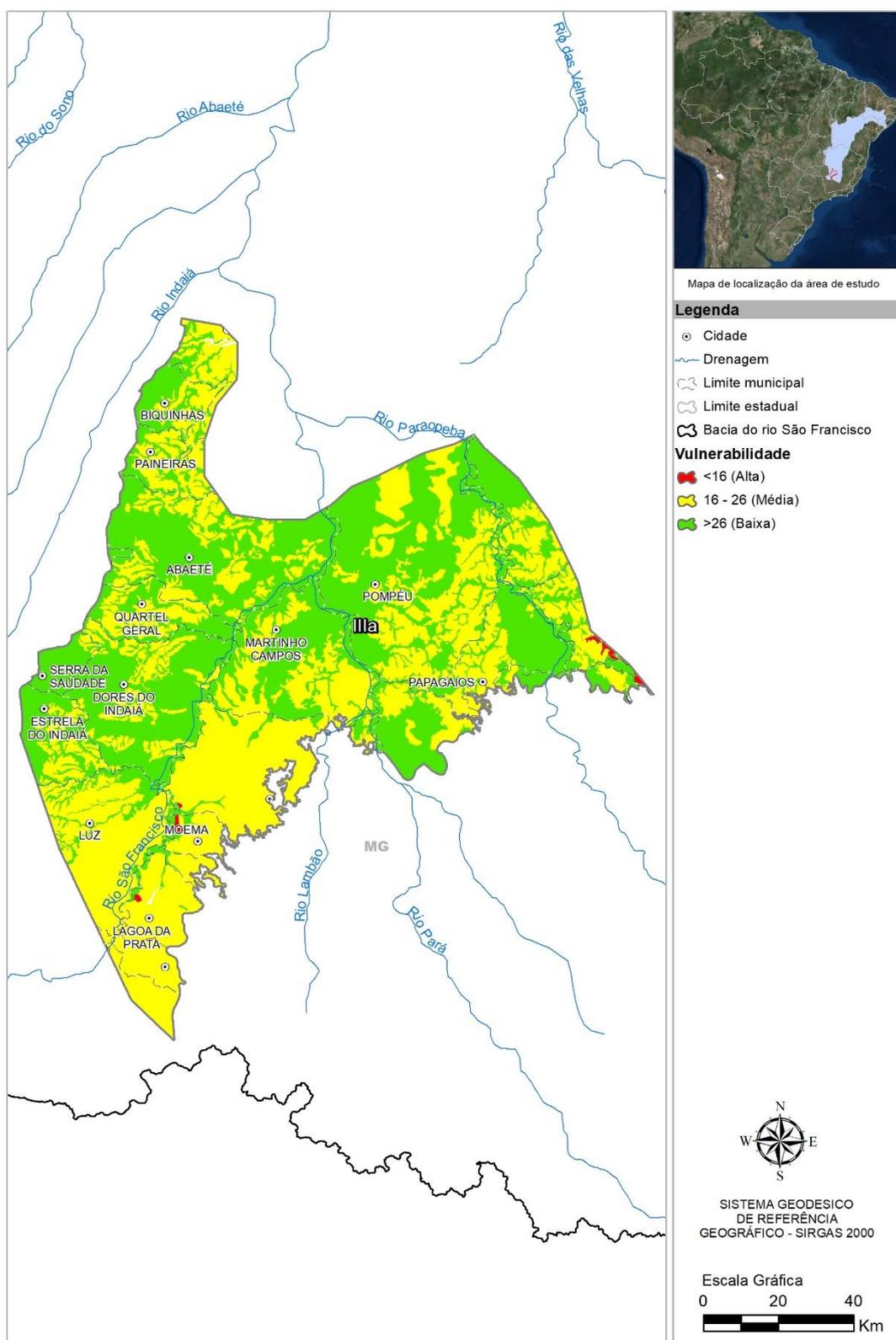


Figura 4.7: Mapa de vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Subdomínio IIIa.

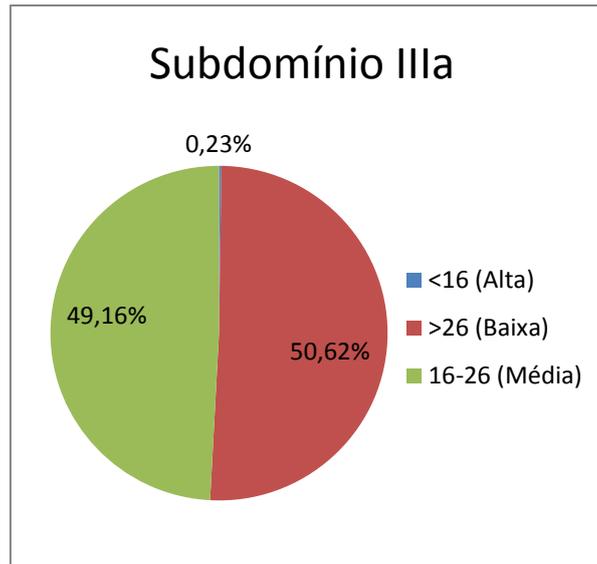


Figura 4.8: Classificação da vulnerabilidade para o Subdomínio IIIa.

4.1.4 Perigo de contaminação

Na Tabela 4.14 estão relacionadas as fontes contaminantes cadastradas no Subdomínio IIIa, com indicação dos respectivos índices Posh.

Tabela 4.14 – Fontes potenciais de contaminação no Subdomínio IIIa

ATIVIDADE	QUANTIDADE	ÍNDICE POSH
Cemitério	18	Moderado
Posto de combustível	73	Elevado
Lavoura temporária	103,74 km ²	Elevado

A distribuição dessas fontes contaminantes no mapa de vulnerabilidade é mostrada na Figura 4.9 onde se pode avaliar o perigo de contaminação no Subdomínio IIIa. Verifica-se, neste mapa, que o Subdomínio IIIa não apresenta perigos de contaminação extremos, pois não possui grandes áreas de vulnerabilidade alta. Essas áreas ocorrem apenas em pontos isolados e sem presença de fontes contaminantes de índice Posh elevado. Ocorre alto perigo de contaminação apenas em pequenas áreas na porção noroeste do subdomínio, em áreas de vulnerabilidade média (cor amarela) com fontes de contaminação classificadas como elevadas segundo a metodologia Posh. Essas fontes são postos de combustíveis e lavouras temporárias, essas últimas ocorrendo em apenas 1% do total do subdomínio.

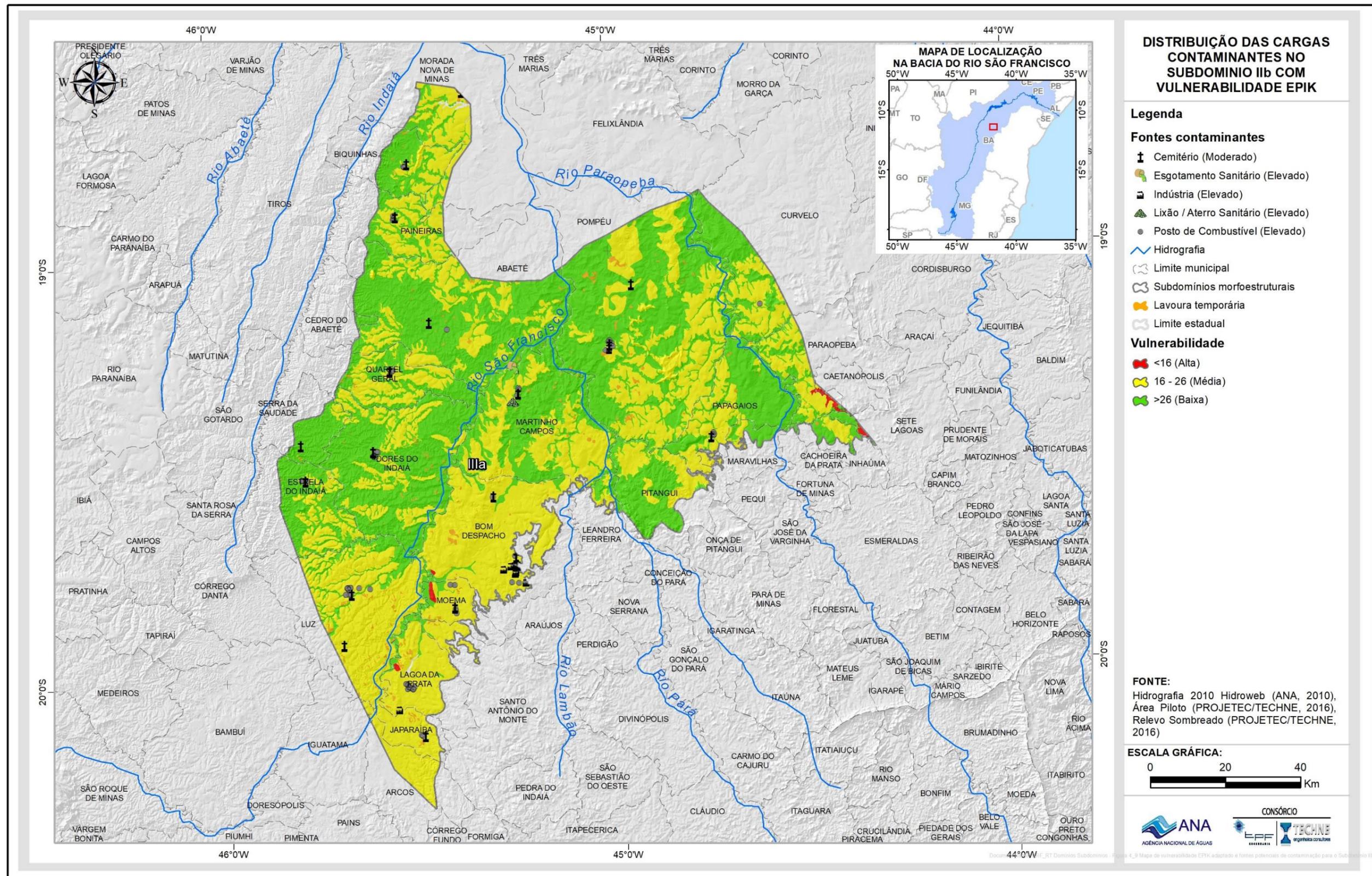


Figura 4.9: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Subdomínio IIIa

4.1.5 Recarga e zonas de exploração

Começando com um panorama regional da evolução histórica dos níveis de água subterrânea no domínio cárstico em Minas Gerais, a situação da exploração das águas subterrâneas do SAB no Subdomínio IIIa inclui uma estatística descritiva dos dados de poços levantados e catalogados no âmbito do Projeto ANA – Carste São Francisco bem como uma caracterização do regime de funcionamento dos poços e uma estimativa da produção global de água. Para a recarga, foram realizados os cálculos em função das precipitações e o regime fluvial para cada subdomínio. Com os valores de recarga e exploração do subdomínio foi possível realizar o zoneamento de exploração, demonstrado na Figura 4.18

4.1.5.1 Levantamento e sistematização dos dados

Os dados de poços levantados no Subdomínio IIIa, no âmbito do Projeto foram sistematizados e fazem parte do SIG, que constitui a principal fonte de consulta sobre poços.

4.1.5.1.1 Poços catalogados e cadastrados

A pesquisa hidrogeológica desenvolvida no Subdomínio Ila baseou-se em dados de 705 poços constantes no SIG, dos quais 249 foram catalogados do SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2010), 15 são novos poços cadastrados, no âmbito do Projeto ANA - Carste São Francisco, 31 foram catalogados pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) e 410 foram catalogados do sistema de outorgas de água subterrânea do IGAM (2014) (ANEXO 1.16 – Tabela de poços do Subdomínio IIIa). Para o tratamento estatístico não foram considerados os poços escavados. Desses 705 poços excluem-se 68 cisternas, 1 lagoa e 6 nascentes cadastradas durante o projeto e que estão hachurados na tabela do ANEXO 1.16. O resultado disso são 630 poços: 202 catalogados do SIAGAS, 387 catalogados do IGAM, 10 cadastrados e 31 catalogados pela COPASA.

4.1.5.1.2 Tratamento estatístico dos poços cadastrados

Na Tabela 4.15 é apresentada a estatística descritiva dos valores numéricos de profundidade, diâmetro do revestimento, nível estático, nível dinâmico e vazão dos poços cadastrados e catalogados no Subdomínio IIIa, localizado na porção noroeste da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

Tabela 4.15 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Subdomínio IIa.

Parâmetros Estatísticos	Profundidade (m)	Diâmetro da boca(mm)	Nível Estático - NE (m)	Nível Dinâmico - ND (m)	Vazão (m ³ /h)
Média	94,1	156,9	14,8	40,6	16,0
Mediana	90,0	150,0	13,0	37,0	7,5
Desvio Padrão	32,3	26,4	13,1	23,7	26,0
Coefficiente Variação	0,3	0,2	0,9	0,6	1,6
Valor máximo	250,00	254,00	120,00	136,00	210,60
Valor mínimo	15,00	7,40	0,35	2,00	0,03
Nº valores	561	519	516	512	555

4.1.5.1.3 Profundidade

A profundidade dos poços inventariados no Subdomínio IIIa, variou de 15 a 250 m. A profundidade média foi de 94,1 m e se explica pelo fato de que a classe mais frequente (33%) corresponde a poços com profundidade superior a 80 m e inferior a 100 m. Se considerarmos todos os poços com mais de 40 m teremos 546 poços ou 98% do total no subdomínio IIIa. Já as classes compreendidas entre 0 e 40 m de profundidade possuem uma frequência muito baixa, com apenas 2% ou 14 poços de frequência absoluta. A tabela 4.16 mostra que na classe de 60 a 80 m e na classe dos poços maiores que 100 m estão localizados, respectivamente, 27% e 29%, ou seja, a terceira e a segunda classe mais predominante.

Tabela 4.16 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IIIa.

Classe Profundidade (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤20	1	1	0,00	0,18
20<x≤40	13	14	0,02	2,50
40<x≤60	49	63	0,09	11,23
60<x≤80	149	212	0,27	37,79
80<x≤100	184	396	0,33	70,59
x>100	165	561	0,29	100,00
Total	280			

A distribuição da frequência da profundidade dos poços no Subdomínio IIIa pode ser visualizada no diagrama da Figura 4.10.

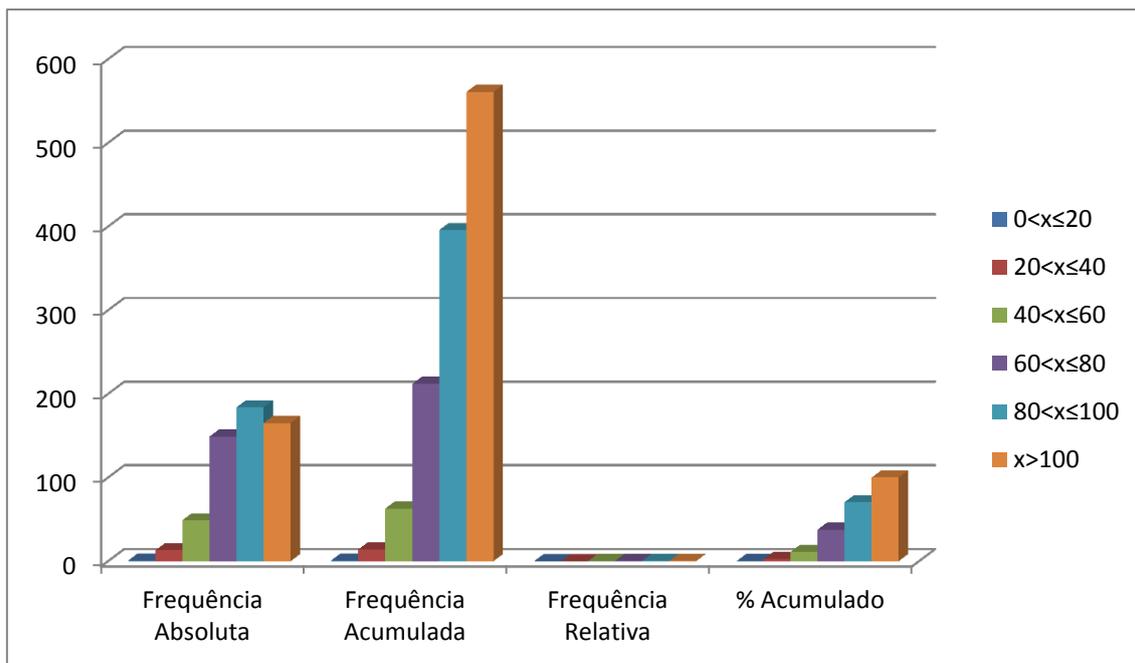


Figura 4.10: Frequências das classes de profundidade dos poços no Subdomínio IIIa.

4.1.5.1.4 Diâmetro da Boca do Poço

De acordo com a Tabela 4.17 e Figura 4.11, no Subdomínio IIIa, existem três classes de diâmetro da boca dos poços, o primeiro com 300 poços até 152 mm e 219 poços na classe entre 152 mm e 300 mm. Nota-se a presença da maioria dos poços concentrada na classe de menor diâmetro.

Tabela 4.17 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), na COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IIIa.

Classe Diâmetro da Boca (mm)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤152	300	300	0,58	57,80
152<x≤300	219	519	0,42	100,00
Total	519			

A Figura 4.11 ilustra a distribuição de frequência do diâmetro da boca dos poços no Subdomínio IIIa.

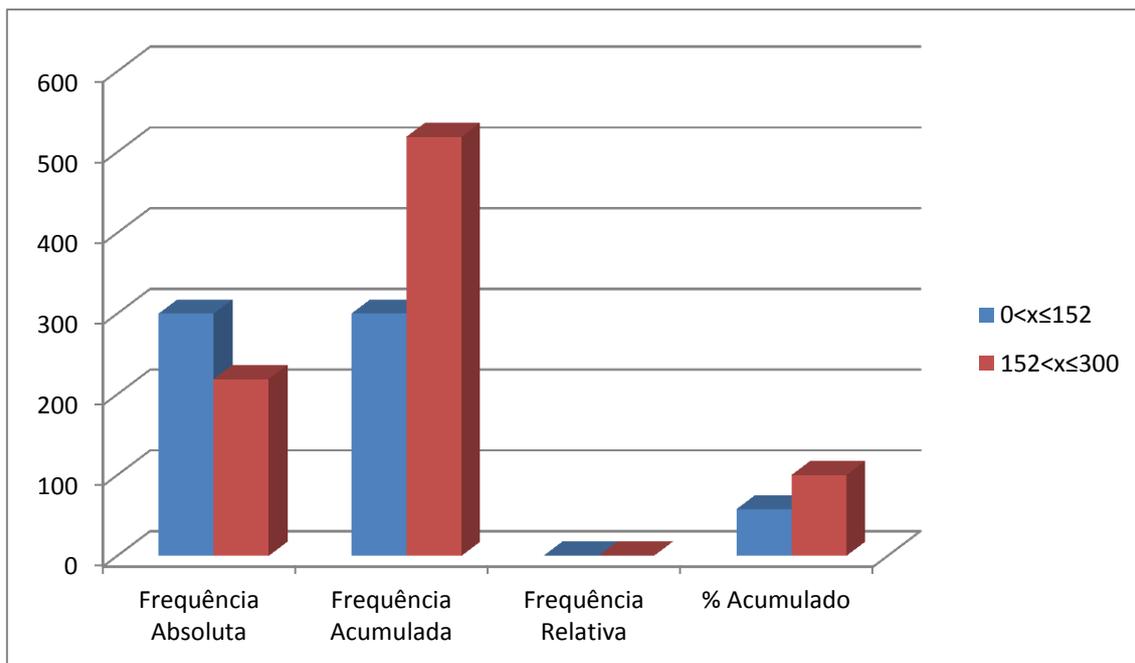


Figura 4.11: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Subdomínio IIIa.

4.1.5.1.5 Nível Estático

De acordo com os dados da Tabela 4.18 e Figura 4.12, observa-se que aproximadamente 75% dos poços apresentam níveis estáticos até 20 m, o que significa que esses níveis são rasos, de modo geral. Nas classes de 20 a 30 m encontram-se cerca 17% dos poços e no intervalo de poços acima de 30 m estão 8% do total. A rigor, todos esses níveis, notadamente os mais profundos, não são “estáticos”, já que a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração.

Tabela 4.18 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM, COPASA e cadastrados no Subdomínio IIa.

Classe Nível Estático (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 10	226	226	0,44	43,80
10 < x ≤ 20	162	388	0,31	75,19
20 < x ≤ 30	86	474	0,17	91,86
x > 30	42	516	0,08	100,00
Total	516			

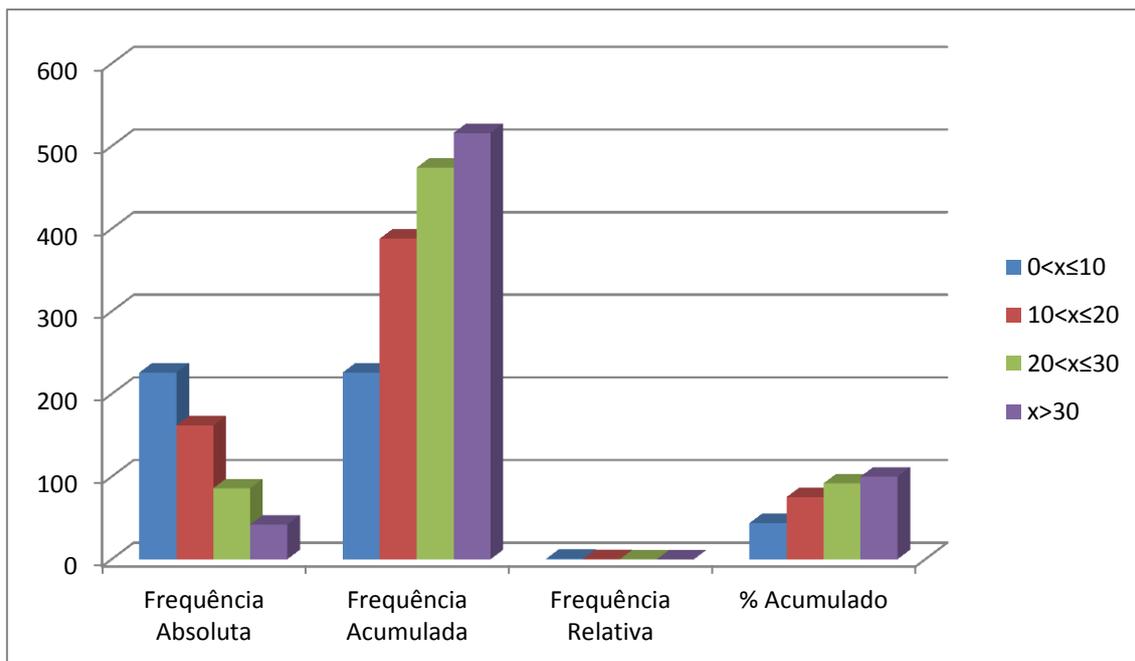


Figura 4.12: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Subdomínio IIIa.

4.1.5.1.6 Nível Dinâmico

Para os níveis dinâmicos dos poços no subdomínio IIIa, tem-se que a classe menos frequente corresponde ao intervalo entre 0 a 10 m (5%). Secundariamente, 15% dos poços (79/512) estão no intervalo entre 10 e 20 metros, como pode ser observado na tabela 4.19 e Figura 4.13. Nota-se, finalmente, que a grande maioria dos níveis dinâmicos (224/512), representando 44%, estão no intervalo de poços com profundidades maiores que 40 metros.

Tabela 4.19 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM, COPASA e cadastrados no Subdomínio IIIa.

Classe Nível Dinâmico (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	27	27	0,05	5,27
10<x≤20	79	106	0,15	20,70
20<x≤30	92	198	0,18	38,67
30<x≤40	90	288	0,18	56,25
x>40	224	512	0,44	100,00
Total	512			

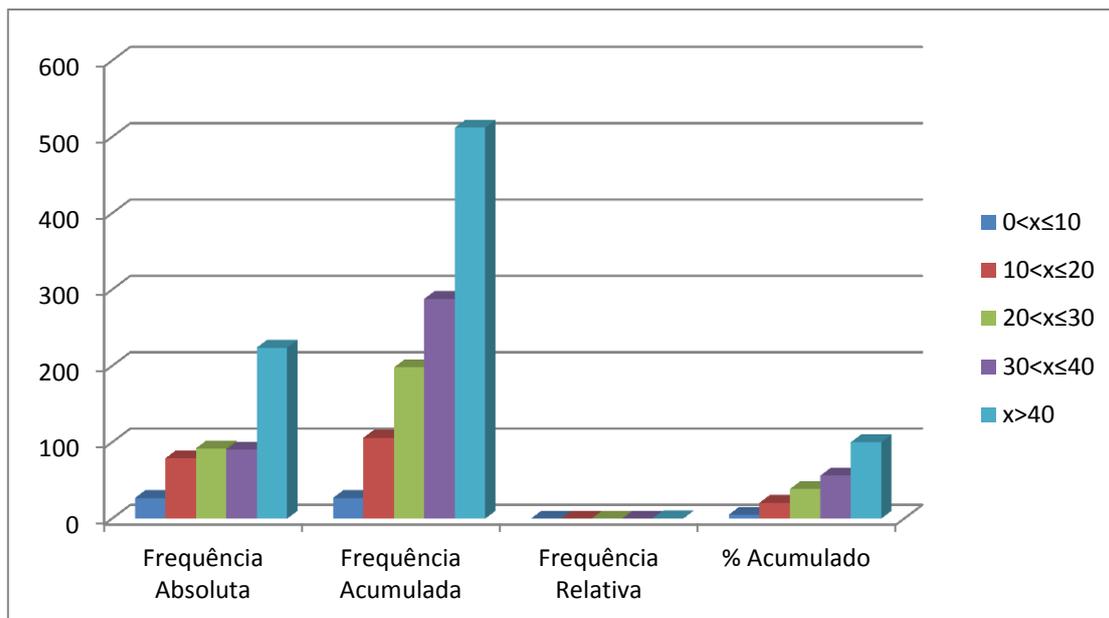


Figura 4.13: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IIIa.

4.1.5.1.7 Vazão

No que se refere à vazão dos poços que exploram o aquífero Bambuí do carste São Francisco no Subdomínio IIIa (Tabela 4.20), verifica-se que do total de poços catalogados e cadastrados existem 555 poços com vazão informada. Observa-se que a classe mais frequente é a entre 0 e 10 metros, com aproximadamente 60% e frequência absoluta de 334 poços. As de menores frequências são os intervalos entre 40 e 50 metros, com apenas 2% do total.

Tabela 4.20 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM (2014), COPASA e cadastrados no Subdomínio IIIa.

Classe Vazão (m ³ /h)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	334	334	0,60	60,18
10<x≤20	116	450	0,21	81,08
20<x≤30	27	477	0,05	85,95
30<x≤40	29	506	0,05	91,17
40<x≤50	13	519	0,02	93,51
x>50	36	555	0,06	100,00
Total	555			

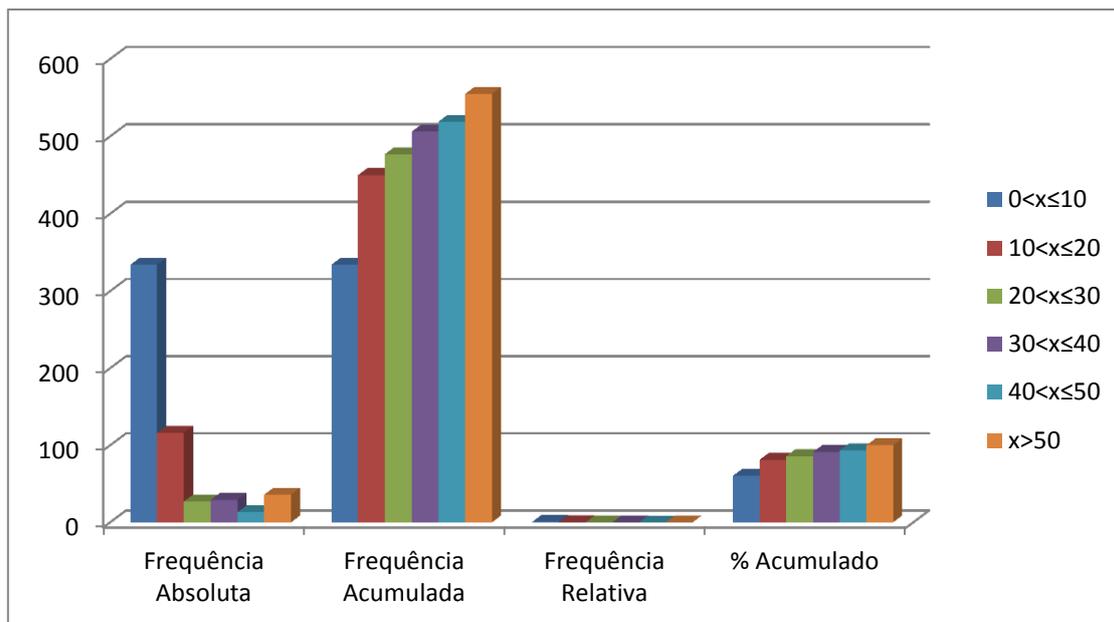


Figura 4.14: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Subdomínio IIIa.

Não obstante, de acordo com as condições operacionais em que se encontram os poços (Tabela 4.21) verifica-se que existem 473 unidades (75,1%) em condições de funcionamento, ou seja, são poços que estão bombeando (63,8%), estão equipados (11,3%) conforme ANEXO 1.16– Tabela de poços do Subdomínio IIIa.

Tabela 4.21 – Situação operacional dos 204 poços catalogados e cadastrados no Subdomínio IIIa.

Registros	Bombeando	Equipado	Seco	Parado/ Não Instalado	Sem informação	Em condições de funcionamento
630	402	71	47	2	108	473
100%	63,8%	11,3%	7,5%	0,3%	17,1%	75,1%

4.1.5.1.8 Conclusões

Com base nos dados apresentados anteriormente referentes ao Aquífero Bambuí do Carste do São Francisco no Subdomínio IIa é possível concluir que:

- A profundidade dos poços inventariados no Subdomínio IIIa variou de 15 a 250 m, com média aproximada de 94,1 m (Tabela 4.15), sendo que os poços nos intervalos acima de 40 metros constituem (Tabela 4.16) as classes mais frequente (98%);
- 44% dos poços (Tabela 4.18) possuem níveis estáticos entre 0 e 10 m de profundidade, somados a classe de 10 a 20 m chegam a 388 poços ou 75% do total. Vale ressaltar que a rigor esses níveis não são “estáticos”, pois a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração;
- As vazões informadas dos poços (Tabela 4.20) em cerca de 60% dos casos são menores ou iguais a 10 m³/h e nos 40% restantes oscilam entre mais de 10 m³/h até 210,60 m³/h;
- Em termos de condições operacionais (Tabela 4.21) do total de 630 poços existem 2 poços parado, 47 não utilizáveis, ainda 108 poços sem informação sobre o tema. Dos poços com condições de utilização são: 402 poços bombeando e 71 equipados no subdomínio IIIa;
- No que se refere ao tipo de equipamento instalado nos poços (Tabela 4.22), verificou-se que nos 396 poços com informações sobre bombas, sendo 4 Bombas Injetoras, 2 Sarilhos, 1 Bomba Pistão, 16 Centrífugas, 338 bombas submersas e 35 Compressores de Ar.

Tabela 4.22 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.

Equipamentos de bombeamento	Nº	Bomba centrífuga	Bomba injetora	Bomba submersa	Compressor	Sarrilho	Pistão
Registros	396	16	4	338	35	2	1
Percentual	100%	4%	1%	85,4%	8,8%	0,5%	0,3%

4.1.5.2 Regime de Funcionamento dos Poços

Na Tabela 4.23 são mostrados os valores dos parâmetros estatísticos do número de horas por dia em que são bombeados os poços da área estudada, segundo dados do cadastro de água subterrânea da ANA realizado no âmbito do projeto.

Existem apenas 309 poços com regime de funcionamento informado e o cálculo do regime médio de funcionamento para todos os 473 poços, em condições de utilização, é feito usando a média ponderada pela frequência do número de horas de bombeamento, nos intervalos de classe, conforme a expressão:

$$\overline{R}_e = \sum_{j=1}^{12} R_{ej} \times w_j$$

Ou seja, o regime médio estimado é dado pela somatória do regime médio ponderado pela frequência relativa ou fator de ponderação.

Tabela 4.23 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Subdomínio IIIa, usando 309 poços segundo dados do cadastro de água subterrânea da ANA realizado no âmbito do projeto.

Classe Regime Informado (h/dia)	Frequência Absoluta Número de Poços n_j	Regime médio informado Rej (h/dia)	Frequência Relativa ou Peso $w_j=n_j/N$	Regime médio ponderado (h/dia) Rej*wj
0<x≤1	32	0,744	0,104	0,077
1<x≤2	30	1,728	0,097	0,168
2<x≤3	25	2,594	0,081	0,210
3<x≤4	25	3,662	0,081	0,296
4<x≤5	10	4,840	0,032	0,157
5<x≤6	21	5,780	0,068	0,393
6<x≤7	11	6,789	0,036	0,242
7<x≤8	24	7,888	0,078	0,613
8<x≤9	9	0,000	0,029	0,000
9<x≤10	9	9,728	0,029	0,283
10<x≤11	7	0,000	0,023	0,000
11<x≤12	12	11,947	0,039	0,464
12<x≤24	94	17,818	0,304	5,420
Soma	309			8,322

Legenda:

$N = \sum n_j = N = \sum n_j$ = número total de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro de água subterrânea realizado ao longo do projeto.

Frequência Absoluta (n_j): número de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro realizado ao longo do projeto.

Regime Médio Informado (R_{ej}) = Média de horas de funcionamento dos poços em cada intervalo de classe.

Regime médio ponderado em cada intervalo de classe: ($R_{ej} \times w_j$).

Frequência Relativa ou fator de ponderação: $w_j = n_j / N$.

Regime Médio Estimado: $\overline{R}_e = \sum_{j=1}^9 R_{ej} \times w_j$ 8 horas e 19 minutos.

Como visto na Tabela 4.23, o regime médio de funcionamento estimado para os poços no Subdomínio IIIa em 2015 é de 8,322 horas por dia, o que equivale a 8h:19 min.

4.1.5.3 Produção Global dos Poços

Considerando o regime de funcionamento e a vazão média dos diferentes intervalos de classe de vazão apresentados na Tabela 4.24, obtém-se uma produção estimada de 56.693,43 m³/dia, ou 667,7 L/s.

Tabela 4.24 - Produção global estimada, explorada no Subdomínio IIIa.

Classe Vazão (m ³ /h)	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Vazão Média (m ³ /h)	Efetivo de Poços	Vazão Estimada (m ³ /dia)	Vazão Estimada (m ³ /s)	
						473 poços	436 poços
0<x≤1	14	0,03	0,78	15	99,02	0,0011	0,0011
1<x≤2,5	69	0,16	1,87	75	1.167,35	0,0135	0,0125
2,5<x≤5	105	0,24	4,01	114	3.805,42	0,0440	0,0406
5<x≤7,5	55	0,13	6,26	60	3.110,72	0,0360	0,0332
7,5<x≤10	39	0,09	9,15	42	3.222,89	0,0373	0,0344
10<x≤15	56	0,13	13,15	61	6.648,21	0,0769	0,0709
15<x≤30	48	0,11	20,90	52	8.057,29	0,1048	0,0966
x>30	50	0,11	67,75	54	30.582,52	0,3540	0,3263
Total	436			473	56.693,43	0,6677	0,6155

Legenda:

N = número total de poços com vazão informada no SIG

Frequência Absoluta (FA) = número de poços com vazão informada no SIG em cada intervalo de classe.

Frequência Relativa (FR) = FA/N.

Vazão Média (QM) = média dos valores de vazão informada em cada intervalo de classe.

Efetivo de poços = N° P.P. x FR = número de poços produtores (bombeando/equipado) encontrados dentro dos limites do domínio.

Vazão Estimada (QE) m³/dia = QM x RME x Efetivo de poços em cada intervalo de classe.

Vazão Estimada (QE) m³/s = QE (m³/dia) x Quantidade de segundos em um dia (84.600).

Segundo os dados informados, a produção de água para um efetivo de 473 poços em operação no ano de 2015 foi estimada em 0,6677 m³/s conforme a Tabela 4.24.

A Tabela 4.25 apresenta a distribuição da produção global dos poços em condições de funcionamento (Tabela 4.21) de acordo com a situação operacional informada (ANEXO 1.16). Como visto na Tabela 4.24, a produção global de água estimada para os 473 poços atinge 0,6677 m³/s. Só com os 436 poços em operação, a exploração extraía 92,18% desse total, ou seja, 0,6155 m³/s.

Tabela 4.25 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Subdomínio IIIa.

Poços	Em condições de funcionamento	Bombeando	Equipado
Número	473	402	71
Percentual	100%	84,99%	15,01%
Vazão (m³/s)	0,6677	0,5675	0,1002

A distribuição espacial dos poços produtores no Subdomínio IIIa é mostrada na Figura 4.15, a qual foi gerada a partir da tabela contida no ANEXO 1.16.

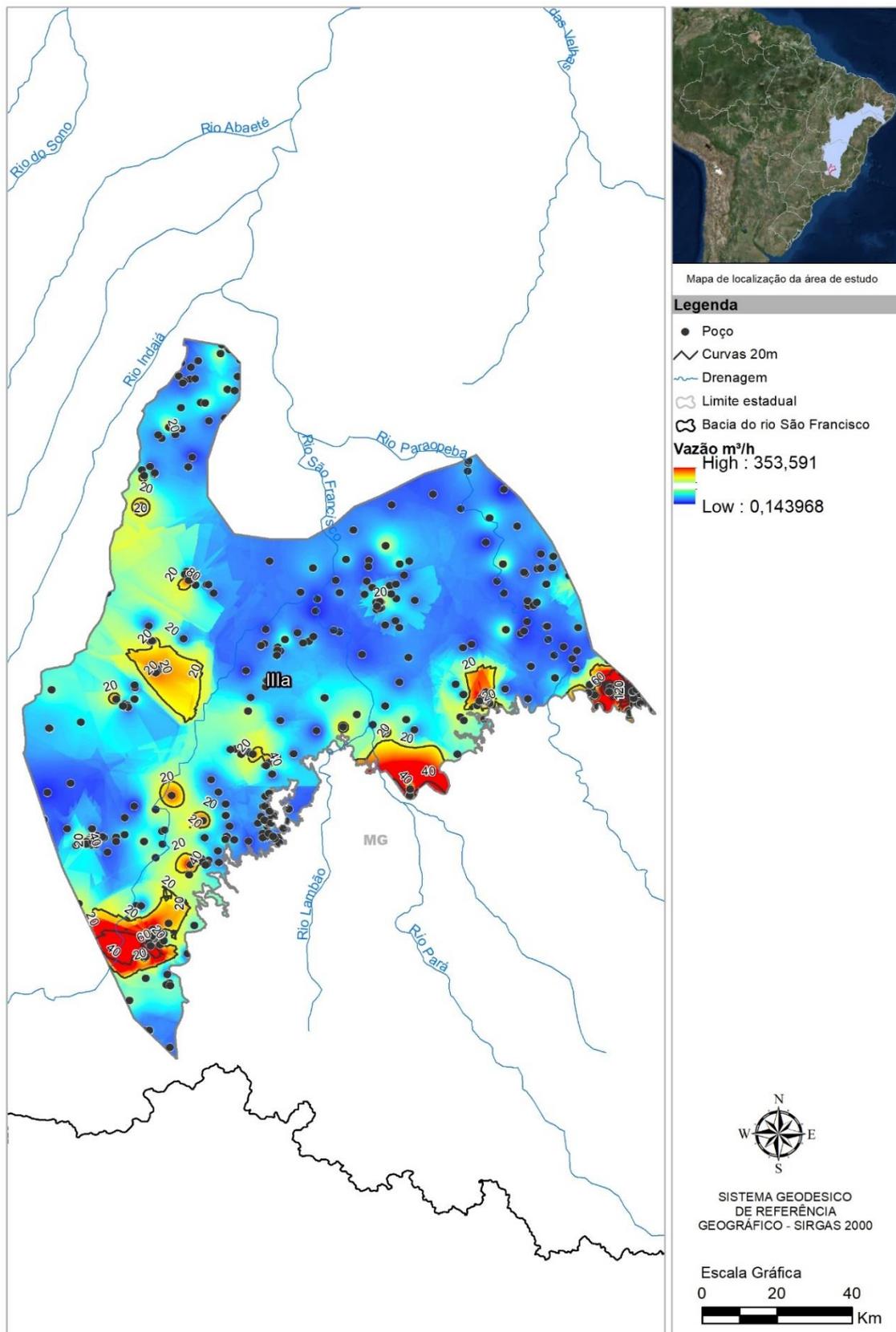


Figura 4.15: Distribuição espacial da produção de 473 poços em operação localizados no Subdomínio IIIa.

4.1.5.4 Recarga no Subdomínio IIIa

A Tabela 4.26 apresentada a seguir, identifica quais são as estações utilizadas para os cálculos de recarga, sendo mostradas ainda, outras informações como dimensão da bacia, código e nome da estação, e o período a que se referem os registros de medições de descarga em cada uma delas.

Tabela 4.26 – Informações básicas sobre as estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do Subdomínio IIIa.

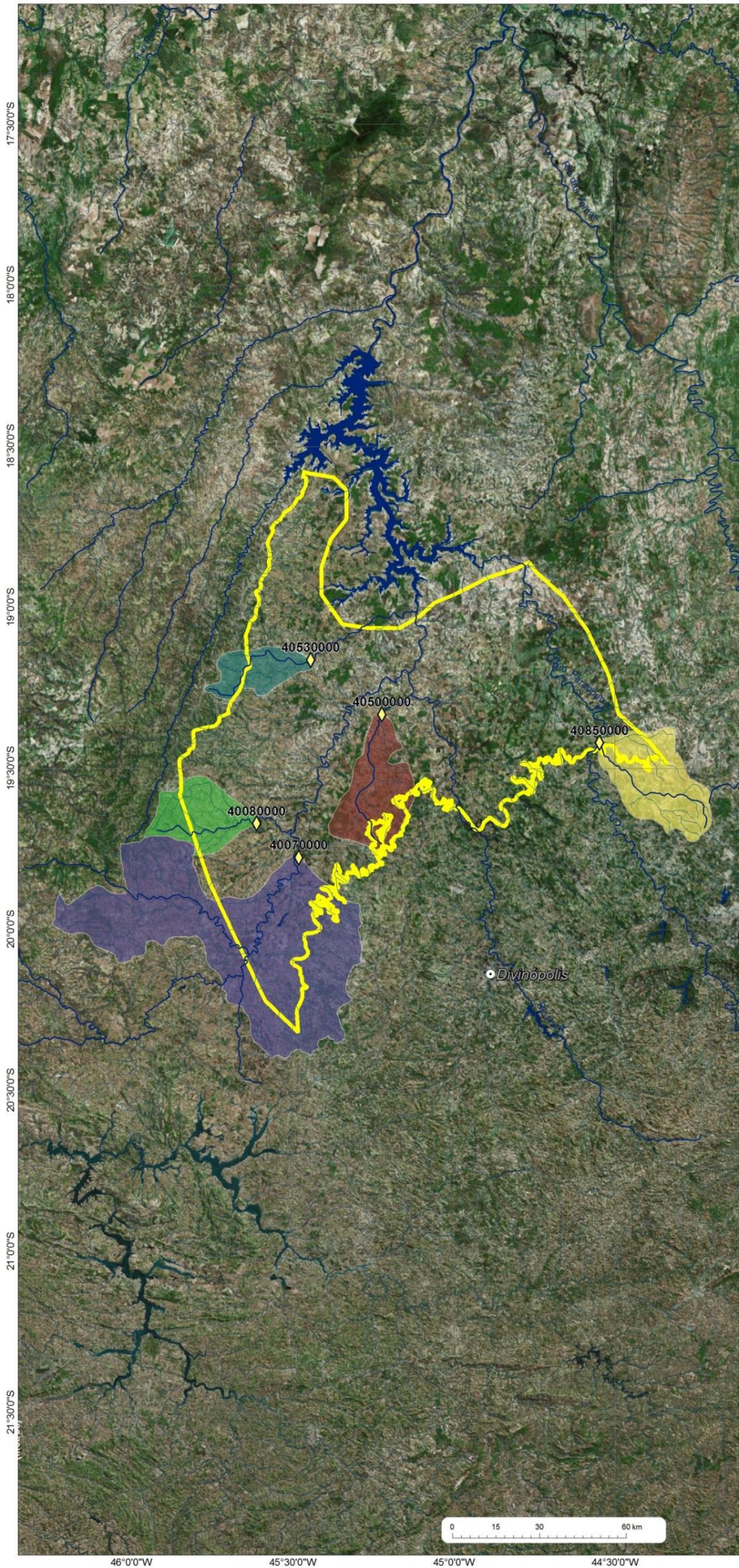
Código da estação*	Latitude	Longitude	Denominação	Curso d'água	Área (km ²)	Período de monitoramento	Período adotado para cálculo
40530000	-19,1628	-45,4419	Abaeté	Ribeirão Marmelada	393,79	1965 - 2015	-
40500000	-19,3317	-45,2214	Martinho Campos	Rio Picão	759,47	1965 - 2013	1965 - 2006
40850000	-19,4231	-44,5478	Ponte da Taquara	Ribeirão dos Macacos	881,92	1967 - 2015	1967 - 2007
40070000	-19,7761	-45,4792	Ponte do Chumbo	Rio São Francisco	9963,84	1965 - 2014	2007 - 2014
40080000	-19,6706	-45,61	Taquaral	Ribeirão São Mateus Grande	581,835	1965 - 2010	1965 - 2005

Como se observa na Figura 4.16 apresentada a seguir, a configuração hidrográfica das seis bacias de interesse revela que uma porção do Subdomínio IIIA não pode ser qualificada por estas, o que, no entanto, não prejudicou os cálculos realizados. Ressalta-se que todas as estações analisadas apresentam porções que extrapolam os limites do Subdomínio IIIa, tendo sido, portanto, computados somente os volumes interiores de cada uma das bacias em relação às áreas pertencentes a esse domínio.

Do ponto de vista geológico, o conteúdo litológico das seis bacias avaliadas mostrou-se distribuído pelas seguintes tipologias: Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade, Sete Lagoas, Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas, Rio das Velhas, Três Marias, Serra de Santa Helena, Lagoa Santa, Maquiné, Belo Horizonte, Paraopeba, Nova Lima, Depósitos Aluvionares, Divinópolis, Pedro Leopoldo. A Tabela 4.27 apresentada abaixo indica os percentuais de distribuição de cada uma das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IIIa.

A seguir, no item relativo aos resultados de cada uma dessas estações/bacias, estão indicados cada um dos valores encontrados para os distintos tipos litológicos.

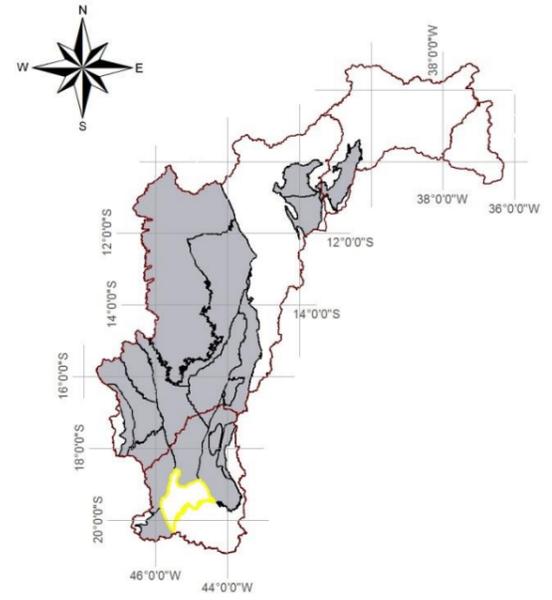
Subdomínio IIIA – Grupo Bambuí indeformado a parcialmente deformado



Mapas de localização



Mapa de domínios de ocorrência de unidades carbonáticas



Legenda

- ◆ Estação fluviométrica
- Sedes municipais
- Zonas de descarga local
- Zonas de descarga intermediária
- Subdomínio**
- III A (Grupo Bambuí indeformado a parcialmente deformado)
- Limite da bacia hidrográfica**
- 40530000- Abaeté
- 40500000 - Martinho Campos
- 40850000 - Ponte da Taquara
- 40070000 - Ponte do Chumbo
- 40080000 - Taquaral

Figura 4.16: Mapa de localização das 5 bacias hidrográficas consideradas nos cálculos de recarga do Subdomínio IIIa.

Tabela 4.27 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Subdomínio IIIa.

GEOLOGIA DO SUBDOMÍNIO IIIa			
Unidade Geológica	Área (km ²)	%	Tipologia Litológica
Lagoa do Jacaré	52,00	0,44	Calcarenito, Siltito, Marga
Serra da Saudade	1,61	0,01	Siltito, Argilito, Arenito, Rocha pelítica
Sete Lagoas	10,05	0,08	Rocha metapelítica, Dolomito
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	4801,54	40,24	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de Silte
Rio das Velhas	17,49	0,15	Xisto, Filito, Metagrauvaca, Aglomerado, Metaconglomerado, Metachert, Metabasalto komatítico, Metabasalto, Metatufo, Formação ferrífera bandada
Três Marias	131,01	1,10	Arcóseo, Argilito, Siltito
Serra de Santa Helena	5776,61	48,41	Siltito, Folhelho, Marga
Lagoa Santa	11,99	0,10	Calcarenito, Calcissiltito, Milonito, Brecha, Marga
Maquiné	40,79	0,34	Metaconglomerado, Xisto, Conglomerado, Filito
Belo Horizonte	11,22	0,09	Gnaisse, Granodiorito, Migmatito
Paraopeba	876,84	7,35	Calcarenito, Arcóseo, dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga
Nova Lima	0,11	0,00	Xisto, Rocha metamáfica, Metagrauvaca, Calcissiltito, Formação ferrífera bandada (BIF'S), Metachert, Rocha metaultramáfica
Depósitos aluvionares	184,99	1,55	Areia, Argila, Cascalho, Silte
Drenagem	11,64	0,10	
Divinópolis	0,00	0,00	Granito, Granodiorito
Pedro Leopoldo	5,02	0,04	Calcissiltito, Micrito, Milonito, Marga, Calcarenito, Mármore calcítico
Total	10.932,91	100,0	

O mapa da Figura 4.17 mostra a distribuição dos tipos de rocha existentes no interior do subdomínio IIIa, bem como sua inserção na bacia do rio São Francisco.

4.1.5.4.1 Resultados

De posse da análise dos hidrogramas de cada um das oito estações fluviométricas, pôde-se estimar os quantitativos referentes às descargas

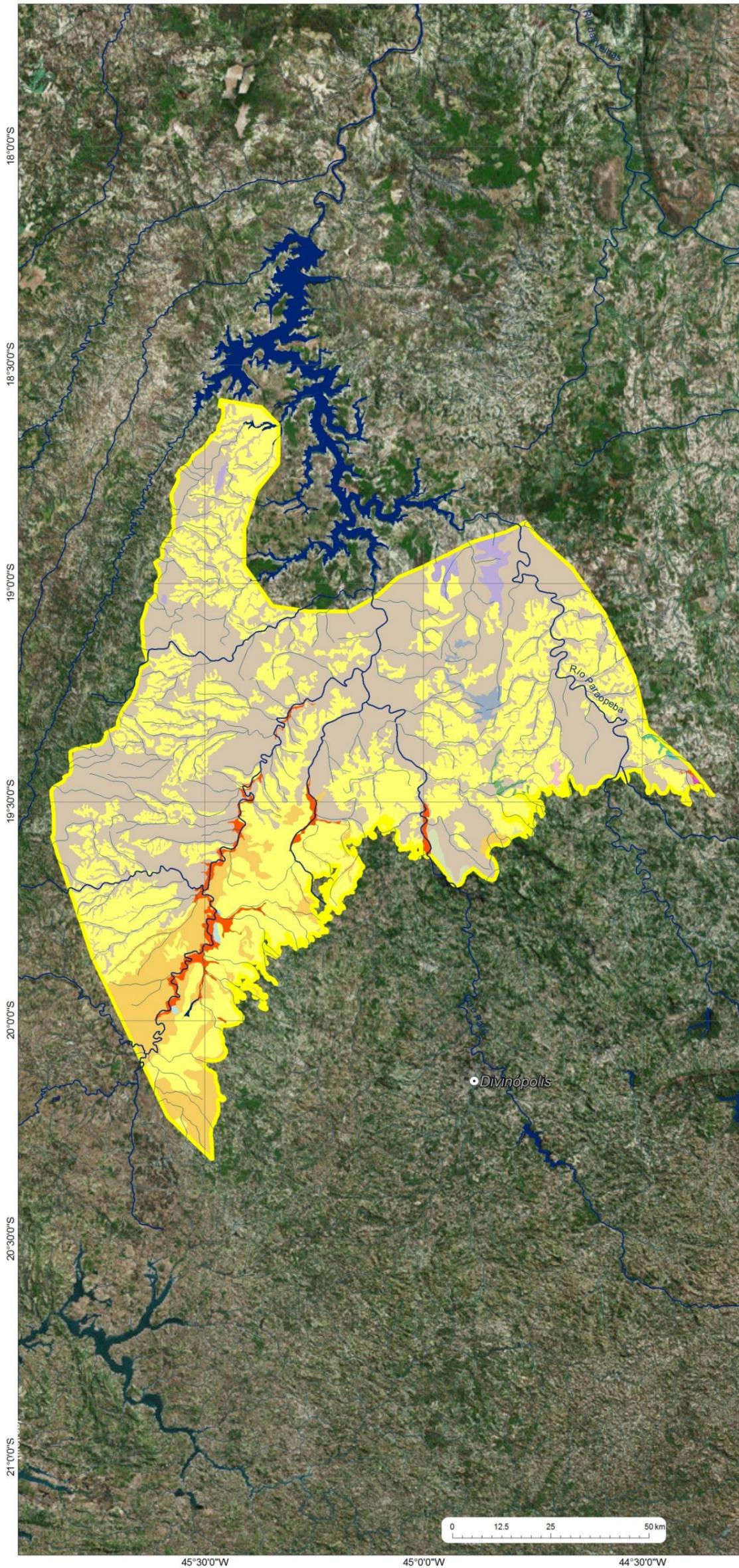
subterrâneas para cada tipologia litológica, bem como os valores médios de recarga anual e seus respectivos percentuais, quando considerada a média pluviométrica obtida pelas isoietas distribuídas em 5 estações no e em torno do subdomínio IIIa. Esses valores ainda poderão sofrer ajustes quando da identificação e análise de subdomínios vizinhos, quando avaliadas as outras estações existentes.

Os hidrogramas de cada estação de interesse, os quais serviram para caracterizar os volumes médios que representam as descargas oriundas dos aquíferos, permitem visualizar os traçados que representam os filtros adotados nos procedimentos metodológicos (Eckardt, 2005) e servem ainda para identificar os volumes médios de referência (Filtros A e B) adotados como o valor de base assumido para o escoamento subterrâneo (recarga), considerando-se todo o período de medição de descargas de cada estação.

Considerando-se que cada tipologia litológica apresenta uma determinada característica hidrogeológica, ou seja, suas propriedades físicas intrínsecas permitem que sua capacidade de armazenamento de água seja variável (entre distintos tipos de rocha), o conjunto de rochas presentes numa dada bacia hidrográfica vai definir o potencial médio de água capaz de ser liberada no tempo, e no espaço físico da bacia hidrográfica, o que, por sua vez, definirá o volume de descarga específica média numa dada seção fluviométrica e, também, se for o caso, por tipologia litológica. Por isso, a análise ano a ano de cada hidrograma, segundo o método de aplicação de filtros para separação dos escoamentos superficial e subterrâneo revela-se como ferramenta importante para o reconhecimento dessas descargas específicas médias, numa dada seção de interesse.

Os resultados finais de descarga subterrânea específica obtidos em cada estação são apresentados nas Tabelas 4.28 a 4.32 a seguir.

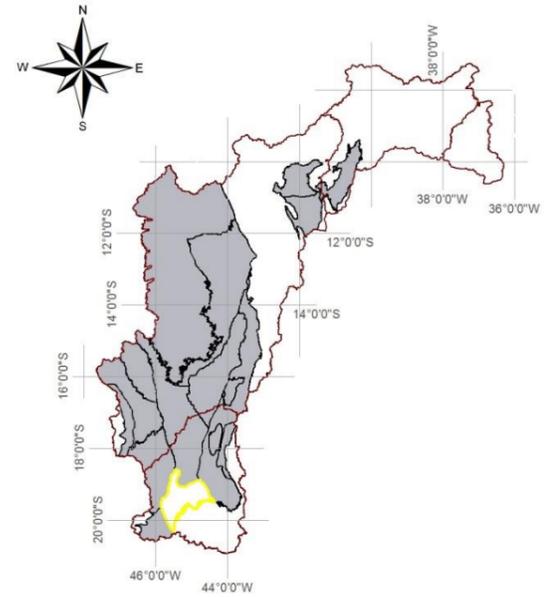
Subdomínio IIIA – Grupo Bambuí indeformado a parcialmente deformado



Mapas de localização



Mapa de domínios de ocorrência de unidades carbonáticas



Legenda

- Sedes municipais
 - Zonas de descarga local
 - Zonas de descarga intermediária
- Subdomínio**
- III A (Grupo Bambuí indeformado a parcialmente deformado)
- Unidades Geológicas**
- Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas
 - Depósitos aluvionares
 - Subgrupo Paraopeba
 - Formação Serra de Santa Helena
 - Formação Lagoa do Jacaré
 - Formação Serra da Saudade
 - Formação Três Marias
 - Formação Sete Lagoas
 - Membro Lagoa Santa
 - Membro Pedro Leopoldo
 - Grupo Maquiné
 - Divinópolis
 - Grupo Nova Lima
 - Supergrupo Rio das Velhas
 - Complexo Belo Horizonte

Figura 4.17: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IIIa.

Tabela 4.28 – Áreas e valores de vazão para a estação Abaeté.

Estação Abaeté	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito, Rocha pelítica	95,362	24,216	4,184	398,965	7,234
Coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	71,683	18,203	19,663	1409,538	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	4,641	1,178	23,429	108,723	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	221,470	56,240	4,184	926,564	
Mata da Corda	Arenito, Tufo lapíli, Rocha vulcânica	0,637	0,162	7,531	4,800	

Tabela 4.29 – Áreas e valores de vazão para a estação Martinho Campos.

Estação Martinho Campos	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Divinópolis	Granito, Granodiorito	68,998	9,085	2,553	176,163	5,500
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	420,998	55,433	7,500	3157,444	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	186,966	24,618	1,596	298,347	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	60,133	7,918	4,787	287,866	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	22,376	2,946	11,489	257,079	

Tabela 4.30 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte da Taquara

Estação Ponte da Taquara	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	44,646	5,062	17,492	780,947	7,260
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	148,712	16,862	3,498	520,256	
Lagoa Santa	Calcarenito, Calcissiltito, Milonito, Brecha, Marga	16,843	1,910	20,291	341,751	
Pedro Leopoldo	Calcissiltito, Micrito, Milonito, Marga, Calcarenito, Mármore calcítico	34,388	3,899	18,891	649,635	
Belo Horizonte	Gnaisse, Granodiorito, Migmatito	631,004	71,549	6,297	3973,527	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	6,324	0,717	25,189	159,302	

Tabela 4.31 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte do Chumbo.

Estação Ponte de Chumbo	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito, Rocha pelítica	73,728	0,740	3,363	247,933	9,591
Divinópolis	Granito, Granodiorito	759,472	7,622	5,381	4086,338	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	440,851	4,425	11,434	5040,500	
Canastra Indiviso	Filito, Xisto, Sericita xisto, Grafita xisto, Metarenito, Metassiltito, Metargilito, Ardósia	2186,182	21,941	6,053	13233,094	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de silte	1341,759	13,466	15,805	21206,800	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	267,955	2,689	4,035	1081,299	
Mata da Corda	Arenito, Tufo lapíli, Rocha vulcânica	28,510	0,286	6,053	172,570	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	4453,513	44,697	10,088	44928,982	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	160,032	1,606	24,212	3874,736	
Drenagem		4,045	0,041	0,000	0,000	

Tabela 4.31 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte do Chumbo – Continuação.

Estação Ponte de Chumbo	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Samburá	Conglomerado	68,736	0,690	8,183	562,476	
Araxá – Unidade A – hematita xisto, quartzito	Xisto	2,602	0,026	6,547	17,035	
Campos Gerais 2	Tonalito, Trondhjemito, Migmatito, Granito, v	10,375	0,104	4,910	50,940	
Piumhi – unidade de grauvacas	Metagrauvaca lítica, Metagrauvaca feldspática, Metagrauvaca, Metassiltito, Xisto	91,994	0,923	5,728	526,964	
Piumhi – unidade de metapelitos	Xisto, Metassiltito, Quartzito arcoseano, Quartzito feldspático, Argilito	12,860	0,129	4,092	52,617	
Pelitos carbonosos - Piumhi	Metassiltito, Rocha metassedimentar carbonoso, Metagrauvaca	22,207	0,223	3,273	72,689	
Metabasaltos/Metakomatiitos	Metavulcânica ultramáfica, Wehrlito	6,047	0,061	1,637	9,897	
Piumhi – unidade de intrusivas ácidas	Granito	12,957	0,130	5,728	74,222	
Piumhi – unidade de vulcânicas básicas e intermediárias	Metabasito, Tremolitacloritaxisto, Metariodacito	18,702	0,188	3,273	61,218	
Paraopeba, calcário	Calcário, v	1,310	0,013	27,532	36,064	

Tabela 4.32 – Áreas e valores de vazão para a estação Taquaral.

Estação Taquaral	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito, Rocha pelítica	51,116	8,785	4,341	221,881	7,908
Coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	183,752	31,582	17,001	3124,042	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	346,967	59,633	3,617	1255,089	

4.1.5.4.2 Considerações finais

Diante dos valores encontrados para as recargas dos aquíferos contidos no Subdomínio IIIa, verifica-se a partir da Tabela 4.33, apresentada a seguir, que o valor médio da Vazão subterrânea específica é de 8,22 L/s.km², variando entre 1,70 L/s.km² e 19,87 L/s.km². E em termos médios anuais, a média geral da Recarga média anual para o Subdomínio IIIa corresponde cerca de 243,17 mm/ano.

Tabela 4.33 – Resultados de recarga encontrados para o Subdomínio IIIa.

Unidade	Área (km ²)	Vazão mínima ponderada por litologia (L/s)	Vazão subterrânea específica média (L/s.km ²)	Recarga média anual (mm/ano)
Lagoa do Jacaré	52,00	522,90	10,06	317,13
Serra da Saudade	1,61	4,13	2,56	80,63
Sete Lagoas	10,05	100,92	10,04	316,53
Coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas	4801,54	50632,96	10,55	332,55
Rio das Velhas	17,49	29,81	1,70	53,75
Três Marias	131,01	505,65	3,86	121,72
Serra de Santa Helena	5776,61	16609,81	2,88	90,68
Lagoa Santa	11,99	213,30	17,79	560,97
Maquiné	40,79	225,95	5,54	174,69
Belo Horizonte	11,22	54,44	4,85	153,04
Paraopeba	876,84	6765,74	7,72	243,33
Nova Lima	0,11	0,19	1,70	53,75
Depósitos aluvionares	184,99	3674,93	19,87	626,47
Drenagem	11,64	0,00	0,00	0,00
Divinópolis	0,00	0,00	5,38	169,68
Pedro Leopoldo	5,02	94,82	18,89	595,76
				243,17

4.1.5.5 Zoneamento da exploração no Subdomínio IIIa

O zoneamento da exploração é considerado fundamental para a gestão do aquífero e para cumprir essa finalidade foi adotado o seguinte procedimento:

- O ponto de partida para o *zoneamento da exploração* foi a inserção da área do Subdomínio IIIa, em estudo, no interior de um retângulo compreendido entre os paralelos de 44°W e 46°W e entre os meridianos de 17°30'S e 20°30'S, no qual foi feita uma partição em células quadradas de 15" de lado, com área aproximadamente de 3025 km² (55 km x 55 km), conforme Figura 4.18. Globalmente, o Subdomínio IIIa, com área de 11.941,9 km², foi recoberto por 9 células com áreas variáveis de 5,4 a 733,6 km².
- Foi então realizado um balanço tendo como vazão de entrada em cada célula a recarga média avaliada por sub-bacia (Tabela 4.34) e como descarga de saída, a vazão informada no cadastro de usuários realizado em 2014 na área do projeto. Verificou-se que o número de poços existentes em condições de operação em cada célula varia bastante, estando concentrados principalmente nas células W07, W06 e X06. Isto permitiu obter o mapa de zoneamento da exploração do aquífero em 2014 (Figura 4.18). Esse mapa revela que em todas as células há excedente hídrico e que as retiradas são bem inferiores à recarga.
- Essa conclusão baseada em vazão informada sugere que não há motivos para preocupação nesse subdomínio, notadamente porque a julgar pelo índice de concentração de poços, o resultado é consistente com a realidade.
- Neste sentido, não há prioridade para implementação de um programa de monitoramento automático de níveis e descargas de poços neste subdomínio.

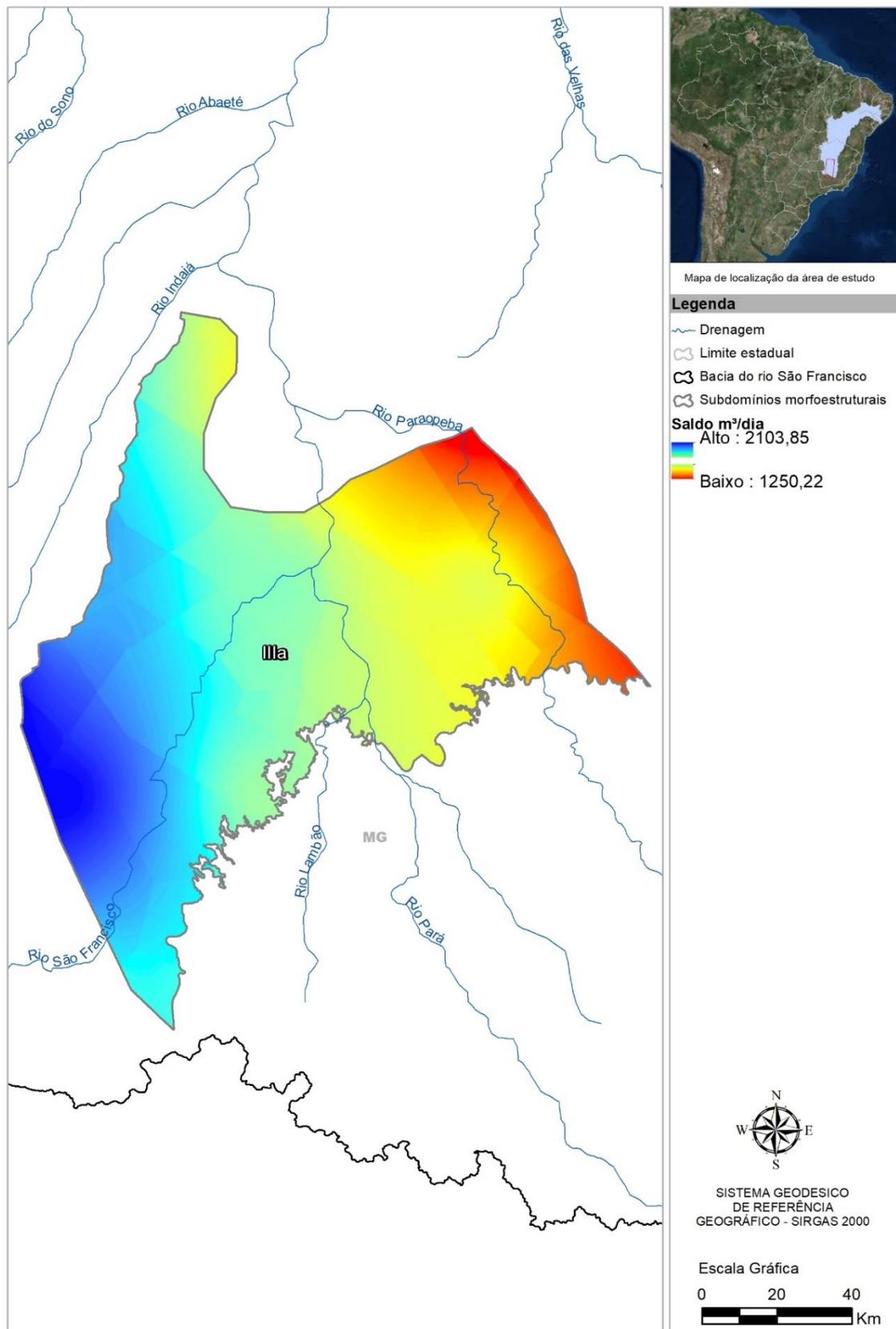


Figura 4.18: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Subdomínio IIIa, Grupo Bambuí Pouco Deformado, com excedente hídrico.

Tabela 4.34 – Balanço entre recarga natural e vazão explorada no subdomínio IIIa Bambuí Pouco Deformado.

Célula	x	y	Area km ²	Número de Poços	Recarga m ³ /dia	Produção Estimada m ³ /dia	Saldo m ³ /dia
O03	-46,75	-15,25	2.311,8	22	1.391.850	5.835	1.386.015
O04	-46,25	-15,25	977,3	20	447.507	6.285	441.222
P03	-46,75	-15,75	2.061,6	53	1.034.514	10.890	1.023.624
P04	-46,25	-15,75	2.332,9	129	1.170.498	23.290	1.147.208
Q03	-46,75	-16,25	629,2	13	321.987	1.252	320.735
Q04	-46,25	-16,25	2.758,7	79	1.387.664	10.984	1.376.681
Q05	-45,75	-16,25	41,6	2	12.697	141	12.556
R04	-46,25	-16,75	634,0	9	295.629	968	294.661
R05	-45,75	-16,75	73,1	7	16.193	2.158	14.035

4.1.6 Reservas, potencialidades e exploração

As conceituações de reservas, potencialidades e exploração encontram-se nos tópicos 1.2, 1.3 e 1.4 do Capítulo 1.

4.1.6.1 Reservas permanentes

As reservas permanentes do Subdomínio IIIa do Domínio III – Grupo Bambuí Pouco Deformado foram avaliadas de acordo com o exposto nos itens 1.2.1, e 1.2.2 do Capítulo 1 do presente relatório. A Tabela 4.35 a seguir sintetiza os valores utilizados e os resultados obtidos.

Tabela 4.35 – Reserva permanente do Subdomínio IIIa

Subdomínio IIIa do Domínio III								
Unidade Geológica	Área (km ²)	%	Litologia predominante	P (m)	NE (m)	μ_e	b (m)	RP (hm ³)
Serra de Santa Helena	6653,45	79,141	Siltito, Folhelho, Marga	82	11	0,030	71,00	14.171,85
Paraopeba	1753,68	20,859	Calcarenito, Arcóseo, dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	83	15	0,070	68,00	8.347,52
Total	8.407,13	100,00						Reserva permanente total 22.519,37

P = prof. média dos poços NE = nível est. médio μ_e = poros efetiva b = espes. saturada média RP = Res. Perman.

4.1.6.4 Exploração

O conceito de exploração de água subterrânea, aqui adotado, é discutido no item 1.4 do presente relatório.

Uma análise bastante detalhada da produção dos poços do Subdomínio IIIa foi apresentada acima no item 4.1.5.3. Os números obtidos nessa análise serão aqui reproduzidos.

4.1.6.4.1 Exploração efetiva

A exploração efetiva é avaliada em 56.693,43 m³/dia ou 21,1 hm³/ano para um regime médio de 8,32 horas/dia de bombeamento.

4.1.6.4.2 Exploração instalada

Considerando-se regime de bombeamento contínuo, chega-se a uma exploração instalada de 60,7 hm³/ano.

4.2 Subdomínio IIIb

Este subdomínio corresponde à zona marcada pela presença dos arenitos e pelitos da Formação Três Marias, com áreas marcadas pelas rochas cretáceas do Grupo Areado e mais raramente do Grupo Mata da Corda. Engloba cidades no centro-norte de Minas Gerais, como Três Marias, Pirapora, Santa Fé de Minas, Riachinho, prolongando-se até 175 km a norte.

4.2.1 Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação

Neste item tem-se o levantamento do uso do solo, das estruturas cársticas e das fontes de contaminação realizado para a área regional, conforme descrito no capítulo de Metodologia, e recortados aqui para o Subdomínio IIIb.

Na Tabela 4.35 tem-se as fontes contaminantes do Subdomínio IIIb.

Tabela 4.35 – Fontes contaminantes do Subdomínio IIIb

Subdomínio IIIb – Fontes contaminantes	
Aquicultura	3
Cemitério	13
Esgotamento sanitário	5
Indústria	8
Irrigação	1
Lixão/ Aterro sanitário	1
Mineração	1
Posto de combustível	38
Total:	70

O quantitativo de estruturas cársticas para o subdomínio IIIb foi de 2 cavidades e 183 dolinas, e estão exibidas na Figura 4.19.

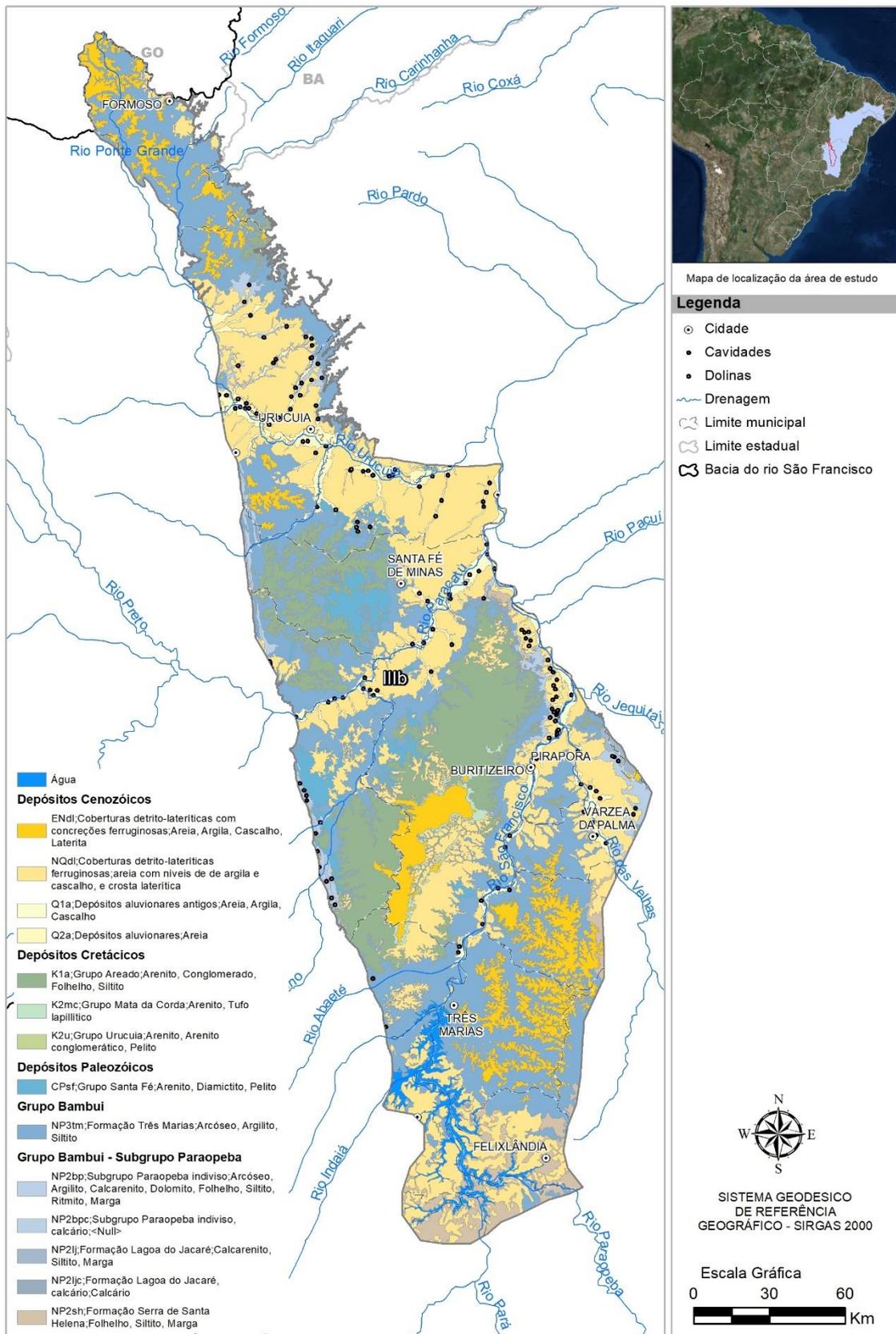


Figura 4.19: Mapa de estruturas cársticas do Subdomínio IIIb.

As áreas das diferentes classes de uso do solo do subdomínio IIIb são quantificadas conforme mostrado na Tabela 4.36.

Tabela 4.36 – Áreas de uso do solo do Subdomínio IIIb.

Classes de uso do solo	Área em km ²
Área urbanizada	7,27
Campestre	13952,06
Corpo d'água continental	689,86
Florestal	19340,54
Lavoura temporária	1314,17
Sem informação	6,87
Total:	35310,76

A distribuição percentual das áreas das classes de uso do solo no subdomínio IIIb é mostrada na Figura 4.20.

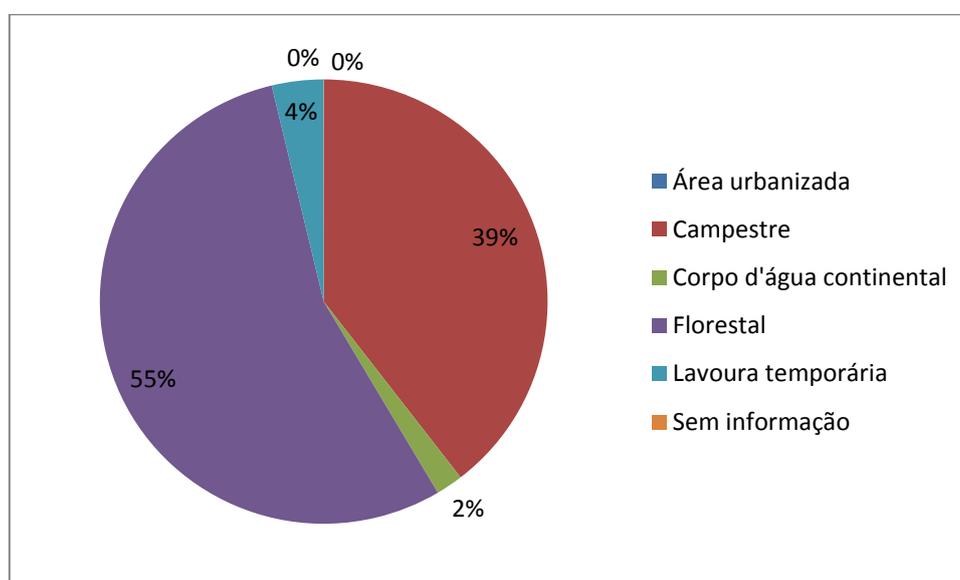


Figura 4.20: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Subdomínio IIIb.

A maior porcentagem encontra-se na classe Florestal, com 55% da área total de 16.232,65 km², ou seja, 9.914,52 km² de área; em seguida, a maior área foi identificada como Campestre com 39% ou 6.903,10 km²; a classe Lavoura Temporária representa 4% ou 384,79 km²; Corpo de Água Continental representa 2% ou 689,89 km²; as demais classes, como Área Urbanizada e Sem Informação, representam valor menor que 1%, respectivamente com 7,27 km² e 6,87 km².

O mapa do uso do solo acrescido dos possíveis pontos de contaminação e estruturas cársticas, para o subdomínio IIIb, pode ser observado na Figura 4.21.

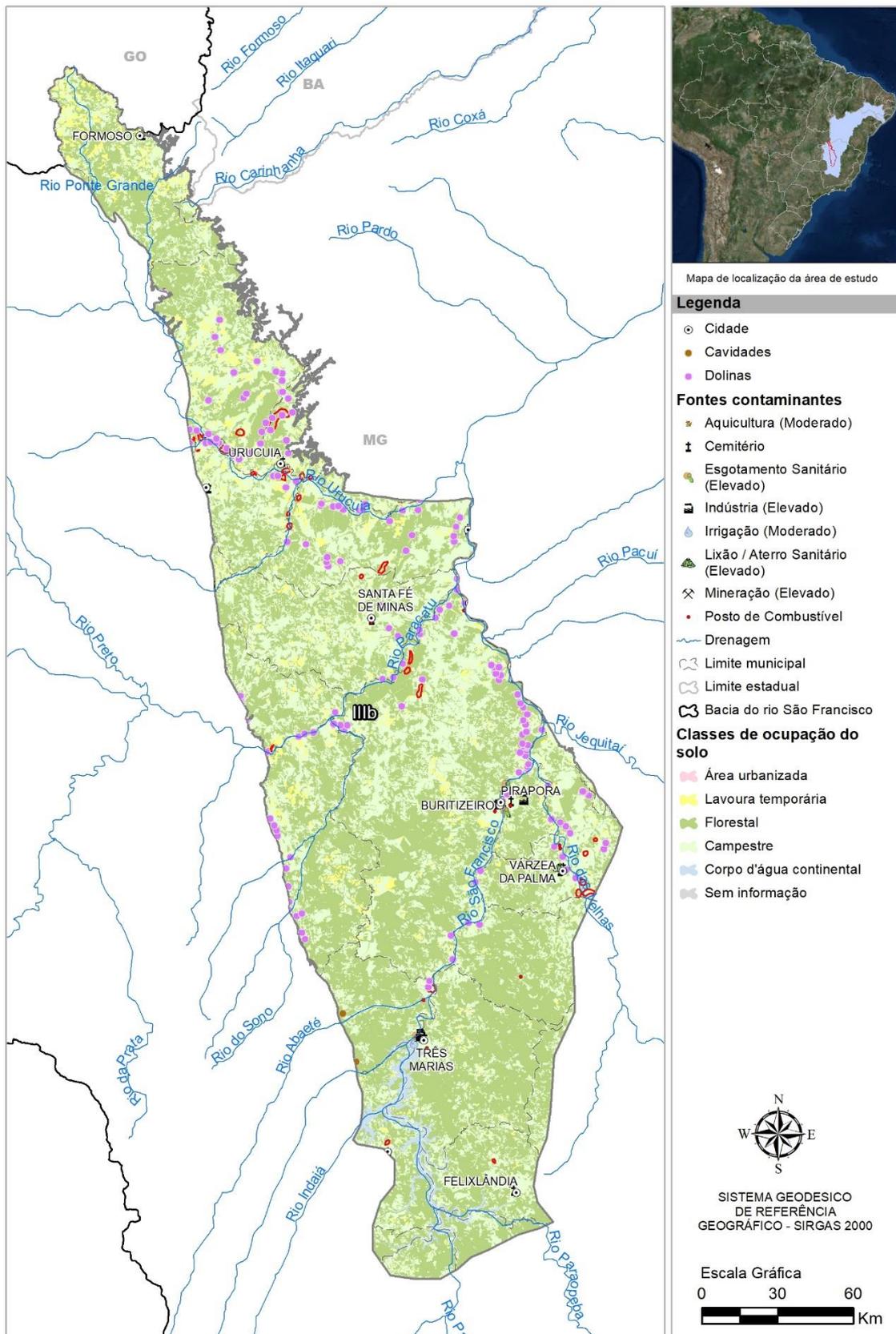


Figura 4.21: Uso e ocupação do solo no Subdomínio IIIb.

4.2.2 Levantamento socioeconômico e demandas hídricas

Para a realização de um estudo correto das demandas hídricas de uma localidade, se faz necessário o estudo de parâmetros socioeconômicos e populacionais.

A interpretação dos parâmetros de rendimento e taxa de alfabetização, auxiliam no entendimento do grau de desenvolvimento econômico de uma região, e a partir daí, torna-se possível correlacioná-los à necessidade de água no local. A Tabela 4.37 apresenta tais parâmetros para o subdomínio IIIb.

Tabela 4.37 - Dados socioeconômicos do Subdomínio IIIb.

Rendimento (R\$)	Alfabetização (%)	IDHM
752,74	88,80	0,67

O subdomínio IIIb apresentou, em 2010, o rendimento médio da população muito abaixo da média do estado de Minas Gerais, sendo cerca de 32% menor. Porém, se comparado ao salário mínimo do ano em questão (510 reais), este rendimento é cerca de 48% acima.

No tocante à taxa de alfabetização, o subdomínio IIIb também apresenta uma taxa (88,80%) abaixo da taxa do estado de Minas Gerais (92,30%).

No caso do rendimento, tem-se a consideração do peso proporcional de adultos potencialmente receptores de renda no domicílio, diante do cenário em que crianças e idosos tendem a não gerar renda. Sabendo que o rendimento é obtido pela divisão da receita domiciliar pelo número de integrantes no domicílio, um rendimento baixo pode ser entendido como receita familiar baixa e/ou alto número de integrantes da família, assim como um rendimento alto pode significar uma receita familiar alta e/ou um baixo número de integrantes da família.

Analogamente, a taxa de alfabetização contribui para análise das condições de vida populacional, proporcionando o entendimento do bem estar familiar. Essa taxa de alfabetização tende a ser mais baixa em localidades de menor rendimento, indicando menor oportunidade de acesso ao conhecimento.

Dessa forma, compreender o nível de qualidade de vida constitui um fundamento para gerar dados acerca do rendimento e taxa de alfabetização regional, de forma que uma menor qualidade de vida é relacionada a um menor rendimento e menor taxa de alfabetização, o que assinala menor demanda hídrica no local, ao passo que uma maior qualidade de vida é relacionada a um maior rendimento e maior taxa de alfabetização, assinalando uma maior demanda hídrica.

Quando consideramos o IDHM, é possível obter uma análise mais robusta, haja vista que tal índice pondera longevidade, educação e renda, simultaneamente. Nesse âmbito, o Índice de Desenvolvimento Humano para o Subdomínio IIIb foi de 0,67, em 2010, classificando-se na faixa de Desenvolvimento Humano Médio (IDHM entre 0,600 e 0,699). Pode-se concluir

que o subdomínio IIIb possui rendimento, taxa de alfabetização e IDHM médios, o que indica uma menor demanda hídrica.

O subdomínio IIIb representa 7% do PIB e cerca de 6% da população do total dos subdomínios. Porém, quando analisado o PIB per capita, o subdomínio apresenta resultados um pouco mais elevado.

Essa situação pode caracterizar má distribuição de renda na região, ou ainda, que a região possui poucas áreas comerciais/industriais, onde predomina os gastos domiciliares.

Esse cenário pode ser ainda confirmado diante do confronto do seu PIB per capita com o PIB per capita de Minas Gerais, chegando a ser 17% menor que do estado (20.592,16), ressaltando um baixo nível de produção econômica em tal área.

Ainda para o PIB per capita, o subdomínio apresentaram valor superior ao médio da área de influência total. A Tabela 4.38 apresenta os valores do PIB para o Subdomínio IIIb.

Tabela 4.38 – PIB do Subdomínio IIIb.

PIB	População	PIB per capita
3.668.102,00	214.294	17.121,81

4.2.2.1 Aspectos sanitários gerais

O estudo dos aspectos sanitários da região, servirão para o monitoramento da qualidade da água, identificando as deficiências que mais influenciam em problemas ambientais. Foram avaliados quatro pontos importantes: formas de abastecimento, tipos de esgotamento sanitário nos domicílios, destino do lixo e quantitativo de domicílios que recebem ou não energia elétrica.

- **Abastecimento**

A porcentagem de abastecimento por rede geral, ou seja, com tratamento de água, no subdomínio IIIb (85,20%) é apenas um pouco inferior à taxa de abastecimento do estado de Minas Gerais (86,28%), apresentando menores taxas em relação ao abastecimento por poços, nascentes, rios, açudes, o que caracteriza uma área mais urbanizada.

A Tabela 4.39 apresenta a distribuição da forma de abastecimento no subdomínio IIIb.

Tabela 4.39 – Formas de abastecimento no subdomínio IIIb.

Formas de abastecimento	%
-------------------------	---

Rede geral	85,20
Poço ou nascente na propriedade	6,70
Poço ou nascente fora da propriedade	3,20
Rio, açude, lago ou igarapé	2,90
Poço ou nascente na aldeia	0,00
Poço ou nascente fora da aldeia	0,00
Outra	2,00

- **Esgotamento sanitário**

Neste subdomínio, um total de 4,30% dos domicílios não possuíam nem banheiro nem sanitário, mostrando-se com taxa maior que a do estado de Minas Gerais (1,26%). A porcentagem de esgoto que não é transportado pela rede geral, não é posto em redes pluviais e nem tratado em fossa séptica é muito significativa, apontando para grande impacto no meio ambiente desta região.

A Tabela 4.40 abaixo apresenta as porcentagens da existência de banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário no subdomínio IIIb.

Tabela 4.40 – Existência de banheiro ou sanitário no subdomínio IIIb.

Tipos de esgotamento sanitário	Quantitativo (%)
Banheiro de uso exclusivo do domicílio	93,20
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	24,20
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - outro	75,80
Sanitário	2,50
Sanitário - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	4,90
Sanitário - outro escoadouro	95,10
Sem banheiro e sem sanitário	4,30

- **Destino do lixo**

Com o estudo realizado, foi possível verificar que o subdomínio IIIb possui um sistema de destino do lixo abaixo da média de todo o estado de Minas gerais, mostrando que 81,10% do lixo é coletado, enquanto a média do estado é 87,63%. Um total de 18,90% do lixo ainda possui destino indefinido, o que pode indicar uma destinação incorreta podendo causar contaminação do solo e de águas.

A Tabela 4.41 apresenta as porcentagens de destinação do lixo no subdomínio IIIb.

Tabela 4.41 – Destinos do lixo no subdomínio IIIb.

Destino do lixo	Quantitativo (%)
Coletado	81,10%
Coletado por serviço de limpeza	98,90%
Coletado em caçamba de serviço de limpeza	1,10%
Outro destino	18,90%

- **Energia Elétrica**

Neste quesito, pode-se identificar que o subdomínio IIIb é uma região bem atendida por redes elétricas, com porcentagem de pessoas que tem energia elétrica um pouco abaixo do estado de Minas Gerais, chegando a atender 96,70% da população e ainda 3,30% da população não recebe atendimento.

4.2.2.2 Demandas Hídricas

O estudo das demandas visa o conhecimento da necessidade de água de uma determinada região, e aliado ao conhecimento das potencialidades e disponibilidades hídricas, se torna um dos elementos essenciais para a realização de seu balanço hídrico, além de constituir um instrumento valioso para o planejamento e estabelecimento das prioridades de uma política de uso dos recursos hídricos.

O levantamento das demandas hídricas foi feito tanto para dados atuais (2010) como para dados futuros (2015, 2020, 2025 e 2030).

- **População urbana e rural**

No subdomínio IIIb pode-se observar que não há diminuição na população rural, com taxa de crescimento positiva, porém pequena, da mesma forma que houve um aumento na população urbana, com taxa de crescimento positiva, como pode ser observado na Tabela 4.42.

Tabela 4.42 – População e demanda para abastecimento humano (2010).

População	2010	Demanda (m ³ /dia)	Taxa de crescimento (%)
Rural	34.745	11.813	0,72
Urbana	176.080	91.207	1,25

- **Dessedentação animal**

O subdomínio IIIb representa 9% de bovinos, 0% de bubalinos, 8% de equinos, 2% de asininos, 9% de muares, 11% de caprinos, 6% de ovinos, 7% de suínos e 2% de aves do somatório total das cabeças de todos os subdomínios. O quantitativo de cabeças e o consumo da dessedentação de animais estão na Tabela 4.43.

Tabela 4.43 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.

Rebanhos	Nº de cabeças
Bovinos	597.140
Bubalinos	-
Equinos	17.884
Asininos	84
Muares	1.704
Caprinos	3.813
Ovinos	3.942
Suínos	64.937
Aves	233.244
Demanda para dessedentação animal (m ³ /dia)	628.039,14

- **Irrigação**

O subdomínio IIIb apresentou, em 2010, uma estimativa de área irrigada, calculada segundo a aplicação do PAI-MG, de 26.945 hectares. A partir dos dados de área irrigada e com o coeficiente de demanda unitária adotado, de 0,4 L/s.ha, foi possível converter a área irrigada em demanda hídrica, que foi estimada, para o ano de 2010 em 931.231 m³/dia.

- **Indústria**

A demanda de recursos hídricos das indústrias, para o subdomínio IIIb, demonstra ser pequena em relação à demanda de abastecimento da população, sendo igual a 63,05 m³/dia.

4.2.2.3 Demandas futuras (2015, 2020, 2015, 2030)

- **População urbana e rural**

A Tabela 4.44 a seguir apresenta as projeções feitas, para a população urbana e rural no subdomínio IIIb. Os coeficientes de retirada de água per capita, também definido na metodologia, foram aplicados às populações projetadas nos referidos anos, de forma a obterem-se as demandas para abastecimento urbano e rural para o subdomínio IIIb.

Tabela 4.44 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.

População/Ano	2015	2020	2025	2030
Rural	58.087	58.791	59.328	59.689
Urbana	183.787	189.897	194.561	197.695
Demanda hídrica rural (m ³ /dia)	7.261	7.349	7.416	7.461
Demanda hídrica urbana (m ³ /dia)	54.916	56.957	58.515	59.562

- **Dessedentação animal**

Devido à falta de dados mais recentes foi necessário projetar o número de cabeças por espécie, admitindo a mesma taxa de crescimento linear obtida entre os anos de 1996 e 2006. Assim, foi possível estimar o número de cabeças por espécie para 2010 e da mesma forma se procedeu para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030. Uma vez aplicada a taxa de crescimento linear, estimou-se o número de cabeças por espécie para o subdomínio IIIb, e o consumo para dessedentação animal. Ambos apresentados na Tabela 4.45.

Tabela 4.45 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio IIIb.

Rebanhos	Nº de cabeças por ano			
	2015	2020	2025	2030
Bovinos	601.411	605.712	610.043	614.406
Bubalinos	-	-	-	-
Equinos	18.012	18.140	18.270	18.401
Asininos	85	86	86	87
Muare	1.716	1.728	1.740	1.753
Caprinos	3.840	3.867	3.895	3.923
Ovinos	3.971	3.999	4.028	4.056
Suínos	65.402	65.869	66.340	66.815
Aves	234.912	236.592	238.284	239.988
Demanda para dessedentação (m ³ /dia)	632.530,50	637.053,97	641.609,80	646.198,20

- **Irrigação**

De posse da demanda atual para agricultura em 2010, deu-se prosseguimento às metodologias já aplicadas para os demais anos que compõem o horizonte deste estudo. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 4.46.

O resultado dessas projeções consiste nas áreas irrigadas a serem consideradas no futuro. Assim, utilizando-se dos coeficientes de demanda para agricultura, obtêm-se a demanda hídrica futura para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030.

Tabela 4.46 – Projeção dos métodos utilizados para irrigação no subdomínio IIIb.

Área irrigada (ha) / Ano	2015	2020	2025	2030
	34.390	43.891	56.017	71.494
Demanda para irrigação (m³/dia)	1.187.513	1.516.877	1.935.962	2.470.833

- **Indústria**

Para demanda relacionada à indústria, de forma semelhante ao que foi feito para calcular a de 2010, projetou-se os PIBs secundários para o subdomínio. Essa projeção teve como base uma taxa de crescimento linear obtida através da comparação entre os PIBs de 2002 e 2012.

Ao aplicar o coeficiente de consumo específico para classe 900 (genérica), equivalente a 0,02713 m³/US\$, como definido na metodologia, inferiram-se as demandas industriais para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030 (Tabela 4.47).

Tabela 4.47 – Projeção da demanda hídrica industrial para o subdomínio IIIb.

Demanda Industrial (m³/dia)			
2015	2020	2025	2030
65	67	68	69

4.2.3 Vulnerabilidade

A vulnerabilidade foi avaliada de acordo com a metodologia EPIK comentada no item 1.6 do presente relatório.

A classificação dos parâmetros E, P, I e K, é mostrada na Figura 4.22. Essa classificação mostra os seguintes resultados:

Parâmetro E – Epicarste: 44,0% de epicarste encoberto (classe E2); e 56,0% ausente (classe E3).

Parâmetro P – Cobertura de proteção: 10,0% para a classe P1; e 90,0% para a classe P2.

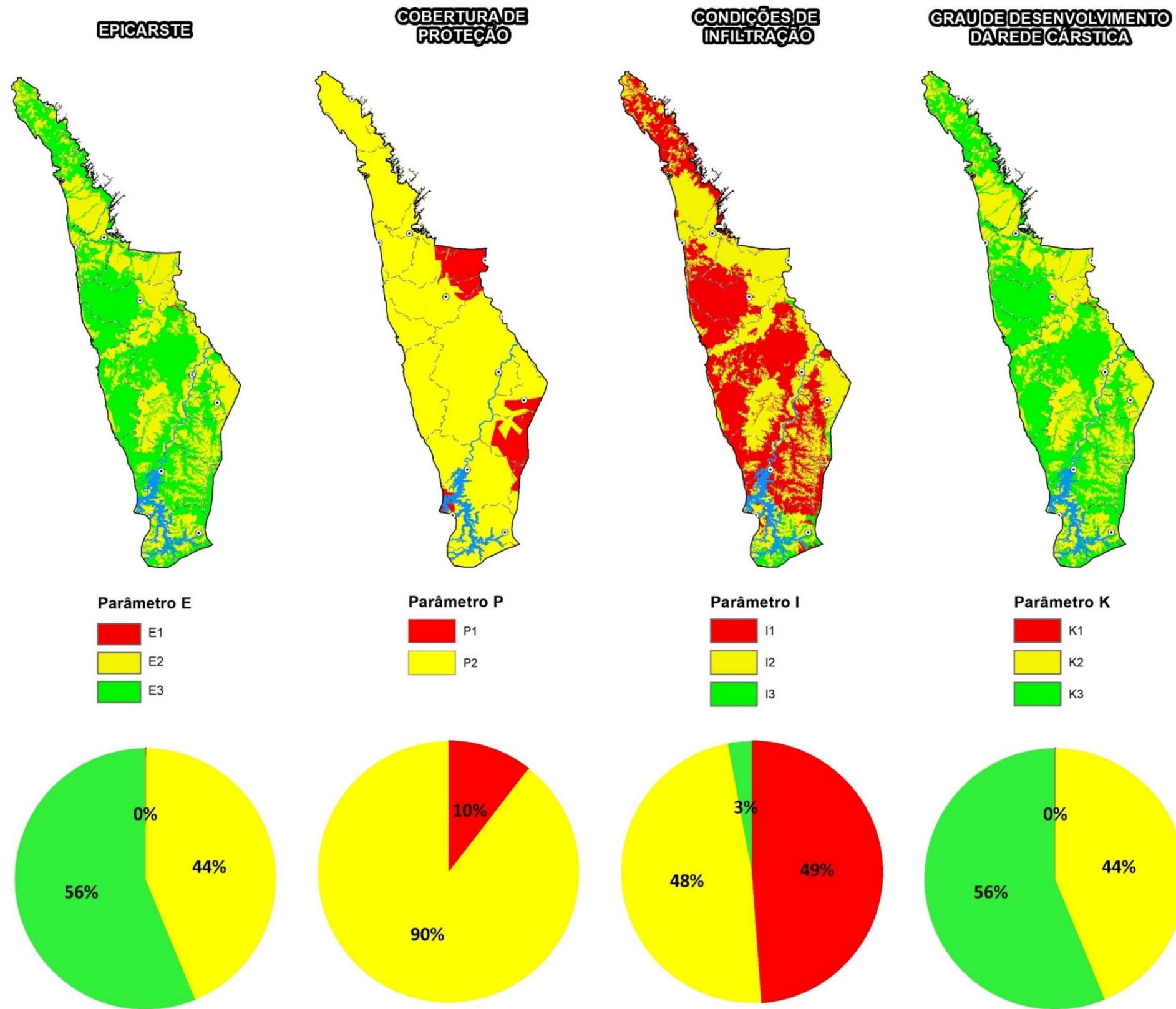
Parâmetro I – Condições de infiltração: 49% para a classe I1; 48% para a classe I2; e apenas 3% para a classe I3.

Parâmetro K – Grau de desenvolvimento da rede cárstica: 44,0% para a classe K2; e 56,0% para a classe K3.

Na definição das classes do parâmetro P foi muito útil o mapa das unidades de solo, mostrado na Figura 4.23.

Com os diferentes parâmetros zoneados, foi possível elaborar o mapa de vulnerabilidade (ver item 1.6), mostrado na Figura 4.24. A partir desse mapa quantificam-se percentualmente, na Figura 4.25, as classes de vulnerabilidade.

Como se pode observar na Figura 4.25, a área do Subdomínio IIIb é repartida em 7,47% de vulnerabilidade baixa; 92,44% de vulnerabilidade média; e apenas 0,08% de vulnerabilidade alta.



PARÂMETROS DE VULNERABILIDADE EPIK SUBDOMÍNIO IIb

Legenda

- Cidade
- Subdomínio IIb
- Bacia do rio São Francisco

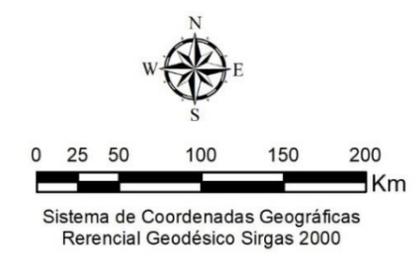


Figura 4.22: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.

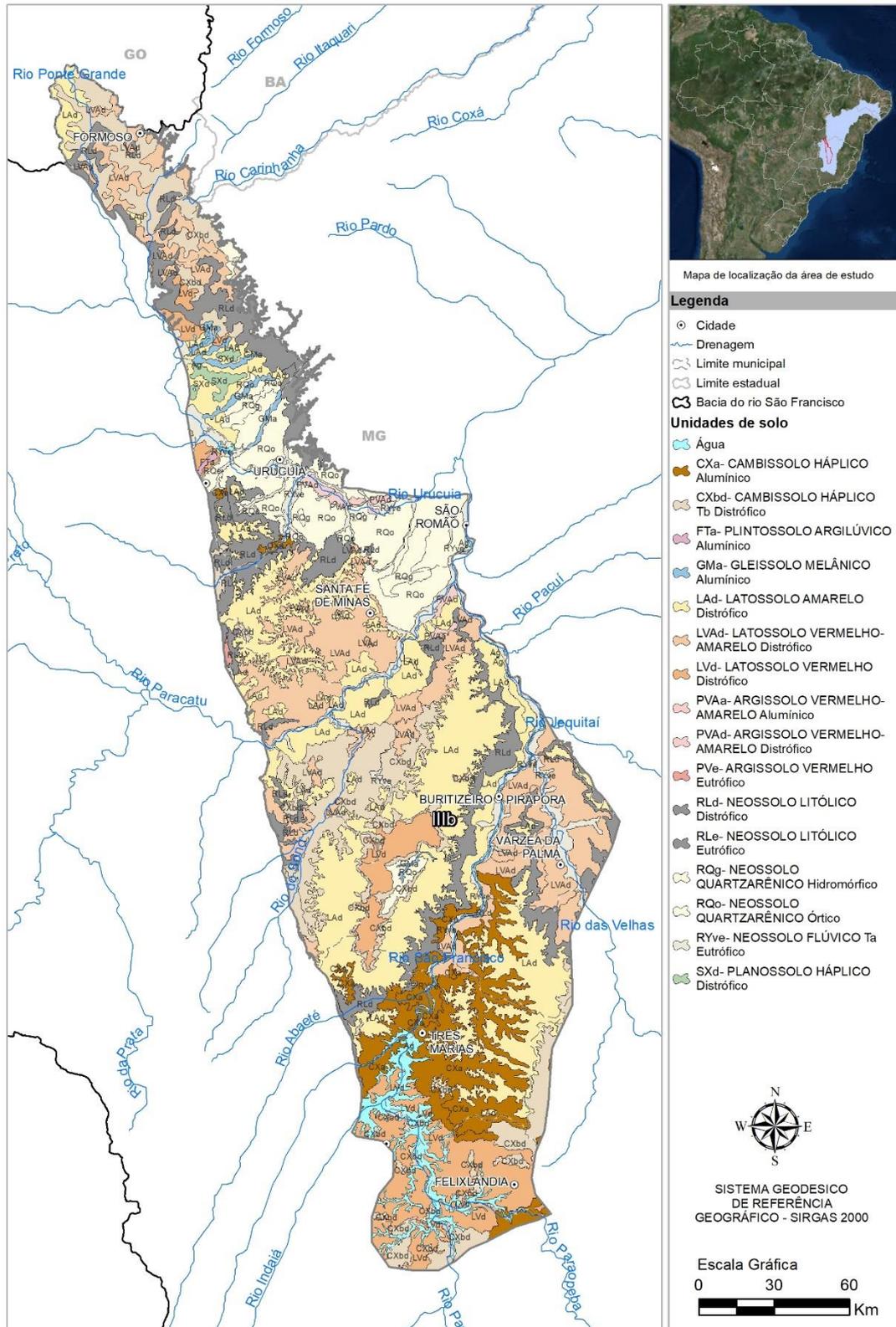


Figura 4.23: Mapa de unidades de solo com a classificação do parâmetro P.

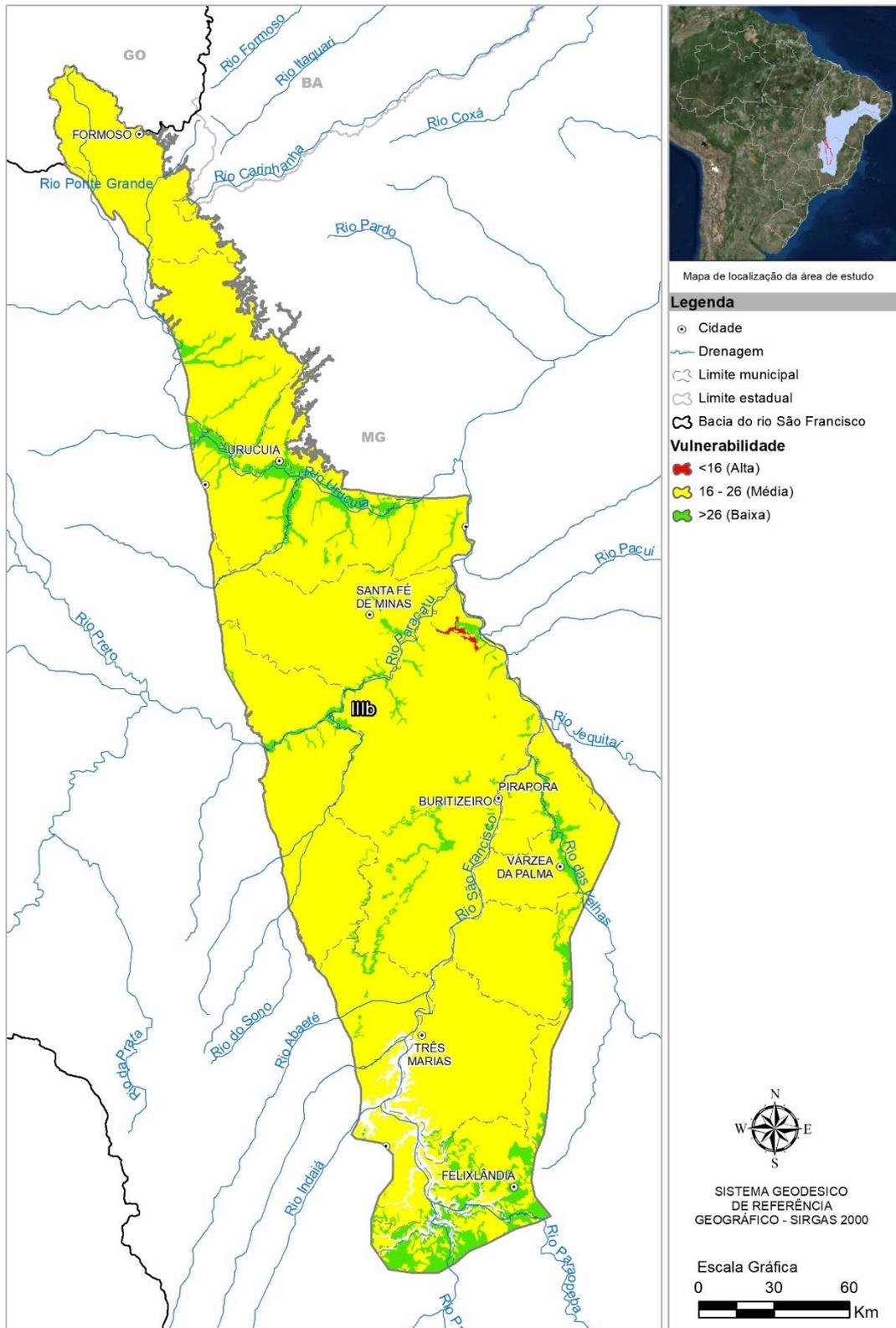


Figura 4.24: Mapa de vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Subdomínio IIIb.

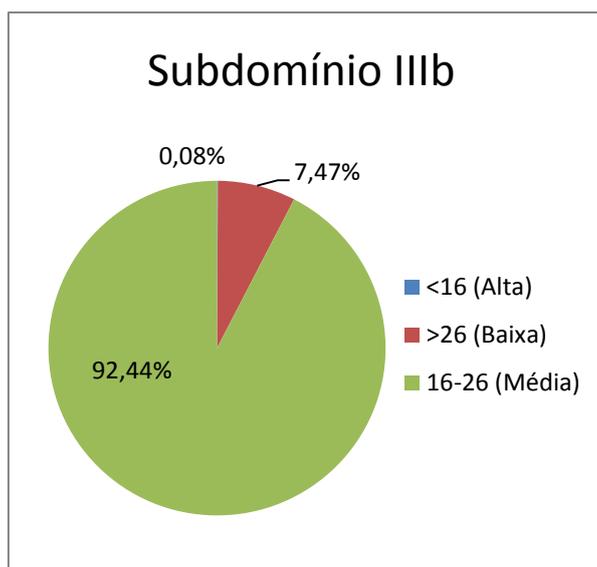


Figura 4.25: Classificação da vulnerabilidade para o Subdomínio IIIb.

4.2.4 Perigo de contaminação

Na Tabela 4.48 estão relacionadas as fontes contaminantes cadastradas no Subdomínio IIIb, com indicação dos respectivos índices Posh.

Tabela 4.48 – Fontes potenciais de contaminação no Subdomínio IIIb

ATIVIDADE	QUANTIDADE	ÍNDICE POSH
Cemitério	11	Moderado
Posto de combustível	51	Elevado
Lavoura temporária	379,35 km ²	Elevado

A distribuição dessas fontes contaminantes no mapa de vulnerabilidade é mostrada na Figura 4.26 onde se pode avaliar o perigo de contaminação no Subdomínio IIIb. Verifica-se, neste mapa, que o Subdomínio IIIb não apresenta perigo de contaminação extremo, pois não possui áreas de vulnerabilidade alta. Tem-se alto perigo, de forma pontual, principalmente nos municípios de Pirapora e Três Marias, nas áreas de vulnerabilidade média (cor amarela) com fontes de contaminação classificadas como elevadas. Essas fontes são, essencialmente, postos de combustíveis e áreas de lavoura temporária, essa última ocorrendo em 4% do total da área.

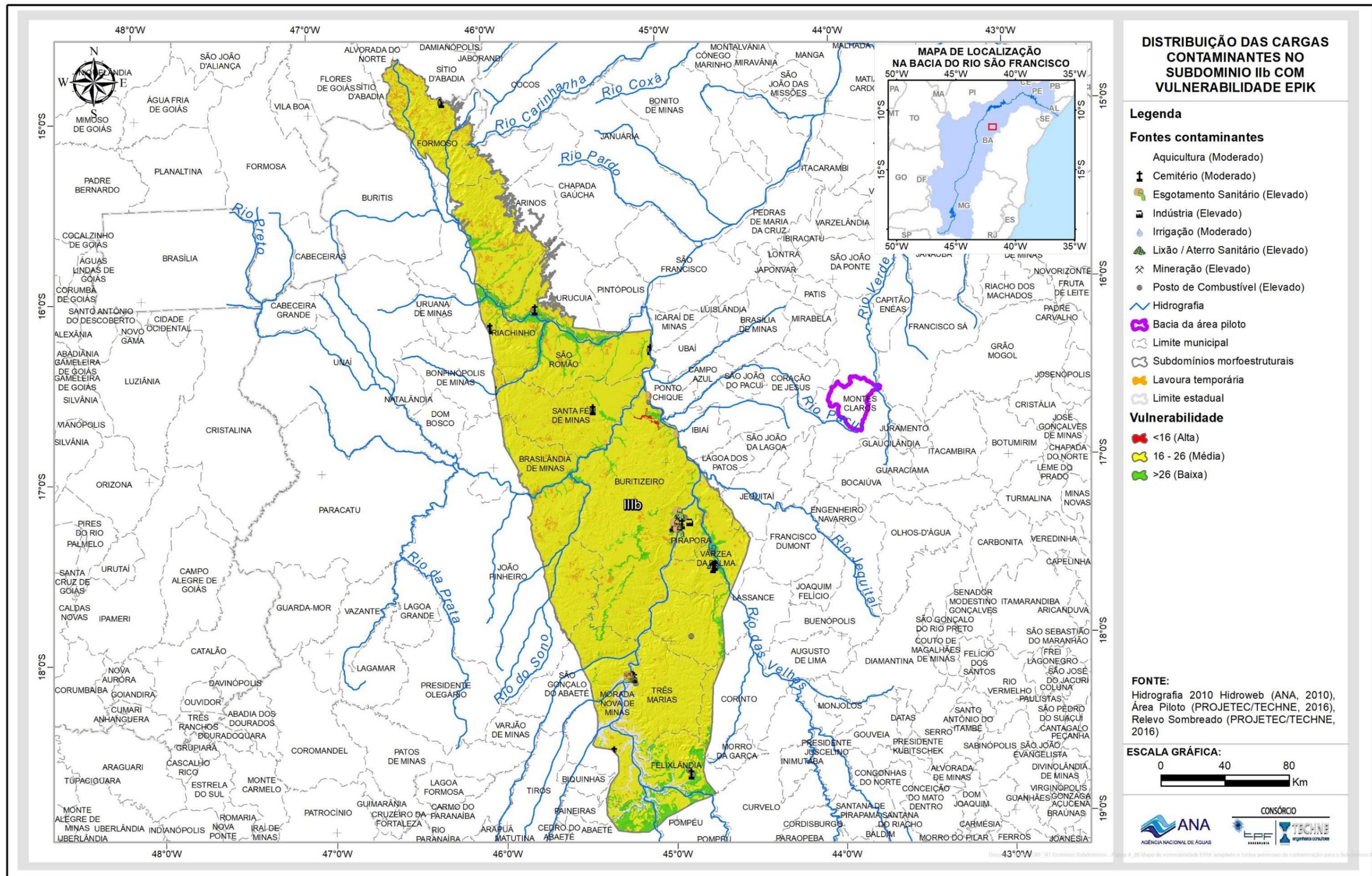


Figura 4.26: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Subdomínio IIIb.

4.2.5 Recarga e zonas de exploração

Começando com um panorama regional da evolução histórica dos níveis de água subterrânea no domínio cárstico em Minas Gerais, a situação da exploração das águas subterrâneas do SAB no Subdomínio IIIb inclui uma estatística descritiva dos dados de poços levantados e catalogados no âmbito do Projeto ANA – Carste São Francisco bem como uma caracterização do regime de funcionamento dos poços e uma estimativa da produção global de água. Para a recarga, foram realizados os cálculos em função das precipitações e o regime fluvial para cada subdomínio. Com os valores de recarga e exploração do subdomínio foi possível realizar o zoneamento de exploração, demonstrado na Figura 4.35

4.2.5.1 Levantamento e sistematização dos dados

Os dados de poços levantados no Subdomínio IIIb, no âmbito do Projeto foram sistematizados e fazem parte do SIG, que constitui a principal fonte de consulta sobre poços.

4.2.5.1.1 Poços catalogados e cadastrados

A pesquisa hidrogeológica desenvolvida no Subdomínio IIIb baseou-se em dados de 559 poços constantes no SIG, dos quais 262 foram catalogados do SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2010), e 297 foram catalogados do sistema de outorgas de água subterrânea do IGAM (2014) (ANEXO 1.17 – Tabela de poços do Subdomínio IIIb). Para o tratamento estatístico não foram considerados os poços escavados. Desses 358 poços excluem-se 16 cisternas e 1 nascente que estão hachurados na tabela do ANEXO 1.17. O resultado disso são 542 poços: 248 catalogados do SIAGAS e 294 catalogados do IGAM.

4.2.5.1.2 Tratamento estatístico dos poços cadastrados

Na Tabela 4.49 é apresentada a estatística descritiva dos valores numéricos de profundidade, diâmetro do revestimento, nível estático, nível dinâmico e vazão dos poços cadastrados e catalogados no Subdomínio IIIb, localizado na poção noroeste da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

Tabela 4.49 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Subdomínio IIIb Grupo Bambuí Deformado.

Parâmetros Estatísticos	Profundidade (m)	Diâmetro da boca(mm)	Nível Estático - NE (m)	Nível Dinâmico - ND (m)	Vazão (m ³ /h)
Média	98,7	154,4	17,3	44,0	11,3
Mediana	98,0	152,0	13,5	39,2	7,0
Desvio Padrão	33,2	25,2	14,7	24,2	13,5
Coefficiente Variação	0,3	0,2	0,9	0,6	1,2
Valor máximo	300,0	310,0	108,0	141,3	115,0
Valor mínimo	35,0	40,0	0,1	3,0	0,3
Nº valores	496	422	439	427	452

4.2.5.1.3 Profundidade

A profundidade dos poços inventariados no Subdomínio IIIb variou de 35 a 300 m. A profundidade média foi de 98,7 m e se explica pelo fato de que as classes mais frequentes (38%) correspondem a poços com profundidade superior a 100 m. Se considerarmos todos os poços com mais de 40 m teremos 489 poços ou 99% do total no subdomínio IIIb. Já as classes compreendidas entre 0 e 40 m de profundidade possuem uma frequência acumulada muito baixa, com apenas 1% do total. A Tabela 4.50 mostra que na classe de 60 a 80 m e na classe dos poços maiores que 80 m e menores que 100 m, estão localizados, respectivamente, 24% e 28%, ou seja, a terceira e a segunda classe mais predominante.

Tabela 4.50 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014) no Subdomínio IIIb.

Classe Profundidade (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤20	0	0	0,00	0,00
20<x≤40	7	7	0,01	1,41
40<x≤60	41	48	0,08	9,68
60<x≤80	121	169	0,24	34,07
80<x≤100	141	310	0,28	62,50
x>100	186	496	0,38	100,00
Total	496			

A distribuição da frequência da profundidade dos poços no Subdomínio IIIb pode ser visualizada no diagrama da Figura 4.27

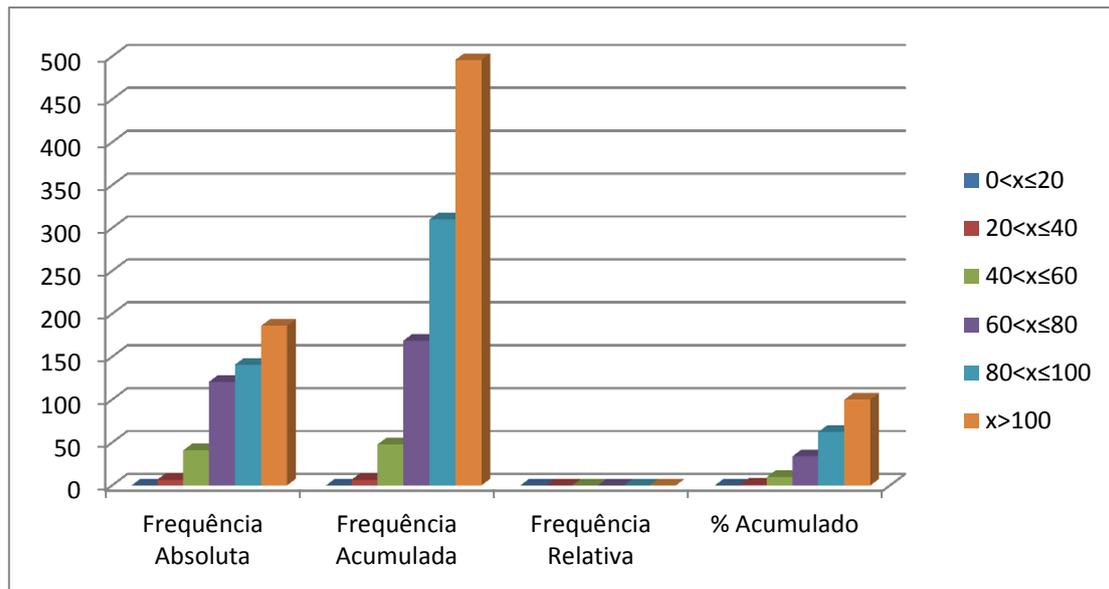


Figura 4.27: Frequências das classes de profundidade dos poços no Subdomínio IIIb.

4.2.5.1.4 Diâmetro da Boca do Poço

De acordo com a Tabela 4.51 e Figura 4.30, no Subdomínio IIIb, existem duas classes de diâmetro da boca dos tubos, a primeira com 235 poços até 152 mm e o segundo com 187 poços na classe entre 152 mm e 310 mm. Nota-se a presença da maioria dos poços concentrada na primeira classe.

Tabela 4.51 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM e no IGAM (2014) no Subdomínio IIIb.

Classe Diâmetro da Boca (mm)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 152	235	235	0,56	55,69
152 < x ≤ 300	187	422	0,44	100,00
Total	422			

A Figura 4.28 ilustra a distribuição de frequência do diâmetro da Boca dos poços no Subdomínio IIIb.

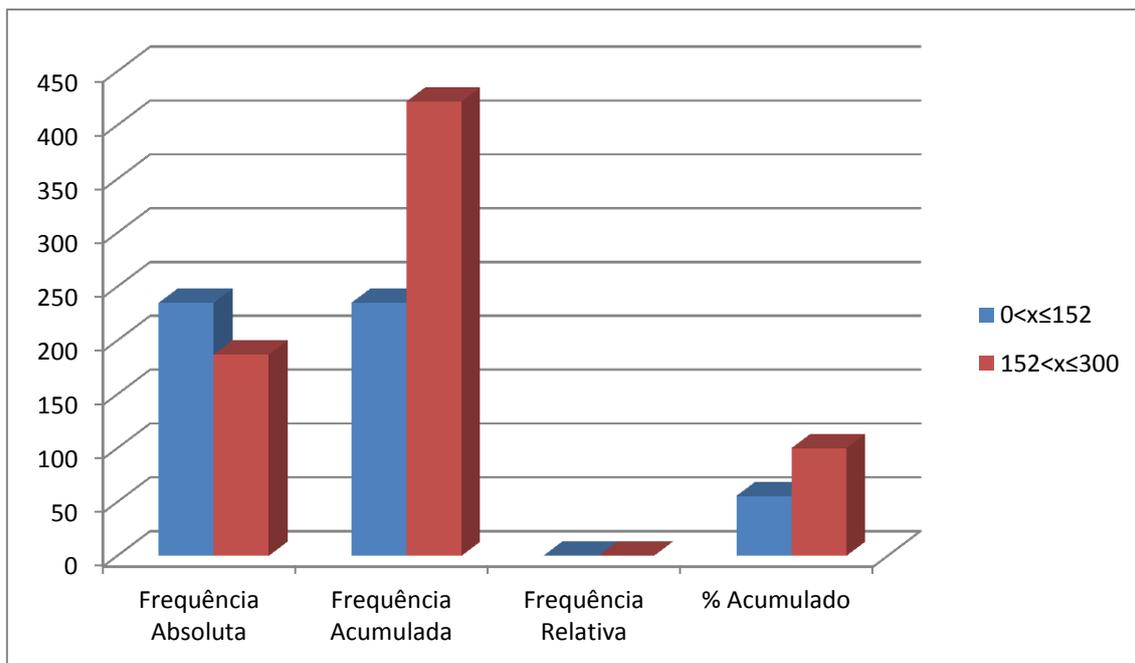


Figura 4.28: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Subdomínio IIIb.

4.2.5.1.5 Nível Estático

De acordo com os dados da Tabela 4.52 e Figura 4.29, observa-se que aproximadamente 70% dos poços apresentam níveis estáticos até 20 m, o que significa que esses níveis são rasos, de modo geral. Nas classes de 20 a 30 m encontram-se cerca 16% dos poços e no intervalo de poços acima de 30 m estão 14% do total. A rigor, todos esses níveis, notadamente os mais profundos, não são “estáticos”, já que a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração.

Tabela 4.52 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM e IGAM no Subdomínio IIIb.

Classe Nível Estático (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 10	166	166	0,38	37,81
10 < x ≤ 20	139	305	0,32	69,48
20 < x ≤ 30	72	377	0,16	85,88
x > 30	62	439	0,14	100,00
Total	439			

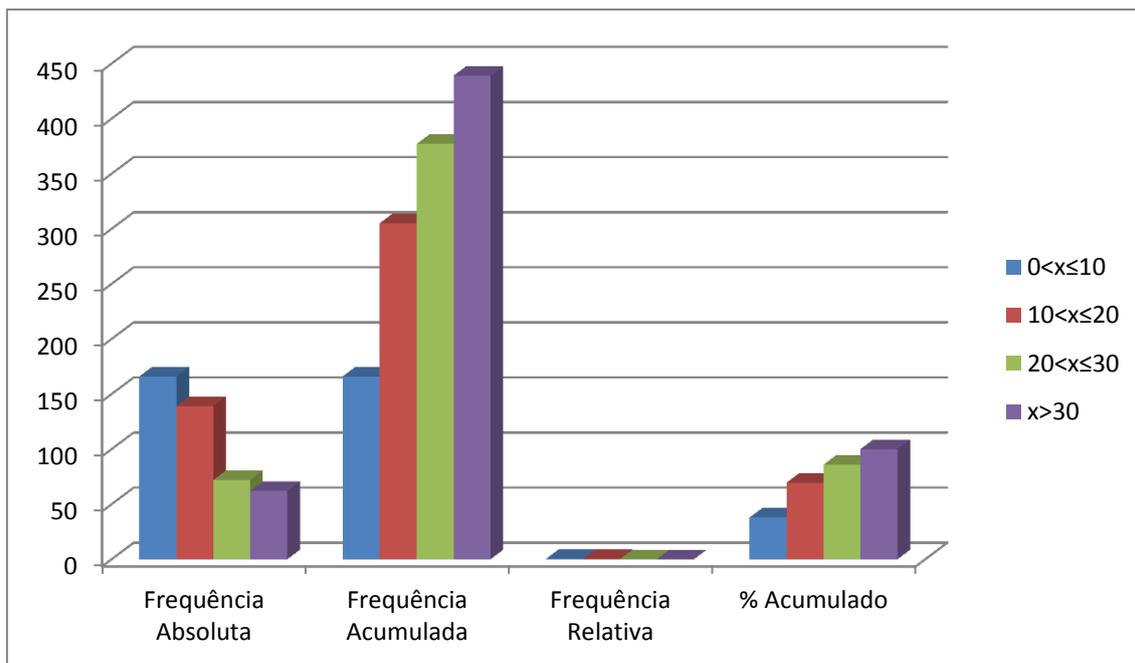


Figura 4.29: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Subdomínio IIIb.

4.2.5.1.6 Nível Dinâmico

Para os níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IIIb, tem-se que a classe menos frequente corresponde ao intervalo de mais de 0 a 10 m (4%). Secundariamente, 12% dos poços (53/427) estão no intervalo entre 10 e 20 m, como pode ser observado na Tabela 4.53 e Figura 4.30. Nota-se, finalmente, que a grande maioria dos níveis dinâmicos (201/427), representando 47%, estão no intervalo de poços com profundidade maior que 40 m.

Tabela 4.53 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM e IGAM no Subdomínio IIIb.

Classe Nível Dinâmico (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	16	16	0,04	3,75
10<x≤20	53	69	0,12	16,16
20<x≤30	68	137	0,16	32,08
30<x≤40	89	226	0,21	52,93
x>40	201	427	0,47	100,00
Total	427			

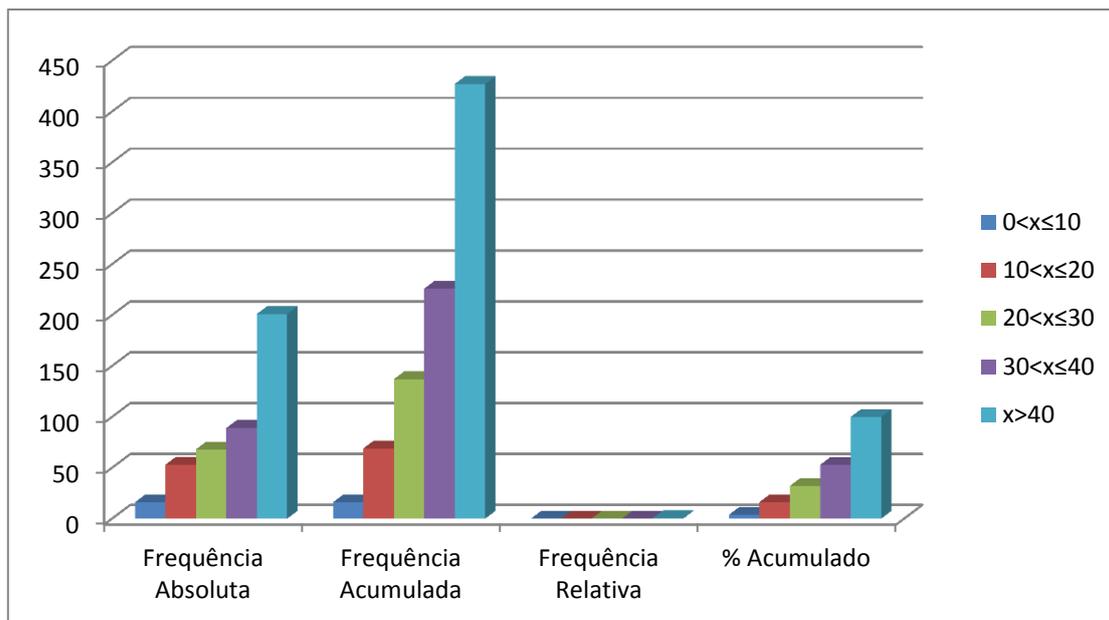


Figura 4.30: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IIIb.

4.2.5.1.7 Vazão

No que se refere à vazão dos poços que exploram o aquífero Bambuí do carste São Francisco no Subdomínio IIIb, verifica-se que do total de poços catalogados e cadastrados (Tabela 4.54) existem 452 poços com vazão informada. Observa-se que a classe mais frequente é a entre 0 e 10 metros, com aproximadamente 66% e frequência absoluta de 298 poços. As de menores frequências são os intervalos entre 40 e 50 metros, com apenas 1% do total.

Tabela 4.54 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM e IGAM (2014) no Subdomínio IIIb.

Classe Vazão (m ³ /h)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	298	298	0,66	65,93
10<x≤20	96	394	0,21	87,17
20<x≤30	28	422	0,06	93,36
30<x≤40	14	436	0,03	96,46
40<x≤50	3	439	0,01	97,12
x>50	13	452	0,03	100,00
Total	452			

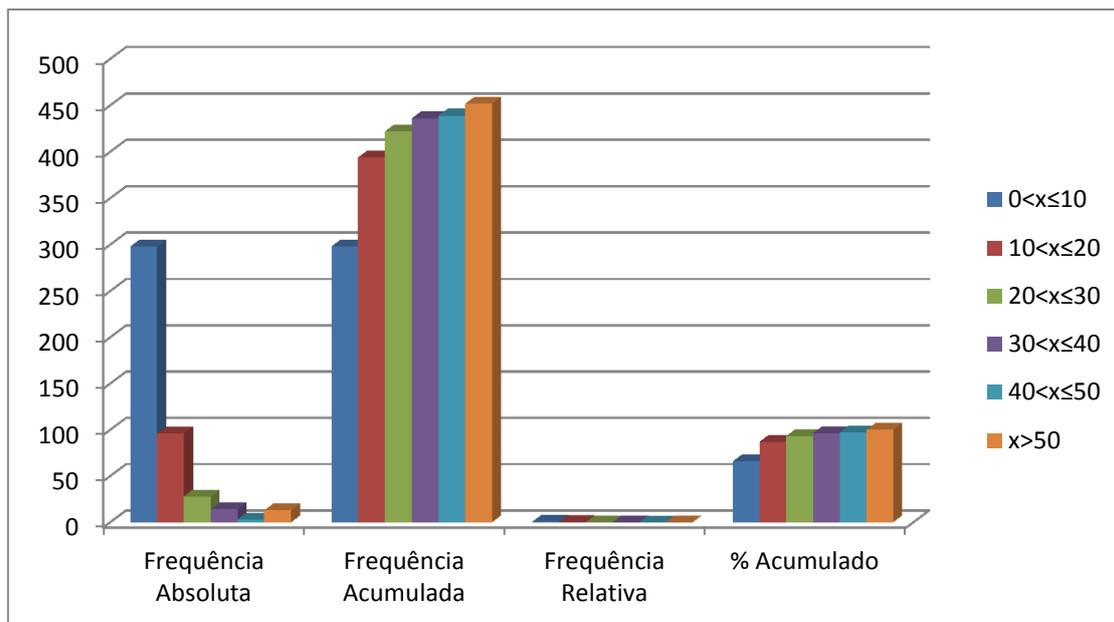


Figura 4.31: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Subdomínio IIIb.

Não obstante, de acordo com as condições operacionais em que se encontram os poços (Tabela 4.55) verifica-se que existem 394 unidades (72,7%) em condições de funcionamento, ou seja, são poços que estão bombeando (54,8%), estão equipados (17,9%) ou parados/não instalado (4,1%), conforme ANEXO 1.17 Tabela de poços do Subdomínio IIIb.

Tabela 4.55 – Situação operacional dos 542 poços catalogados e cadastrados no Subdomínio IIIb.

Registros	Bombeando	Equipado	Seco	Parado/ Não Instalado	Sem informação	Em condições de funcionamento
542	297	97	21	22	105	394
100%	54,8%	17,9%	3,9%	4,1%	19,4%	72,7%

4.2.5.1.8 Conclusões

Com base nos dados apresentados anteriormente referentes ao Aquífero Bambuí do Carste do São Francisco no Subdomínio IIIb é possível concluir que:

- A profundidade dos poços inventariados no Subdomínio IIIb variou de 35 a 300 m, com uma média aproximada de 98,7 m (Tabela 4.49), sendo que os poços no intervalo acima de 40 m constituem (Tabela 4.50) a classe mais frequente (99%);
- 38% dos poços (Tabela 4.52) possuem níveis estáticos entre 0 e 10 m de profundidade, somados à classe de 10 a 20 m chegam a 305 poços ou 70% do total. Vale ressaltar que a rigor esses níveis não são “estáticos”, pois a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração;
- As vazões informadas dos poços (Tabela 4.54) em cerca de 66% dos casos são menores ou iguais a 10 m³/h e nos 34% restantes oscilam entre mais de 10 m³/h até 115 m³/h;
- Em termos de condições operacionais (Tabela 4.55) do total de 542 poços existem 22 poços parados, 21 não utilizáveis, ainda 105 poços sem informação sobre o tema. Dos poços com condições de utilização são: 297 poços bombeando e 97 equipados no subdomínio IIIb;
- No que se refere ao tipo de equipamento instalado nos poços (Tabela 4.56), verificou-se que nos 290 poços com informações sobre bombas, sendo 4 Bombas Injetoras, 6 Centrífugas, 208 bombas submersas e 72 Compressores de Ar.

Tabela 4.56 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.

Equipamentos de bombeamento	Nº	Bomba centrífuga	Bomba injetora	Bomba submersa	Compressor
Registros	290	6	4	208	72
Percentual	100%	2,1%	1,4%	71,7%	24,8%

4.2.5.2 Regime de Funcionamento dos Poços

Na Tabela 4.57 são mostrados os valores dos parâmetros estatísticos do número de horas por dia em que são bombeados os poços da área estudada, segundo dados do cadastro de outorgas de água subterrânea IGAM (2014).

Existem apenas 229 poços com regime de funcionamento informado e o cálculo do regime médio de funcionamento para todos os 394 poços, em condições de utilização, é feito usando a média ponderada pela frequência do número de horas de bombeamento, nos intervalos de classe, conforme a expressão:

$$\overline{R}_e = \sum_{j=1}^{12} R_{ej} \times w_j$$

Ou seja, o regime médio estimado é dado pela somatória do regime médio ponderado pela frequência relativa ou fator de ponderação.

Tabela 4.57 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Subdomínio IIIb, usando 229 poços com regime informado no cadastro de outorgas (IGAM, 2014).

Classe Regime Informado (h/dia)	Frequência Absoluta Número de Poços n_j	Regime médio informado R_{ej} (h/dia)	Frequência Relativa ou Peso $w_j=n_j/N$	Regime médio ponderado (h/dia) $R_{ej} \cdot w_j$
0<x≤1	34	0,687	0,148	0,102
1<x≤2	36	1,656	0,157	0,260
2<x≤3	16	2,700	0,070	0,189
3<x≤4	16	3,813	0,070	0,266
4<x≤5	15	4,737	0,066	0,310
5<x≤6	15	5,849	0,066	0,383
6<x≤7	8	6,856	0,035	0,240
7<x≤8	14	8,000	0,061	0,489
8<x≤9	7	0,000	0,031	0,000
9<x≤10	4	10,000	0,017	0,175
10<x≤11	4	0,000	0,017	0,000
11<x≤12	4	11,825	0,017	0,207
12<x≤24	56	16,108	0,245	3,939
Soma	229			6,560

Legenda:

$N = \sum n_j = N = \sum n_j$ = número total de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro de água subterrânea realizado ao longo do projeto.

Frequência Absoluta (n_j): número de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro realizado ao longo do projeto.

Regime Médio Informado (R_{ej}) = Média de horas de funcionamento dos poços em cada intervalo de classe.

Regime médio ponderado em cada intervalo de classe: ($R_{ej} \times w_j$).

Frequência Relativa ou fator de ponderação: $w_j = n_j / N$.

Regime Médio Estimado: $\bar{R}_e = \sum_{j=1}^9 R_{ej} \times w_j$ 6 horas e 34 minutos.

Como visto na Tabela 4.57, o regime médio de funcionamento estimado para os poços no Subdomínio IIIb em 2015 é de 6,560 horas por dia, o que equivale a 6h:34 min.

4.2.5.3 Produção Global dos Poços

Considerando o regime de funcionamento e a vazão média dos diferentes intervalos de classe de vazão apresentados na Tabela 4.58, obtém-se uma produção estimada de 26.271,59 m³/dia, ou 304,1 L/s.

Tabela 4.58 - Produção global estimada, explotada no Subdomínio IIIb.

Classe Vazão (m³/h)	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Vazão Média (m³/h)	Efetivo de Poços	Vazão Estimada (m³/dia)	Vazão Estimada (m³/s)	
						394 poços	345 poços
0<x≤1	12	0,03	0,81	14	73,19	0,0008	0,0007
1<x≤2,5	40	0,12	1,84	46	551,10	0,0064	0,0056
2,5<x≤5	86	0,25	3,84	98	2.471,64	0,0286	0,0250
5<x≤7,5	59	0,17	6,32	67	2.794,62	0,0323	0,0283
7,5<x≤10	51	0,15	9,01	58	3.443,16	0,0399	0,0349
10<x≤15	50	0,14	12,19	57	4.567,75	0,0529	0,0463
15<x≤30	30	0,09	22,84	34	5.132,53	0,0594	0,0520
x>30	17	0,05	56,83	19	6.237,60	0,0838	0,0734
Total	345			394	25.271,59	0,3041	0,2663

Legenda:

N = número total de poços com vazão informada no SIG

Frequência Absoluta (FA) = número de poços com vazão informada no SIG em cada intervalo de classe.

Frequência Relativa (FR) = FA/N.

Vazão Média (QM) = média dos valores de vazão informada em cada intervalo de classe.

Efetivo de poços = N° P.P. x FR = número de poços produtores (bombeando/equipado) encontrados dentro dos limites do domínio.

Vazão Estimada (QE) m³/dia = QM x RME x Efetivo de poços em cada intervalo de classe.

Vazão Estimada (QE) m³/s = QE (m³/dia) x Quantidade de segundos em um dia (84.600).

Segundo os dados informados, a produção de água para um efetivo de 394 poços em operação no ano de 2015 foi estimada em 0,3041 m³/s conforme Tabela 4.57.

A Tabela 4.59 apresenta a distribuição da produção global dos poços em condições de funcionamento (Tabela 4.55) de acordo com a situação operacional informada (ANEXO 1.17). Como visto na Tabela 4.58, a produção global de água estimada para os 394 poços atinge 0,3041 m³/s. Só com os 345 poços em operação, a exploração extraía 87,57% desse total, ou seja, 0,2663 m³/s.

Tabela 4.59 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Subdomínio IIIb.

Poços	Em condições de funcionamento	Bombeando	Equipado
Número	394	297	97
Percentual	100%	75,38%	24,62%
Vazão (m³/s)	0,3041	0,2292	0,0749

A distribuição espacial dos poços produtores no Subdomínio IIIb é mostrada na Figura 4.32, a qual foi gerada a partir da tabela contida no ANEXO 1.16.

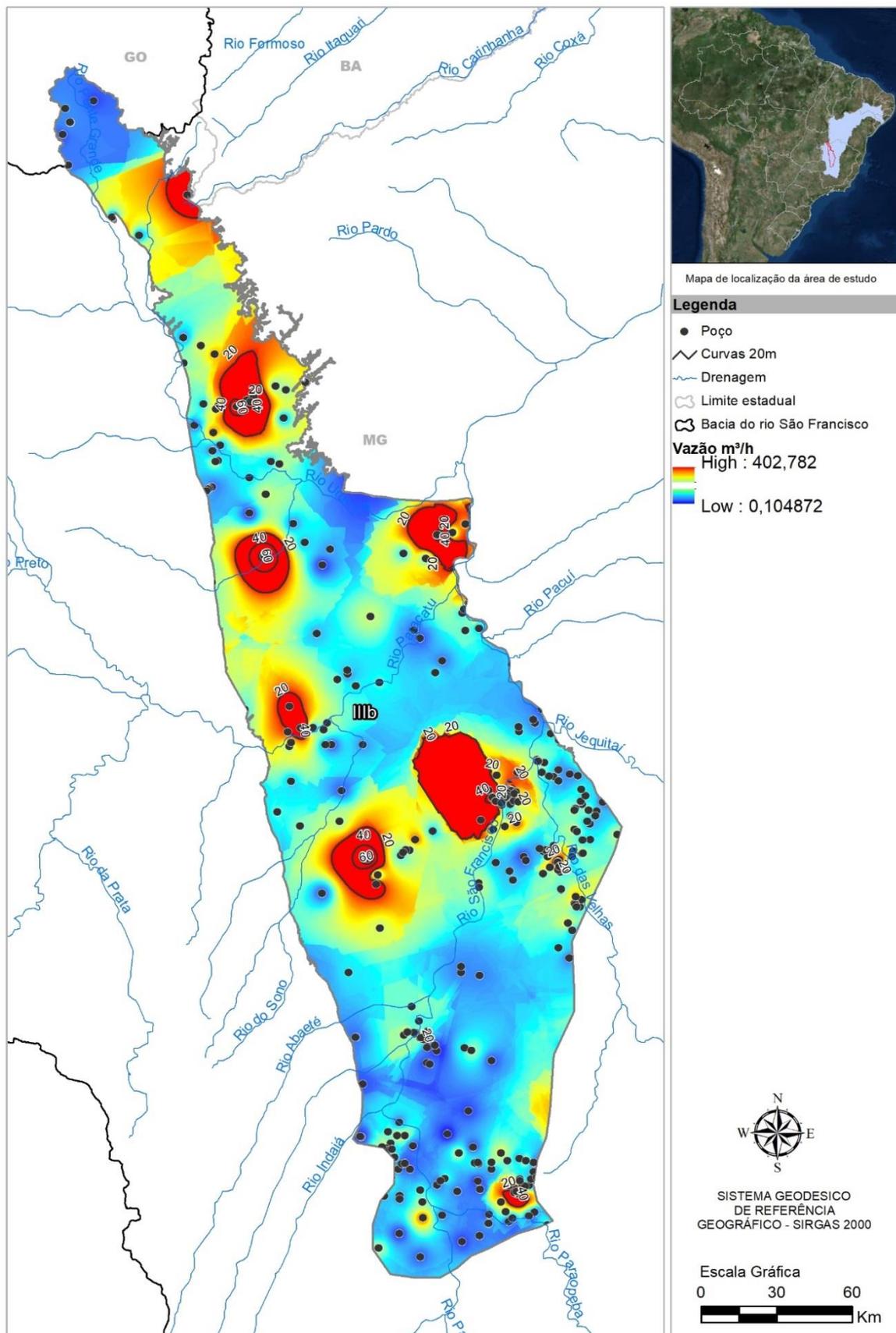


Figura 4.32: Distribuição espacial da produção de 394 poços em operação localizados no Subdomínio IIIb.

4.2.5.4 Recarga no Subdomínio IIIb

A Tabela 4.60 apresentada a seguir, identifica quais são as estações utilizadas para os cálculos de recarga, sendo mostradas ainda, outras informações como dimensão da bacia, código e nome da estação, e o período a que se referem os registros de medições de descarga em cada uma delas.

Tabela 4.60 – Informações básicas sobre as estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do subdomínio IIIb.

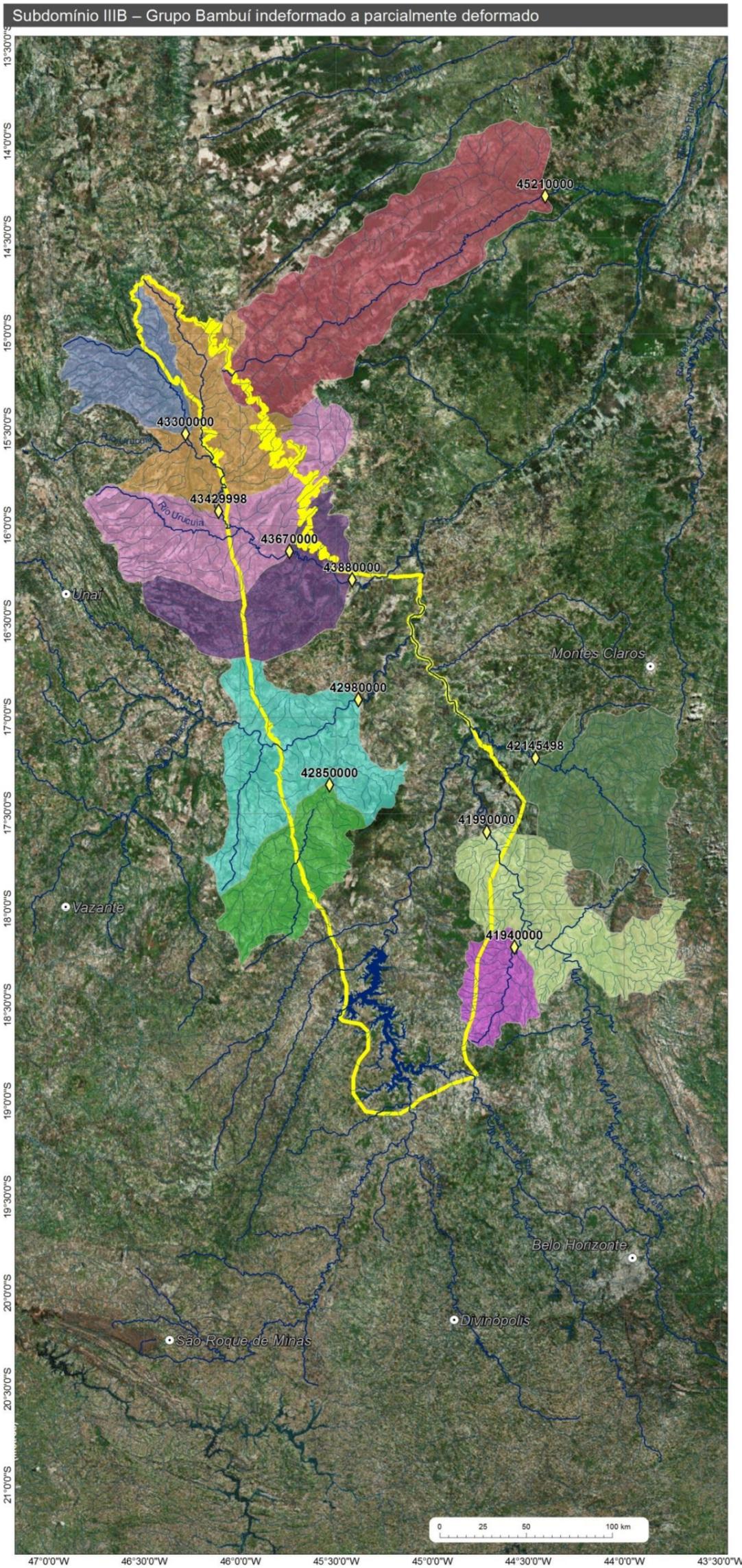
Código da estação*	Latitude	Longitude	Denominação	Curso d'água	Área (km ²)	Período de monitoramento	Período adotado para cálculo
43429998	-15,9239	-46,1094	Arinos – Montante	Rio Urucuia	18495,910	1977 - 2015	1977 - 2007
42850000	-17,3506	-45,5325	Cachoeira das Almas	Rio do Sono	4211,791	1973 - 2015	1973 - 2007
43300000	-15,5217	-46,2828	Fazenda Carvalho	Rio Japoré	3156,484	1973 - 2015	1973 - 2007
42145498	-17,2094	-44,46	Faz. Umburana – Montante	Rio Jequitaí	6817,012	1977 - 2015	1977 - 2007
45210000	-14,2831	-44,4094	Lagoa das Pedras	Rio Cariranha	12172,965	1969 - 2014	1969 - 2007
41940000	-18,1961	-44,57	Ponte do Bicudo	Rio Bicudo	2033,220	1965 - 2015	1965 - 2007
42980000	-16,9067	-45,3825	Porto Alegre	Rio Paracatu	41158,732	1952 - 2014	1952 - 2007
43880000	-16,2811	-45,4142	Santo Inácio	Rio Urucuia	23758,983	1962 - 2015	1962 - 2007
43670000	-16,1331	-45,7417	Vila Urucuia	Rio Urucuia	18495,910	1967 - 2014	1967 - 2007
41990000	-17,5947	-44,7139	Várzea da Palma	Rio das Velhas	26517,388	1938 - 2015	1938 - 2006

Como se observa na Figura 4.33 apresentada a seguir, a configuração hidrográfica das bacias de interesse revela que uma porção do Subdomínio IIIb não pode ser qualificada por estas, o que, no entanto, não prejudicou os cálculos realizados. Ressalta-se que a maioria das estações analisadas apresentam porções que extrapolam os limites do Subdomínio IIIb, tendo sido, portanto, computados somente os volumes interiores de cada uma das bacias em relação às áreas pertencentes a esse subdomínio.

Do ponto de vista geológico, o conteúdo litológico das oito bacias avaliadas mostrou-se distribuído pelas seguintes tipologias: Lagoa do Jacaré, Urucuia, Depósitos aluvionares antigos, Santa Fé, Lagoa do Jacaré, calcário, Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas, Paraopeba, calcário, Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas, Três Marias, Areado, Serra de Santa Helena, Mata da Corda, Paraopeba, Depósitos Aluvionares e Drenagem A Tabela 4.61 apresentada abaixo indica os percentuais de

distribuição de cada uma das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IIIb.

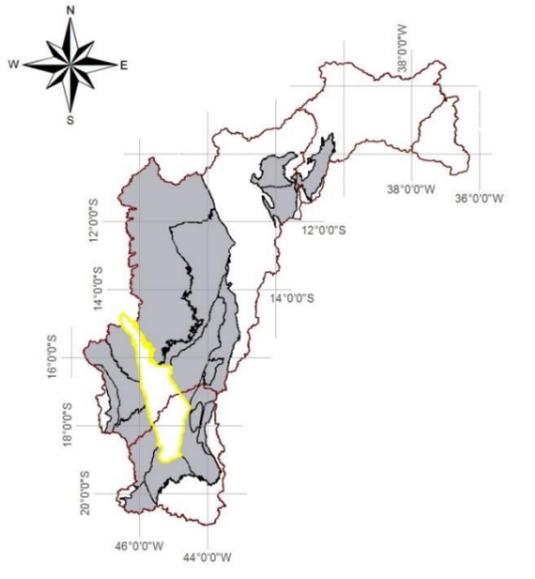
A seguir, no item relativo aos resultados de cada uma dessas estações/bacias, estão indicados cada um dos valores encontrados para os distintos tipos litológicos.



Mapas de localização



Mapa de domínios de ocorrência de unidades carbonáticas



Legenda

- ◆ Estação fluviométrica
 - Sedes municipais
 - Zonas de descarga local
 - Zonas de descarga intermediária
- Subdomínio**
- IIIB (Grupo Bambuí indeformado a parcialmente deformado)
- Limite da bacia hidrográfica**
- Arinos - Montante
 - Cachoeira das Almas
 - Fazenda Carvalho
 - Fazenda Umburana - Montante
 - Lagoa das Pedras
 - Ponte do Bicudo
 - Porto Alegre
 - Santo Inácio
 - Vila Urucuia
 - Várzea da Palma

Figura 4.33: Mapa de localização das 10 bacias hidrográficas consideradas nos cálculos de recarga do Subdomínio IIIB.

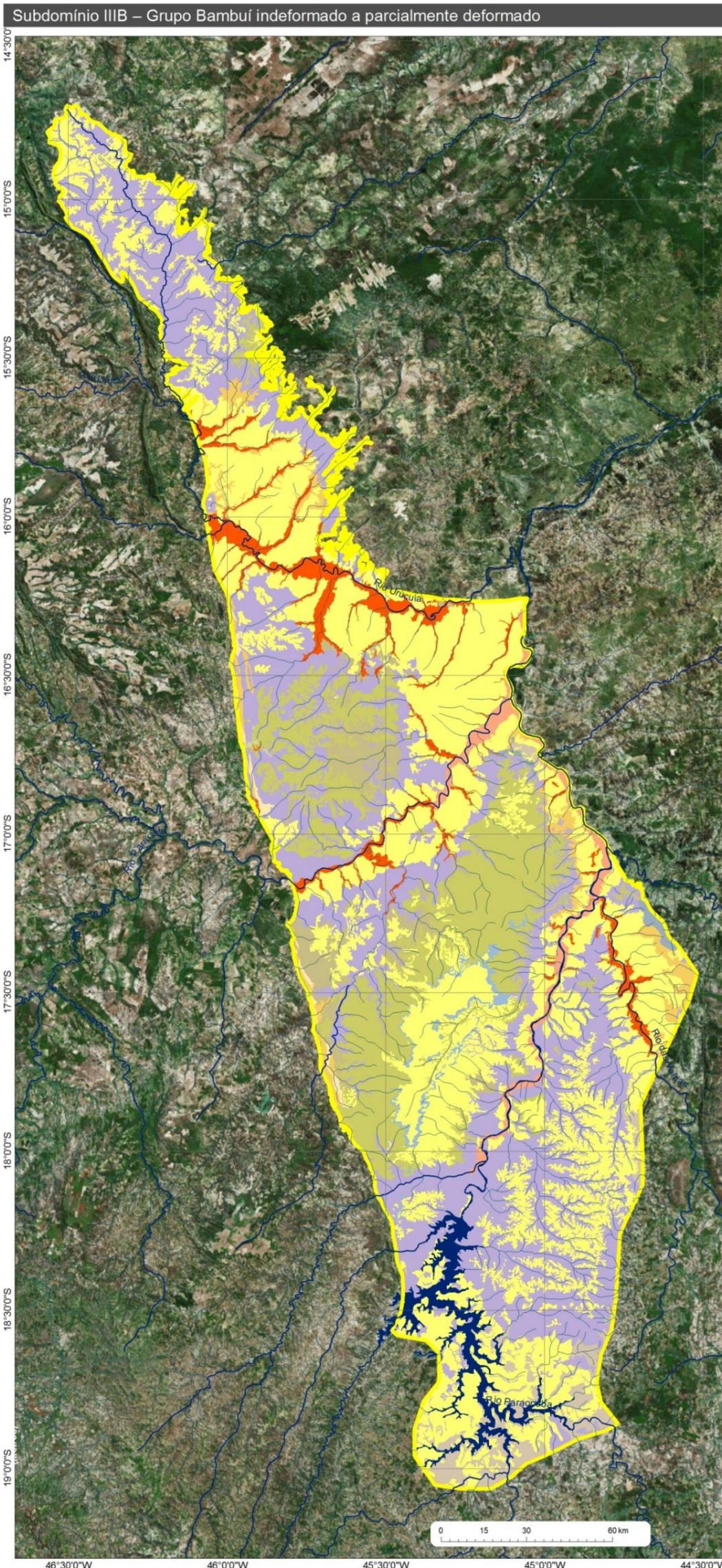
Tabela 4.61 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Subdomínio IIIb.

GEOLOGIA DO SUBDOMÍNIO IIIb			
Unidade Geológica	Área (km ²)	%	Tipologia Litológica
Lagoa do Jacaré	70,84	0,20	Calcarenito, Siltito, Marga
Urucuia	22,49	0,06	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado
Depósitos aluvionares antigos	581,84	1,65	Depósitos de argila, Depósitos de areia, Depósitos de cascalho
Santa Fé	1124,41	3,19	Arenito, rocha pelítica, Diamictito
Lagoa do Jacaré, calcário	28,83	0,08	Calcário, Marga, Siltito
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	10234,19	20,01	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila
Paraopeba, calcário	130,55	0,37	Calcário
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	3254,78	9,22	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho
Três Marias	10899,97	30,89	Arcóseo, Argilito, Siltito
Areado	4761,32	13,49	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito
Serra de Santa Helena	1015,01	2,88	Siltito, Folhelho, Marga
Mata da Corda	230,87	0,65	Arenito, Tufo lapíli, Rocha vulcânica
Paraopeba	793,00	2,25	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga
Depósitos aluvionares	1332,18	3,78	Areia, Argila, Cascalho, Silte
Drenagem	802,43	2,27	-
Total	35282,71	100,00	

O mapa da Figura 4.34 mostra a distribuição dos tipos de rocha existentes no interior do Subdomínio IIIb, bem como sua inserção na bacia do rio São Francisco.

4.2.5.4.1 Resultados

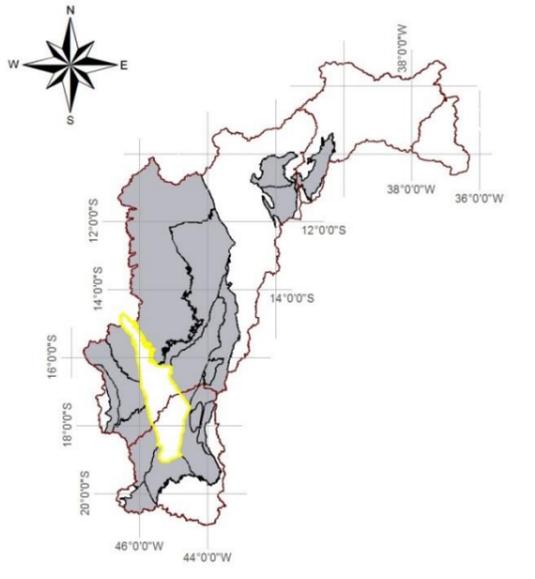
De posse da análise dos hidrogramas de cada um das oito estações fluviométricas, pôde-se levantar os quantitativos referentes às descargas subterrâneas para cada tipologia litológica, bem como os valores médios de recarga anual e seus respectivos percentuais, quando considerada a média pluviométrica obtida pelas isoietas distribuídas em 10 estações no e em torno do subdomínio IIIb. Esses valores ainda poderão sofrer ajustes quando da identificação e análise de subdomínios vizinhos, quando avaliadas as outras estações existentes.



Mapas de localização



Mapa de domínios de ocorrência de unidades carbonáticas



Legenda

- Sedes municipais
 - Zonas de descarga local
 - Zonas de descarga intermediária
- Subdomínio**
- IIIB (Grupo Bambuí indeformado a parcialmente deformado)
- Unidades Geológicas**
- Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas
 - Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas
 - Depósitos aluvionares
 - Depósitos aluvionares antigos
 - Grupo Urucua
 - Grupo Areado
 - Grupo Mata da Corda
 - Grupo Santa Fé
 - Subgrupo Paraopeba
 - Subgrupo Paraopeba, calcário
 - Formação Lagoa do Jacaré, calcário
 - Formação Lagoa do Jacaré
 - Formação Serra de Santa Helena
 - Formação Três Marias

Figura 4.34: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IIIB.

Os hidrogramas de cada estação de interesse, os quais serviram para caracterizar os volumes médios que representam as descargas oriundas dos aquíferos, permitem visualizar os traçados que representam os filtros adotados nos procedimentos metodológicos (Eckardt, 2005) e servem ainda para identificar os volumes médios de referência (Filtros A e B) adotados como o valor de base assumido para o escoamento subterrâneo (recarga), considerando-se todo o período de medição de descargas de cada estação.

Considerando-se que cada tipologia litológica apresenta uma determinada característica hidrogeológica, ou seja, suas propriedades físicas intrínsecas permitem que sua capacidade de armazenamento de água seja variável (entre distintos tipos de rocha), o conjunto de rochas presentes numa dada bacia hidrográfica vai definir o potencial médio de água capaz de ser liberada no tempo, e no espaço físico da bacia hidrográfica, o que, por sua vez, definirá o volume de descarga específica média numa dada seção fluviométrica e, também, se for o caso, por tipologia litológica. Por isso, a análise ano a ano de cada hidrograma, segundo o método de aplicação de filtros para separação dos escoamentos superficial e subterrâneo revela-se como ferramenta importante para o reconhecimento dessas descargas específicas médias, numa dada seção de interesse.

Os resultados finais de descarga subterrânea específica obtidos em cada estação são apresentados nas Tabelas 4.62 a 4.71 a seguir.

Tabela 4.62 – Áreas e valores de vazão para a estação Arinos – Montante.

Estação Arinos – Montante	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Paranoá	Metarenito arcoseano, Rocha metapelítica, Rocha pelítica	222,507	1,893	5,068	1127,580	5,676
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	631,929	5,375	11,358	7177,715	
Santa Fé	Arenito, Rocha pelítica, Diamictito	0,688	0,006	10,485	7,211	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	1330,173	11,314	8,213	10924,726	
Paraopeba, calcário	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	34,502	0,293	8,737	301,454	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	2542,482	21,625	9,436	23991,436	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	5002,790	42,552	2,097	10490,545	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	130,912	1,113	10,485	1372,568	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	1327,234	11,289	5,068	6725,896	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	203,497	1,731	12,582	2560,322	
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	39,168	0,333	10,198	399,447	
Serra da saudade	Siltito, Argilito, Arenito, Rocha pelítica	47,363	0,403	1,889	89,448	
Paranoá – Unidade rítmica Quartzítica intermediária	Metassiltito, Siltito argiloso, Metargilito	35,784	0,304	5,477	195,984	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	63,643	0,541	6,421	408,665	
Serra Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	18,561	0,158	1,889	35,053	
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	Metargilito, Metassiltito, Ardósia, Mármore	125,096	1,064	9,443	1181,273	
Drenagem		0,624	0,05	0,000	0,000	

Tabela 4.63 – Áreas e valores de vazão para a estação Cachoeira das Almas.

Estação Cachoeira das Almas	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Santa Fé	Arenito, Rocha pelítica, Diamictito	124,846	2,964	6,161	769,117	5,025
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	106,155	2,520	4,235	449,606	
Paraopeba, calcário	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	59,863	1,421	4,813	287,117	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	327,249	7,770	4,620	1512,021	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	456,910	10,848	1,155	527,777	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	2981,508	70,790	5,776	17219,702	
Mata da Corda	Arenito, Tufo lapíli, Rocha vulcânica	58,705	1,394	1,733	101,716	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	96,555	2,292	3,080	297,414	

Tabela 4.64 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Carvalho.

Estação Fazenda Carvalho	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Paranoá	Metarenito arcoseano, Rocha metapelítica, Rocha pelítica	75,015	2,377	5,736	430,270	6,707
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	55,303	1,752	9,296	514,086	
Paraopeba, calcário	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	15,723	0,498	9,889	155,486	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	1274,635	40,381	11,867	15126,209	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	1504,201	47,654	2,373	3570,098	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	231,607	7,338	5,934	1374,253	

Tabela 4.65 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Umburana – Montante.

Estação Fazenda Umburana – Montante	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	3234,562	47,448	2,595	8394,830	1,992
Jequitaiá	Diamictito, Arenito, Carvito, Tilito	289,434	4,246	1,254	363,072	
Macaúbas indiviso - Quartzito	Quartzito, Metassiltito	34,439	0,505	1,254	42,201	
Galho do Miguel	Argilito	953,187	13,982	0,519	494,772	
Santa Rita	Metassiltito, Filito	93,597	1,373	1,254	117,410	
Duas Barras	Metarenito, Metaconglomerado	1,047	0,015	1,254	1,313	
Córrego dos Borges	Filito, Metaconglomerado	193,236	2,835	0,303	58,510	
Lagoa do Jacaré, calcário	Calcário, Marga, Siltito	563,375	8,264	2,163	1218,465	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	281,458	4,129	2,033	572,212	
Macaúbas Indiviso - Metassiltito	Metassiltito, Xisto, Quartzito	32,150	0,472	1,038	33,376	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	586,043	8,597	2,595	1520,988	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	52,232	0,766	0,649	33,890	
Sopa-Brumadinho	Metaconglomerado, Arenito, Rocha pelítica	19,212	0,282	1,298	24,931	
Serra de Santa Helena	Siltito, folhelho, Marga	66,395	0,974	0,433	28,720	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	349,604	5,128	1,254	438,551	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	67,041	0,983	3,460	231,993	

Tabela 4.66 – Áreas e valores de vazão para a estação Lagoa das Pedras.

Estação Lagoa das Pedras	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	195,568	1,607	6,497	1270,587	7,914
Sete Lagoas – fácies 1	Argilito, Silexito, Ritmito, Marga	733,467	6,025	3,119	2287,334	
Granito Correntina	Quartzo monzonito, Granodiorito, Monzonito, Granito	11,584	0,095	2,079	24,083	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	52,051	0,428	4,418	229,956	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito	9570,330	78,620	8,446	80830,952	
Depósitos aluvionares antigos	Depósitos de argila, Depósitos de areia, Depósitos de cascalho	0,542	0,004	9,356	5,073	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	5,446	0,045	6,107	33,261	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	785,650	6,454	7,796	6125,169	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	212,250	1,744	1,949	413,691	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	153,711	1,263	8,446	1298,241	
Serra de Santa Helena	Siltito, folhelho, Marga	97,846	0,804	1,559	152,568	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	2,116	0,017	3,638	7,699	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	352,402	2,895	10,395	3663,245	

Tabela 4.67 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte do Bicudo.

Estação Ponte do Bicudo	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Jequitaiá	Diamictito, Arenito, Carvito, Tilito	11,132	0,547	3,298	36,715	3,311
Córrego dos Borges	Filito, Metaconglomerado	11,427	0,562	1,374	15,703	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	506,304	24,902	6,459	3270,243	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	67,110	3,301	8,246	553,362	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Silito	408,300	20,081	1,649	673,334	
Serra de Santa Helena	Silito, folhelho, Marga	1026,148	50,469	1,539	1579,423	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Silito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	2,800	0,138	4,123	11,544	

Tabela 4.68 – Áreas e valores de vazão para a estação Porto Alegre.

Estação Porto Alegre	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	32,062	0,078	8,926	286,181	5,501
Santa Fé	Arenito, Rocha pelítica, Diamictito	565,099	1,373	8,239	4655,939	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	10615,935	25,793	6,454	68515,306	
Paraopeba, calcário	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	564,035	1,370	6,866	3872,643	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	2130,308	5,176	8,239	17551,944	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	3806,541	9,248	1,648	6272,536	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	6187,411	15,033	8,239	50979,047	
Mata da Corda	Arenito, Tufo lapíli, Rocha vulcânica	1090,230	2,649	0,824	898,258	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	6462,876	15,702	3,845	24849,369	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	1862,586	4,525	9,887	18415,366	
Vazante – Unidade A	Ardósia, Foscorito	2806,237	6,818	4,182	11734,445	
Vazante – Unidade B	Calcário dolomito, Chert, Foscorito, Rocha metapelítica	1110,752	2,699	9,805	10890,960	
Paracatu	Sericita filito carbonoso	2994,118	7,275	1,154	3453,813	
Paraopeba, arenito	Arenito, Siltito	224,970	0,547	3,320	746,969	

Tabela 4.68 – Áreas e valores de vazão para a estação Porto Alegre – Continuação.

Estação Porto Alegre	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	0,237	0,001	9,344	2,217	
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito	2,480	0,006	1,730	4,291	
Paranoá	Metarenito arcoseano, Rocha metapelítica	135,528	0,329	4,845	656,617	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica	12,421	0,030	5,883	73,072	
Serra do Landim	Filito, Sericita filito carbonoso	134,045	0,326	5,018	672,623	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho	0,869	0,002	1,730	1,504	
Paranoá 1 – Conglomerática Rítmica Quartzítica inferior	Conglomerado oligomítico, Metarrimito	0,062	0,000	7,613	0,469	
Paranoá 2 – Siltico Ardosiana	Filito, Mármore, Metassiltito	44,548	0,108	8,305	369,994	
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	Metargilito, Metassiltito	89,976	0,219	8,652	778,435	
Paranoá 3 – Rítmica Quartzítica Intermediária	Metassiltito, Siltito argiloso	58,282	0,142	9,344	544,571	
Drenagem	Drenagem	12,608	0,031	0,000	0,000	
Canastra Indiviso	Filito, Xisto, Sericita xisto, Grafita xisto, Metarenito	214,518	0,521	3,579	767,751	

Tabela 4.69 – Áreas e valores de vazão para a estação Santo Inácio

Estação Santo Inácio	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	1987,696	8,366	7,529	14965,705	4,571
Santa Fé	Arenito, Rocha pelítica, Diamictito	417,991	1,759	7,529	3147,128	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	3677,002	15,476	5,444	20018,224	
Paraopeba, calcário	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	265,513	1,118	5,792	1537,766	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	5140,196	21,635	6,950	35724,380	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	7943,509	33,434	1,390	11041,485	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	593,671		6,718	3988,483	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	2096,327	8,823	3,012	6313,440	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	1073,906	4,520	9,267	9951,538	
Paranoá	Metarenito arcoseano, Rocha metapelítica	232,783	0,980	3,749	872,785	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	63,793	0,268	4,396	280,420	
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	39,168	0,165	10,198	399,447	
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito	47,363	0,199	1,889	89,448	
Paranoá 3 – Rítmica Quartzítica Intermediária	Metassiltito, Siltito argiloso, Metargilito	35,784	0,151	5,477	195,984	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	18,561	0,078	1,889	35,053	
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	Metargilito, Metassiltito, Ardósia, Mármore	125,096	0,527	9,443	1181,273	
Drenagem		0,624	0,003	0,000	0,000	

Tabela 4.70 – Áreas e valores de vazão para a estação Vila Urucuia.

Estação Vila Urucuia	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Paranoá	Metarenito arcoseano, Rocha metapelítica, Rocha pelítica	232,783	1,259	3,749	872,785	4,788
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	63,793	0,345	4,396	280,420	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	1584,703	8,568	8,404	13317,388	
Santa Fé	Arenito, Rocha pelítica, Diamictito	40,789	0,221	7,757	316,415	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	2832,286	15,313	6,077	17210,469	
Paraopeba, calcário	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	87,871	0,475	6,464	568,033	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	4258,852	23,026	4,983	29733,359	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	6430,893	34,769	1,551	9977,235	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	263,506	1,425	7,757	2044,086	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	1738,486	9,399	3,879	6742,952	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	695,352	3,759	9,309	6472,841	
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	39,168	0,212	10,198	399,447	
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito	47,363	0,256	1,889	89,448	
Paranoá 3 – Rítmica Quartzítica Intermediária	Metassiltito, Siltito argiloso, Metargilito	35,784	0,193	5,477	195,984	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	18,561	0,100	1,889	35,053	
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	Metargilito, Metassiltito, Ardósia, Mármore	125,096	0,676	8,443	1181,273	
Drenagem		0,624	0,003	0,000	0,000	

Tabela 4.71 – Áreas e valores de vazão para a estação Várzea da Palma.

Estação Várzea da Palma	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	1181,380	4,455	10,673	12609,343	4,915
Jequitaiá	Diamictito, Arenito, Carvito, Tilito	218,307	0,823	5,569	1215,691	
Galho do Miguel	Argilito	2342,320	8,833	6,497	15217,714	
Córrego Bandeira	Filito, Metassiltito	143,545	0,541	1,856	266,455	
Costa Sena	Xisto, Granito, Gnaisse, Metavulcânica máfica, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	228,096	0,860	3,248	740,953	
Santa Rita	Metassiltito, Filito	539,200	2,033	2,320	1251,109	
São João da Chapada		89,672	0,338	6,497	582,586	
Macaúbas, indiviso	Metadiamictito	409,279	1,543	4,641	1899,306	
Córrego dos Borges	Filito, Metaconglomerado	778,804	2,937	2,320	1807,064	
Córrego Pereira	Mica quartzito, Quartzito	308,566	1,164	6,729	2076,303	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	1739,909	6,561	10,905	18974,463	
Gouveia	Granitóide, Gnaisse	428,453	1,616	3,248	1391,798	
Rio Pardo Grande	Metassiltito	151,070	0,570	3,712	560,846	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	481,037	1,814	13,922	6696,918	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	820,268	3,093	2,784	2283,928	
Sopa-Brumadinho	Metaconglomerado, Arenito, Rocha pelítica	593,261	2,237	7,889	4680,256	
Serra de Santa Helena	Siltito, folhelho, Marga	10045,964	37,884	2,599	26106,868	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	179,454	0,677	6,961	1249,163	
Soleiras e diques máficos	Metadiabásico	135,988	0,513	1,392	189,320	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	76,617	0,289	16,706	1279,972	
Macaúbas indiviso - Quartzito	Quartzito, Metassiltito	70,933	0,276	3,780	268,138	
Lagoa do Jacaré, calcário	Calcário, Marga, Siltito	144,368	0,544	7,875	1136,957	
Macaúbas indiviso - Metassiltito	Metassiltito, Xisto, Quartzito	2,984	0,011	4,095	12,221	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	245,005	0,924	10,941	2680,545	
Cauê	Itabirito, Dolomito, Filito	93,785	0,354	17,323	1624,622	
Sabará	Xisto, Metagrauvaca, Metatufo	132,062	0,498	2,636	348,126	
Cercadinho	Quartzito ferruginoso, Filito, Dolomito	64,758	0,244	12,051	780,382	
Nova Lima, associação resedimentada	Metarenito, Rocha metapelítica, Metagrauvaca, Rocha calcissilicática	718,278	2,709	6,025	4327,855	
Lagoa do Jacaré, Siltito	Siltito, Calcário, ardósia, Argilito	19,800	0,075	8,285	164,043	
Rochas metaultramáficas	Rocha metaultramáfica, Rocha metamáfica	2,046	0,008	3,013	6,163	
Lagoa Santa	Calcarenito, Calcissiltito, Milonito, Brecha, Marga	404,743	1,526	21,842	8840,308	
Associação química-pelítica-Nova Lima	Rocha metapelítica, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	45,927	0,173	4,218	193,706	
Caraça	Filito, Metaconglomerado	135,896	0,512	4,519	614,114	

Tabela 4.71 – Áreas e valores de vazão para a estação Várzea da Palma – Continuação.

Estação Várzea da Palma	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Gandarela	Dolomito, Mármore, Itabirito, Filito	60,845	0,229	15,063	916,523	
Depósitos aluvionares e coluviais	Conglomerado, Arenito conglomerático, Arenito, Diamictito, Lamito	5,702	0,022	27,114	154,602	
Pedro Leopoldo	Calcissilito, Micrito, Milonito, Marga, Calcarenito, Mármore calcítico	225,342	0,850	15,063	3394,390	
Caeté	Granito, Granito gnaisse, Granodiorito	284,503	1,073	5,272	1499,945	
Itabira	Itabirito, Dolomito, Xisto, Filito	35,259	0,133	15,063	531,121	
Belo Horizonte	Gnaisse, Granodiorito, Migmatito	1595,790	6,018	5,272	8413,259	
Nova Lima, associação vulcânica máfica-ultramáfica	Serpentinito, Metagabro	232,865	0,878	3,013	701,54	
Piracicaba	Filito, Dolomito, Xisto	182,762	0,689	3,766	688,251	
Coelho	Granito	3,005	0,011	5,272	15,842	
Cambotas	Filito, Xisto, Quartzito ferruginoso, Metaconglomerado	11,338	0,043	6,025	68,313	
Santa Luzia	Monzonito	3,937	0,015	6,025	23,722	
Nova Lima, associação vulcanoclástica	Metagrauvaca, Rocha metapelítica, Aglomerado, Tufo lapíli, Metaconglomerado, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	63,407	0,239	7,532	477,559	
Santa Paula		1,384	0,005	0,000	0,000	
General Carneiro	Granito	5,036	0,019	5,272	26,550	
Maquiné, associação aluvionar	Metaconglomerado	101,092	0,381	8,285	837,530	
Itacolomi	Filito, Metaconglomerado	1,833	0,007	4,519	8,285	
Maquiné, associação costeira	Rocha metapelítica, Metagrauvaca, Metarenito, Metaconglomerado	3,815	0,014	9,791	37,349	
Fecho do Funil	Filito, Dolomito, Quartzito, Mármore dolomítico	45,395	0,171	5,272	239,330	
Bonfim	Gnaisse	0,158	0,001	6,025	0,950	
Tabuões	Quartzito	18,902	0,071	9,038	170,840	
Bação	Granito, Granodiorito	409,009	1,543	6,025	2464,410	
Samambaia	Tonalito	0,006	0,000	6,025	0,036	
Nova Lima	Xisto, Rocha metamáfica, Metagrauvaca, Calcissilito, Formação ferrífera bandada (BIF'S), Metachert, Rocha metaultramáfica	27,175	0,102	3,766	102,336	
Drenagem		6,478	0,024	0,000	0,000	
Pedro Lessa	Metagabro	41,954	0,158	3,371	141,442	
Campo Sampaio	Rocha metapelítica	90,406	0,341	6,743	609,587	
Pedro Pereira	Rocha metamáfica, Xisto, Rocha metaultramáfica, Metavulcânica félsica, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	2,319	0,009	4,720	10,947	
Itambé do Mato Dentro	Filito, Metaconglomerado	7,906	0,030	6,068	47,980	
Rio Preto – Nível fosfatado	Quartzito, Sericita xisto	6,570	0,025	8,091	53,163	
Serra do Lobo	Metaconglomerado	68,827	0,260	8,091	556,903	
Rio Preto	Xisto	2,298	0,009	4,720	10,847	
Sopa-Brumadinho, formação ferrífera	Formação ferrífera bandada (BIF'S), Quartzito	0,286	0,001	16,857	4,995	

4.2.5.4.2 Considerações finais

Diante dos valores encontrados para as recargas dos aquíferos contidos no Subdomínio IIIb, verifica-se a partir da Tabela 3.38, apresentada a seguir, que o valor médio da Vazão subterrânea específica de 7,96 L/s.km². E em termos médios anuais, a média geral da Recarga média anual para o Subdomínio IIIb corresponde cerca de 234,31 mm/ano.

Tabela 4.72 – Resultados de recarga encontrados para o Subdomínio IIIb.

Unidade	Área (km ²)	Vazão mínima ponderada por litologia (L/s)	Vazão subterrânea específica média (L/s.km ²)	Recarga média anual (mm/ano)
Lagoa do Jacaré	70,84	712,42	10,06	317,13
Urucuia	22,49	214,68	9,55	301,03
Depósitos aluvionares antigos	581,84	9862,65	16,95	534,56
Santa Fé	1124,41	8654,40	7,70	242,73
Lagoa do Jacaré, calcário	28,83	356,24	12,36	389,70
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	10234,19	46000,10	4,49	141,75
Paraopeba, calcário	130,55	783,00	6,00	189,14
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	3254,78	37946,94	11,66	367,67
Três Marias	10899,97	28252,83	2,59	81,14
Areado	4761,32	41888,30	8,80	277,44
Serra de Santa Helena	1015,01	2532,15	2,49	78,67
Mata da Corda	230,87	968,92	4,20	132,35
Paraopeba	793,00	4004,33	5,05	159,24
Depósitos aluvionares	1332,18	12737,67	9,56	301,53
Drenagem	802,43	0,00	0,00	0,00
				234,31

4.2.5.5 Zoneamento da exploração no Subdomínio IIIb

O zoneamento da exploração é considerado fundamental para a gestão do aquífero e para cumprir essa finalidade foi adotado o seguinte procedimento:

- O ponto de partida para o *zoneamento da exploração* foi a inserção da área do Subdomínio IIb, em estudo, no interior de um retângulo compreendido entre os paralelos de 44°30'W e 47°W e entre os meridianos de 14°30'S e 19°30'S, no qual foi feita uma partição em células quadradas de 15" de lado, com área aproximadamente de 3.025 km² (55 km x 55 km), conforme Figura 4.35. Globalmente, o Subdomínio IIb, com área de 35.187,5 km², foi recoberto por 24 células com áreas variáveis de 10,9 a 2.942,3 km².
- Foi então realizado um balanço tendo como vazão de entrada em cada célula a recarga média avaliada por sub-bacia (Tabela 3.41) e como descarga de saída, a vazão informada no cadastro de usuários realizado em 2014 na área do projeto. Verificou-se que o número de poços existentes em condições de operação em cada célula varia bastante estando concentrados principalmente nas células S07, T07 e V06. Isto permitiu obter o mapa de zoneamento da exploração do aquífero em 2014 (Figura 4.35). Esse mapa revela que em todas as células há excedente hídrico e que as retiradas são bem inferiores à recarga.
- Essa conclusão baseada em vazão informada sugere que não há motivos para preocupação nesse subdomínio, notadamente porque a julgar pelo índice de concentração de poços, o resultado é consistente com a realidade.
- Neste sentido, não há prioridade para implementação de um programa de monitoramento automático de níveis e descargas de poços neste subdomínio.

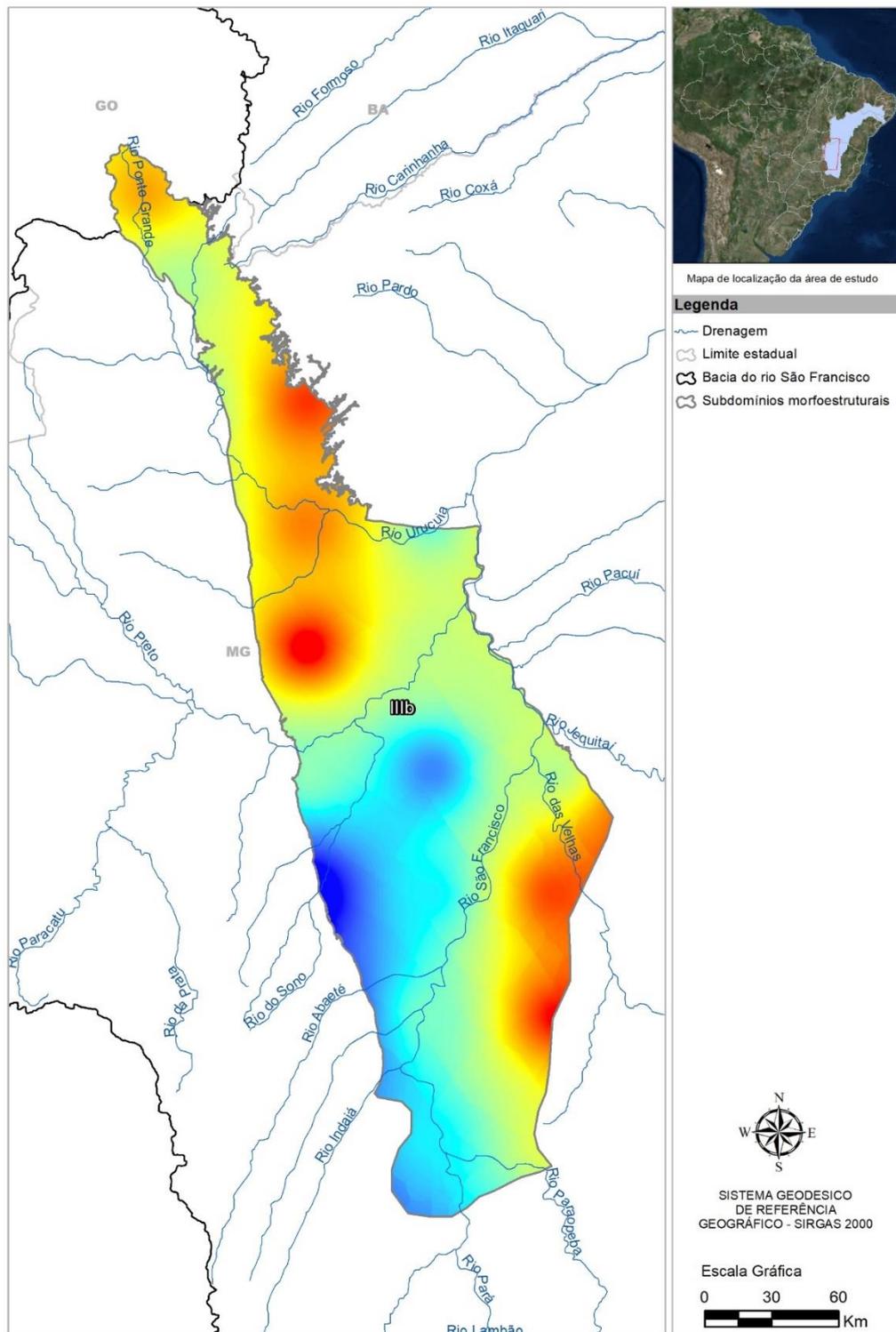


Figura 4.35: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Subdomínio IIIb, com excedente hídrico.

Tabela 4.73 – Balanço entre recarga natural e vazão explorada no subdomínio IIIb.

Célula	x	y	Area km ²	Número de Poços	Recarga m ³ /dia	Produção Estimada m ³ /dia	Saldo m ³ /dia
N04	-46,401	-14,895	648,8	16	714.506	2.917	711.589
O03	-46,75	-15,25	10,9	0	6.592	0	6.592
O04	-46,25	-15,25	1.745,4	7	798.219	1.281	796.938
O05	-45,75	-15,25	255,5	0	91.042	0	91.042
P04	-46,25	-15,75	631,9	13	316.060	1.936	315.124
P05	-45,75	-15,75	1.629,4	24	424.924	7.337	416.587
Q04	-46,25	-16,25	124,2	3	62.476	541	61.935
Q05	-45,75	-16,25	2.655,2	47	89.781	11.070	798.711
Q06	-45,25	-16,25	1.251,1	14	630.946	5.810	625.136
R05	-45,75	-16,75	2.616,8	5	578.988	961	578.026
R06	-45,25	-16,75	2.733,4	23	1.233.012	2.706	1.230.306
R07	-44,75	-16,75	246,7	0	123.623	0	123.623
S05	-45,75	-17,25	1.771,6	17	863.116	5.367	856.748
S06	-45,25	-17,25	2.942,3	6	1.756.321	932	1.756.389
S07	-44,75	-17,25	2.017,6	106	944.072	27.744	915.327
T05	-45,75	-17,75	1.084,1	1	804.885	72	804.813
T06	-45,25	-17,75	2.934,4	17	1.580.311	5.339	1.574.972
T07	-44,75	-17,75	2.121,9	70	588.712	17.605	571.107
U05	-45,75	-18,25	80,3	1	63.032	67	62.965
U06	-45,25	-18,25	2.791,3	37	1.392.800	6.199	1.386.601
U07	-44,75	-18,25	1.525,9	3	371.497	171	371.326
V06	-45,25	-18,75	2.258,4	72	1.230.768	12.154	1.217.614
V07	-44,75	-18,75	934,1	53	392.939	14.390	377.549
W06	-45,25	-19,25	176,2	0	107.358	0	107.358

4.2.6 Reservas, potencialidades e exploração

As conceituações de reservas, potencialidades e exploração encontram-se nos tópicos 1.2, 1.3 e 1.4 do Capítulo 1.

4.2.6.1 Reservas permanentes

As reservas permanentes do Subdomínio IIIb do Domínio III – Grupo Bambuí Pouco Deformado foram avaliadas de acordo com o exposto nos itens 1.2.1, e 1.2.2 do Capítulo 1 do presente relatório. A Tabela 4.74 a seguir sintetiza os valores utilizados e os resultados obtidos.

Tabela 4.74 – Reserva permanente do Subdomínio IIIb

Subdomínio IIIb do Domínio III								
Unidade Geológica	Área (km ²)	%	Litologia predominante	P (m)	NE (m)	μ _e	b (m)	RP (hm ³)
Serra de Santa Helena	3979,24	51,43	Siltito, Folhelho, Marga	84,00	9,00	0,030	75,00	8.953,29
Paraopeba	3757,23	48,57	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	82,00	12,00	0,070	70,00	18.410,43
Total	7.736,47	100,00						27.363,72

P = prof. média dos poços NE = nível est. médio μ = poros efetiva b = espes. saturada média RP = Res. Perman.

4.2.6.4 Exploração

O conceito de exploração de água subterrânea, aqui adotado, é discutido no item 1.4 do presente relatório.

Uma análise bastante detalhada da produção dos poços do Subdomínio IIIb foi apresentada acima no item 4.2.5.3. Os números obtidos nessa análise serão aqui reproduzidos.

4.2.6.4.1 Exploração efetiva

A exploração efetiva é avaliada em 26.271,59 m³/dia ou 9,6 hm³/ano para um regime médio de 6,56 horas/dia de bombeamento.

4.2.6.4.2 Exploração instalada

Considerando-se regime de bombeamento contínuo, chega-se a uma exploração instalada de 35,1 hm³/ano.

4.3 Subdomínio IIIc

Abrange a área de predominância das rochas do Grupo Urucuia, no norte de Minas e toda a área do extremo sudoeste e noroeste da Bahia. Na área, as rochas carbonáticas estão em profundidade, não havendo evidências de estruturas cársticas em superfície.

4.3.1 Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação

Neste item tem-se o levantamento do uso do solo, das estruturas cársticas e das fontes de contaminação realizado para a área regional, conforme descrito no capítulo de Metodologia, e recortados aqui para o Subdomínio IIIc.

Na Tabela 4.73 tem-se as fontes contaminantes do Subdomínio IIIc.

Tabela 4.73 – Fontes contaminantes do Subdomínio IIIc.

Subdomínio IIIc – Fontes contaminantes	
Cemitério	15
Indústria	5
Lixão / Aterro sanitário	1
Posto de combustível	45
Total:	66

O quantitativo de estruturas cársticas para o subdomínio IIIc foi de 8 cavidades e 810 dolinas, e estão exibidas na Figura 4.36.

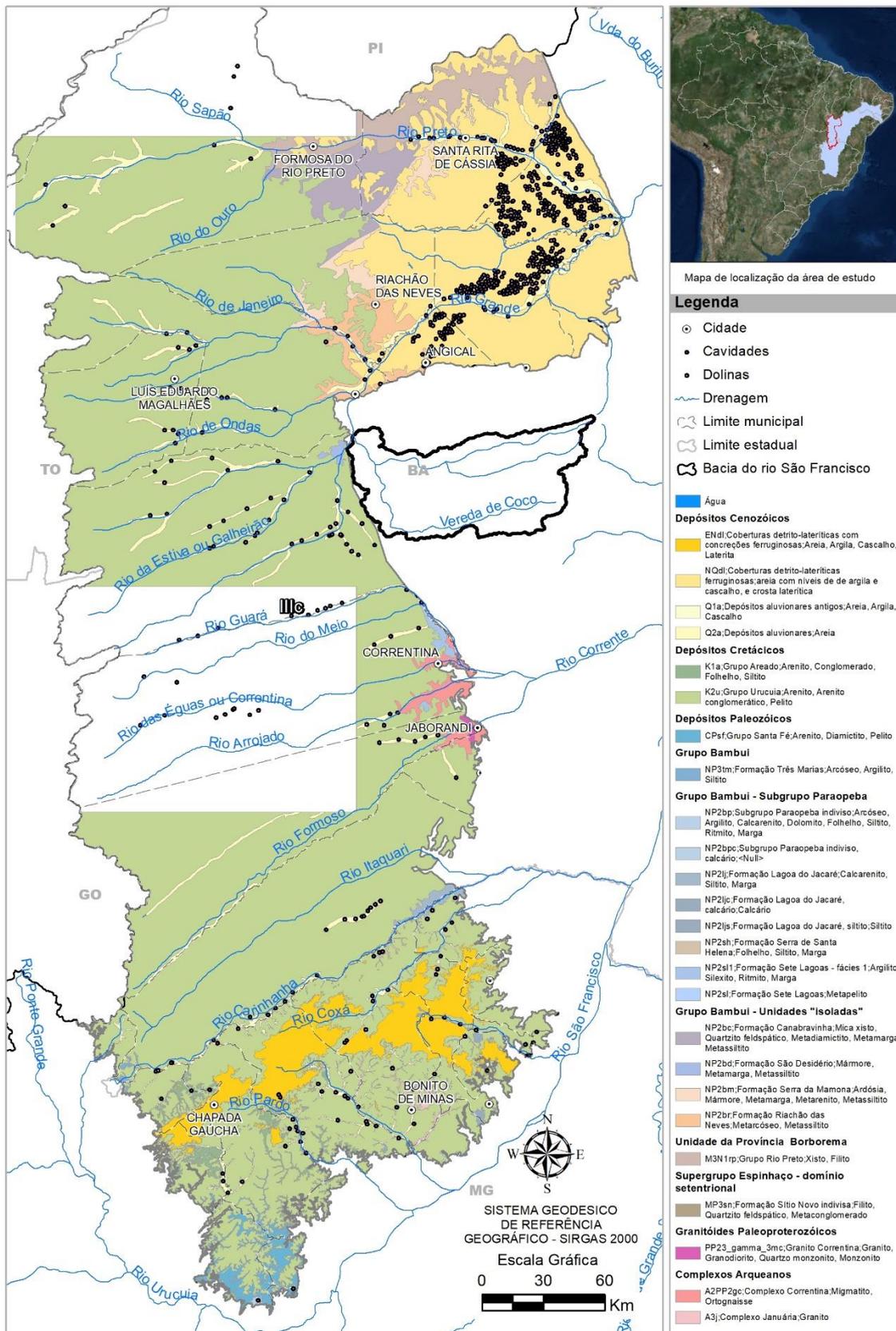


Figura 4.36: Mapa de estruturas cársticas do Subdomínio Ilc.

As áreas das diferentes classes de uso do solo do subdomínio IIIc são quantificadas conforme mostrado na Tabela 4.74.

Tabela 4.74 – Áreas de uso do solo do Subdomínio IIIc.

Classes de uso do solo	Área em km ²
Área urbanizada	25,36
Campestre	53079,06
Corpo d'água continental	46,29
Florestal	40598,40
Lavoura temporária	16307,96
Sem informação	220,43
Total:	19.277,50

A distribuição percentual das áreas das classes de uso do solo no subdomínio IIIc é mostrada na Figura 4.37.

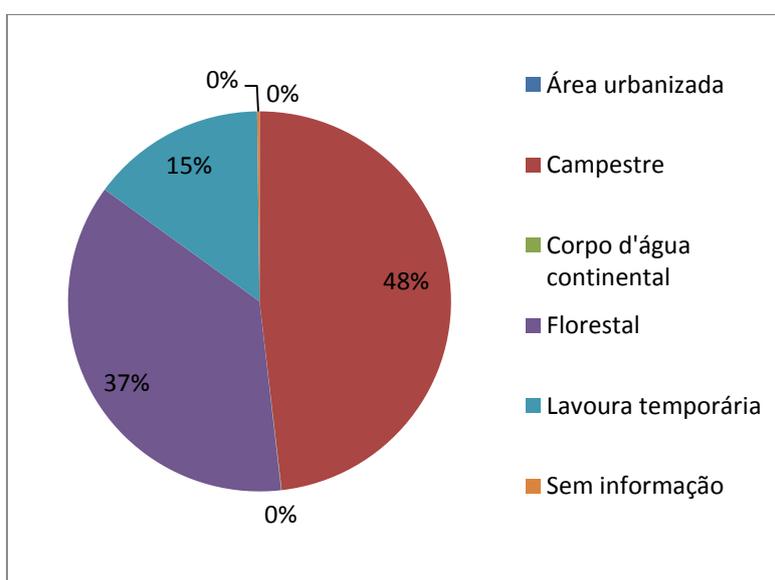


Figura 4.37: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Subdomínio IIIc.

A maior porcentagem encontra-se na classe Campestre, com 48% da área total de 110.277,50 km², ou seja, 53.079,06 km² de área; em seguida, a maior área foi identificada como Florestal com 37% ou 40.598,40 km²; a classe Lavoura Temporária representa 15% ou 16.307,96 km²; as demais classes, como Corpo de Água Continental, Área Urbanizada e Sem Informação, representam valor menor que 1%, respectivamente com 46,29 km², 25,36 km² e 220,43 km².

O mapa do uso do solo acrescido dos possíveis pontos de contaminação e estruturas cársticas, para o subdomínio IIIc, pode ser observado na Figura 4.38.

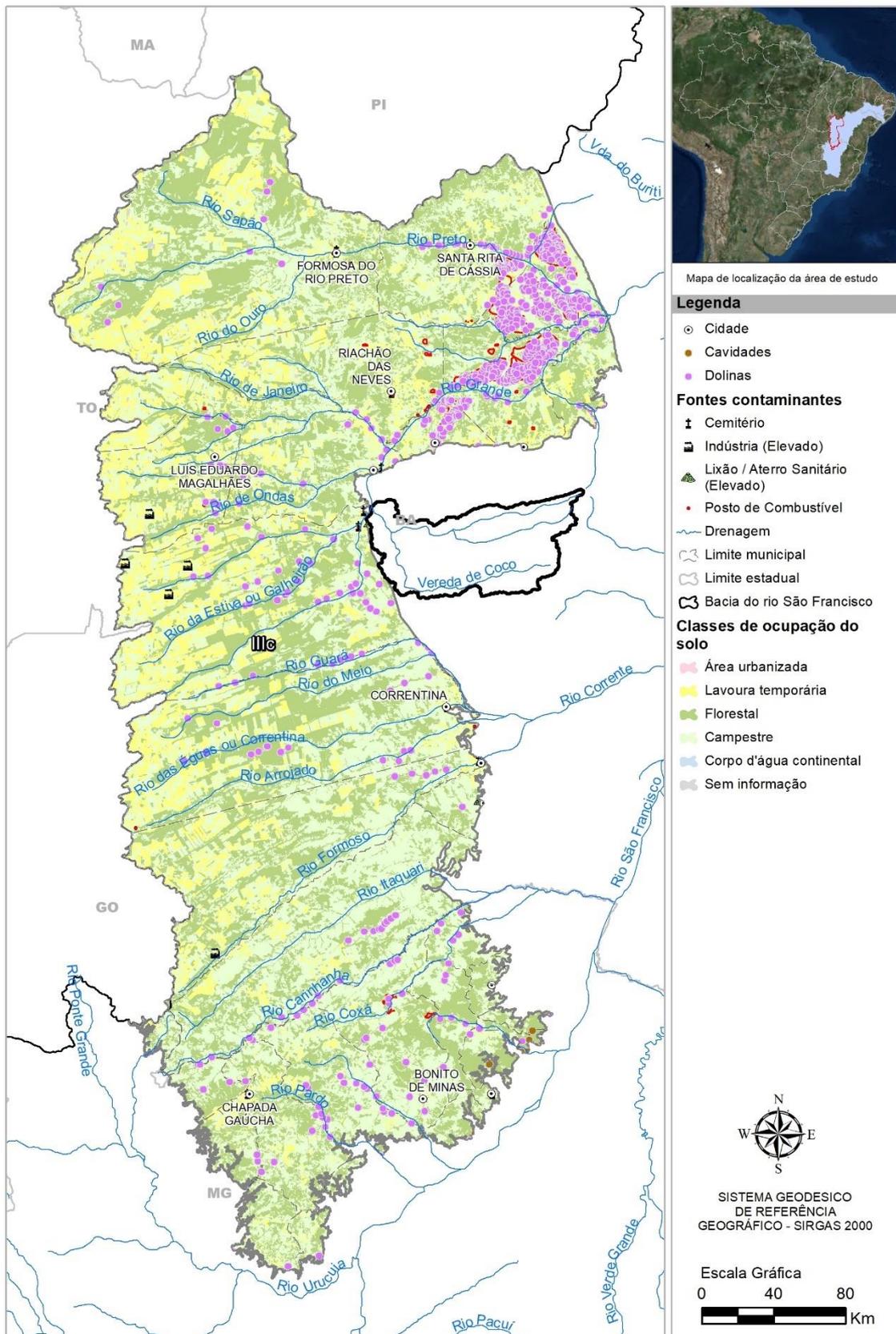


Figura 4.38: Uso e ocupação do solo no Subdomínio IIIc.

4.3.2 Levantamento socioeconômico e demandas hídricas

Para a realização de um estudo correto das demandas hídricas de uma localidade, se faz necessário o estudo de parâmetros socioeconômicos e populacionais.

A interpretação dos parâmetros de rendimento e taxa de alfabetização, auxiliam no entendimento do grau de desenvolvimento econômico de uma região, e a partir daí, torna-se possível correlacioná-los à necessidade de água no local. A Tabela 4.75 apresenta tais parâmetros para o subdomínio IIIc.

Tabela 4.75- Dados socioeconômicos do Subdomínio IIIc.

Rendimento (R\$)	Estado	Alfabetização (%)	IDHM
525,96	MG	78,50	0,58
844,47	BA	82,80	0,65

O subdomínio IIIc abrange dois estados, Minas Gerais e Bahia e apresentou, em 2010, o rendimento médio da população muito abaixo da média do estado de Minas Gerais, sendo cerca de 52% menor, já na Bahia, o subdomínio IIIc apresentou rendimento um pouco acima da média do estado, sendo 4% maior. Comparado ao salário mínimo do ano em questão (510 reais), o rendimento em Minas Gerais é 3% maior, e na Bahia o rendimento é cerca de 66% acima do valor do salário mínimo.

No tocante à taxa de alfabetização, o subdomínio IIIc apresenta uma taxa (78,50%) abaixo da taxa do estado de Minas Gerais (92,30%), e no estado da Bahia, apresenta uma taxa (82,80%) um pouco abaixo da média (84,60%).

No caso do rendimento, tem-se a consideração do peso proporcional de adultos potencialmente receptores de renda no domicílio, diante do cenário em que crianças e idosos tendem a não gerar renda. Sabendo que o rendimento é obtido pela divisão da receita domiciliar pelo número de integrantes no domicílio, um rendimento baixo pode ser entendido como receita familiar baixa e/ou alto número de integrantes da família, assim como um rendimento alto pode significar uma receita familiar alta e/ou um baixo número de integrantes da família.

Analogamente, a taxa de alfabetização contribui para análise das condições de vida populacional, proporcionando o entendimento do bem estar familiar. Essa taxa de alfabetização tende a ser mais baixa em localidades de menor rendimento, indicando menor oportunidade de acesso ao conhecimento.

Dessa forma, compreender o nível de qualidade de vida constitui um fundamento para gerar dados acerca do rendimento e taxa de alfabetização regional, de forma que uma menor qualidade de vida é relacionada a um menor rendimento e menor taxa de alfabetização, o que assinala menor demanda hídrica no local, ao passo que uma maior qualidade de vida é relacionada a um maior rendimento e maior taxa de alfabetização, assinalando uma maior demanda hídrica.

Quando consideramos o IDHM, é possível obter uma análise mais robusta, haja vista que tal índice pondera longevidade, educação e renda, simultaneamente. Nesse âmbito, o Índice de Desenvolvimento Humano em 2010 para o subdomínio IIIc, em Minas Gerais, foi de 0,58, classificando-se na

faixa de Desenvolvimento Humano Baixo (IDHM entre 0,500 e 0,599), e na Bahia o IDHM foi de 0,65, classificando-se na faixa de Desenvolvimento Humano Médio (IDHM entre 0,600 e 0,699). Pode-se concluir que, no estado de Minas Gerais, o subdomínio IIIc possui rendimento, taxa de alfabetização e IDHM baixos, o que indica uma menor demanda hídrica, e na Bahia apresenta rendimento, taxa de alfabetização e IDHM médios, o que indica uma demanda hídrica um pouco maior, se comparado ao estado de Minas Gerais.

O subdomínio IIIc representa 0,4% do PIB e cerca de 1% da população do total dos subdomínios de Minas Gerais, sendo o menor PIB dos subdomínios deste estado e representa 43% do PIB e cerca de 21% da população do total de subdomínios da Bahia, sendo o maior PIB dentre os subdomínios deste estado. Quando analisado o PIB per capita, o subdomínio IIIc apresenta um valor muito menor que a média da área de influência total em Minas Gerais, e um resultado mais elevado que a média da área de influência total na Bahia.

Esse cenário pode ser ainda confirmado diante do confronto desse PIB per capita com o PIB per capita dos estados, chegando a ser 71% menor que do estado de Minas Gerais (20.592,16), ressaltando um nível muito baixo de produção na região, e 95% maior que do estado da Bahia ressaltando o alto nível de produção econômica na área.

Tabela 4.76 – PIB do Subdomínio IIIc.

PIB	UF	População	PIB per capita
195.126,00	MG	33.086	5.897,54
8.530.422,00	BA	365.187	23.359,05

4.3.2.1 Aspectos sanitários gerais

O estudo dos aspectos sanitários da região, servirão para o monitoramento da qualidade da água, identificando as deficiências que mais influenciam em problemas ambientais. Foram avaliados quatro pontos importantes: formas de abastecimento, tipos de esgotamento sanitário nos domicílios, destino do lixo e quantitativo de domicílios que recebem ou não energia elétrica.

- **Abastecimento**

A porcentagem de abastecimento por rede geral, ou seja, com tratamento de água, no subdomínio IIIc (56,5%) é inferior à taxa de abastecimento do estado de Minas Gerais (86,28%), e (77,5%) inferior à taxa do estado da Bahia (80,34%), apresentando maiores taxas em relação ao abastecimento por poços, rios, açudes, e outros o que caracteriza uma área menos urbanizada.

A Tabela 4.77 apresenta a distribuição da forma de abastecimento no subdomínio IIIc.

Tabela 4.77 – Formas de abastecimento no subdomínio IIIc.

Formas de abastecimento	MG %	BA %
Rede geral	56,5	77,5
Poço ou nascente na propriedade	7,6	4,1
Poço ou nascente fora da propriedade	13,9	8,7
Rio, açude, lago ou igarapé	19,8	6,9
Poço ou nascente na aldeia	0	0
Poço ou nascente fora da aldeia	0	0
Outra	2,3	2,8

- **Esgotamento sanitário**

Neste subdomínio, 27,30% dos domicílios não possuíam nem banheiro nem sanitário no estado de Minas Gerais, mostrando-se com taxa muito superior que a do estado (1,26%), e 10,50% no estado da Bahia, se mostrando com uma taxa um pouco superior que a do estado (7,92%). A porcentagem de esgoto que não é transportado pela rede geral, não é posto em redes pluviais e nem tratado em fossa séptica é muito alta, em ambos os estados, apontando para grande impacto no meio ambiente desta região.

A Tabela 4.78 abaixo apresenta as porcentagens da existência de banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário no subdomínio IIIc.

Tabela 4.78 – Existência de banheiro ou sanitário no subdomínio IIIc.

Tipos de esgotamento sanitário	Quantitativo MG (%)	Quantitativo BA (%)
Banheiro de uso exclusivo do domicílio	68,2	85,4
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	10,3	24,6
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - outro	89,7	75,4
Sanitário	4,5	4,1
Sanitário - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	8,8	12,8
Sanitário - outro escoadouro	91,2	87,2
Sem banheiro e sem sanitário	27,3	10,5

- **Destino do lixo**

Com o estudo realizado, foi possível verificar que o subdomínio IIIc possui um sistema de destino do lixo abaixo da média de todo o estado de Minas Gerais e um pouco acima da média do estado da Bahia, mostrando que apenas 36,30% do lixo é coletado em Minas Gerais (87,63%) e 74,50% na Bahia (65,58%). Em Minas Gerais 63,70% e na Bahia 25,50% do lixo possui destino indefinido, índices muito altos, que podem indicar uma destinação incorreta, podendo causar contaminação do solo e de águas.

A Tabela 4.79 apresenta as porcentagens de destinação do lixo no subdomínio IIIc.

Tabela 4.79 – Destinos do lixo no subdomínio IIIc.

Destino do lixo	Quantitativo MG (%)	Quantitativo BA (%)
Coletado	36,3	74,5
Coletado por serviço de limpeza	74,6	83,7
Coletado em caçamba de serviço de limpeza	25,4	16,3
Outro destino	63,7	25,5

- **Energia Elétrica**

Neste quesito, pode-se identificar que o subdomínio IIIc possui porcentagem de domicílios que recebem energia elétrica abaixo da média do estado de Minas Gerais, chegando a atender 94,50% da população e 5,50% da população não recebe atendimento. O mesmo acontece na Bahia, com uma porcentagem de domicílios abastecidos de 95,20%, onde ainda 4,80% não é abastecido com energia elétrica.

4.3.2.2 Demandas Hídricas

O estudo das demandas visa o conhecimento da necessidade de água de uma determinada região, e aliado ao conhecimento das potencialidades e disponibilidades hídricas, se torna um dos elementos essenciais para a realização de seu balanço hídrico, além de constituir um instrumento valioso para o planejamento e estabelecimento das prioridades de uma política de uso dos recursos hídricos.

O levantamento das demandas hídricas foi feito tanto para dados atuais (2010) como para dados futuros (2015, 2020, 2025 e 2030).

- **População urbana e rural**

Analisando o subdomínio IIIc pode-se observar que no estado de Minas Gerais, a maior parte da população é rural, com uma taxa de crescimento, ainda que baixa, positiva de 0,57%, a taxa de crescimento da população urbana é alta, igual a 6,30%. Já no estado da Bahia, observa-se uma maior população urbana, com taxa de crescimento positiva de 0,98%, e uma pequena diminuição na população rural, com taxa de crescimento negativa de 0,77% como pode ser observado na Tabela 4.80.

Tabela 4.80 – População e demanda para abastecimento humano (2010).

UF	População	2010	Demanda (m ³ /dia)	Taxa de crescimento (%)
MG	Rural	21.164	3.237	0,57
	Urbana	10.964	1.871	6,30
BA	Rural	99.478	18.368	-0,77
	Urbana	254.626	75.811	0,98

- **Dessedentação animal**

No estado de Minas Gerais, o subdomínio IIIc representa 0,8% de bovinos, 0,8% de bubalinos, 1,3% de equinos, 2,9% de asininos, 1,4% de muares, 0,9% de caprinos, 2,1% de ovinos, 0,5% de suínos e 0,6% de aves do somatório total das cabeças de todos os subdomínios do estado. No estado da Bahia, o subdomínio IIIc representa 25% de bovinos, 100% de bubalinos, 20% de equinos, 13% de asininos, 15% de muares, 4% de caprinos, 10% de ovinos, 22% de suínos e 39% de aves do somatório total das cabeças de todos os subdomínios do estado. O quantitativo de cabeças e o consumo da dessedentação de animais estão na Tabela 4.81.

Tabela 4.81 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.

Rebanhos	Nº de cabeças MG	Nº de cabeças BA
Bovinos	50.768	636.073,05
Bubalinos	57	3,20
Equinos	2.977	23.193,95
Asininos	109	3.022,70
Muares	269	2.104,28
Caprinos	325	21.417,84
Ovinos	1.448	48.468,75
Suínos	4.491	49.101,63
Aves	84.265	1.076.276,59
Demanda para dessedentação animal (m ³ /dia)	55.027,03	684.040,29

- **Irrigação**

O subdomínio IIIc apresentou, em 2010, uma estimativa de área irrigada no estado de Minas Gerais, calculada segundo a aplicação do PAI-MG, de 4.578 hectares. A partir dos dados de área irrigada e com o coeficiente de demanda unitária adotado, de 0,4 L/s.ha, foi possível converter a área irrigada em demanda hídrica, que foi estimada, para o ano de 2010 em 158.202 m³/dia.

No estado da Bahia, na ausência do PAI, a metodologia empregada para estimar a demanda para irrigação foi baseada na taxa de crescimento anual das áreas irrigada. A estimativa de área irrigada, em 2010, para a Bahia foi de 70.886 hectares, e a partir dos dados da área irrigada pôde-se calcular a demanda hídrica estimada em 2.449.816 m³/dia.

- **Indústria**

A demanda de recursos hídricos das indústrias, para o subdomínio IIIc, demonstra ser pequena em relação à demanda de abastecimento da população, sendo igual a 1,11 m³/dia para o estado de Minas Gerais, e igual a 68,33 m³/dia, para o estado da Bahia. Pode-se concluir a partir deste dados que a porção do subdomínio que se encontra na Bahia é mais desenvolvida comercialmente e industrialmente que a parte do estado de Minas Gerais.

4.3.2.3 Demandas futuras (2015, 2020, 2025, 2030)

- **População urbana e rural**

A Tabela 4.82 a seguir apresenta as projeções feitas, para a população urbana e rural no subdomínio IIIc. Os coeficientes de retirada de água per capita, também definido na metodologia, foram aplicados às populações projetadas nos referidos anos, de forma a obterem-se as demandas para abastecimento urbano e rural para o subdomínio IIIc.

Tabela 4.82 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.

UF	População/Ano	2015	2020	2025	2030
MG	Rural	21.601	21.948	22.213	22.390
	Urbana	12.845	14.337	15.476	16.241
	Demanda hídrica rural (m³/dia)	3.350	3.441	3.510	3.556
	Demanda hídrica urbana (m³/dia)	2.293	2.628	2.883	3.055
BA	Rural	96.683	94.636	93.230	92.450
	Urbana	262.894	268.947	273.108	275.414
	Demanda hídrica rural (m³/dia)	17.819	17.416	17.140	16.987
	Demanda hídrica urbana (m³/dia)	79.764	82.814	84.586	85.569

- **Dessedentação animal**

Devido à falta de dados mais recentes foi necessário projetar o número de cabeças por espécie, admitindo a mesma taxa de crescimento linear obtida entre os anos de 1996 e 2006. Assim, foi possível estimar o número de cabeças por espécie para 2010 e da mesma forma se procedeu para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030. Uma vez aplicada a taxa de crescimento linear, estimou-se o número de cabeças por espécie para o subdomínio IIIc, e o consumo para dessedentação animal. Ambos apresentados na Tabela 4.83 e 4.84.

Tabela 4.83 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio IIIc em Minas Gerais.

Rebanhos	Nº de cabeças por ano (MG)			
	2015	2020	2025	2030
Bovinos	51.131	51.496	51.865	52.235
Bubalinos	58	58	59	59
Equinos	2.998	3.020	3.041	3.063
Asininos	109	110	111	112
Muares	270	272	274	276
Caprinos	327	330	332	334
Ovinos	1.459	1.469	1.480	1.490
Suínos	4.523	4.555	4.588	4.620
Aves	84.868	85.475	86.086	86.701
Demanda para dessedentação (m³/dia)	55.420,55	55.816,88	56.216,05	56.618,07

Tabela 4.84 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio IIIc na Bahia.

Rebanhos	Nº de cabeças por ano (BA)			
	2015	2020	2025	2030
Bovinos	677.709,08	722.070,51	769.335,74	819.694,87
Bubalinos	3,41	3,63	3,87	4,12
Equinos	24.712,18	26.329,79	28.053,28	29.889,59
Asininos	3.220,56	3.431,38	3.655,99	3.895,30
Muares	2.242,02	2.388,78	2.545,14	2.711,74
Caprinos	22.819,80	24.313,54	25.905,05	27.600,74
Ovinos	51.641,41	55.021,75	58.623,36	62.460,72
Suínos	52.315,72	55.740,20	59.388,84	63.276,31
Aves	1.146.727,42	1.221.789,8 1	1.301.765,6 4	1.386.976,5 2
Demanda para dessedentação (m³/dia)	728.816,14	776.522,94	827.352,52	881.509,30

- **Irrigação**

De posse da demanda atual para agricultura em 2010, deu-se prosseguimento às metodologias já aplicadas para os demais anos que compõem o horizonte deste estudo. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 4.85.

O resultado dessas projeções consiste nas áreas irrigadas a serem consideradas no futuro. Assim, utilizando-se dos coeficientes de demanda para agricultura, obtêm-se a demanda hídrica futura para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030.

Tabela 4.85 – Projeção da área e demanda para irrigação no subdomínio IIIc.

Área irrigada (ha) / Ano	UF	2015	2020	2025	2030
	MG	5.842	7.456	9.516	12.146
BA	90.470	115.466	147.367	188.081	
Demanda para irrigação MG (m³/dia)		201.910	257.694	328.890	419.756
Demanda para irrigação BA (m³/dia)		3.126.656	3.990.493	5.092.993	6.500.092

- **Indústria**

Para demanda relacionada à indústria, de forma semelhante ao que foi feito para calcular a de 2010, projetou-se os PIBs secundários para o subdomínio. Essa projeção teve como base uma taxa de crescimento linear obtida através da comparação entre os PIBs de 2002 e 2012.

Ao aplicar o coeficiente de consumo específico para classe 900 (genérica), equivalente a 0,02713 m³/US\$, como definido na metodologia, inferiram-se as demandas industriais para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030 (Tabela 4.86).

Tabela 4.86 – Projeção da demanda hídrica industrial para o subdomínio IIIc.

UF	Demanda Industrial (m³/dia)			
	2015	2020	2025	2030
MG	1	1	2	2
BA	78	88	93	96

Pelos dados obtidos, pode-se concluir que no subdomínio IIIc, a porção pertencente ao estado da Bahia é mais desenvolvida industrialmente, inferindo uma maior demanda hídrica em relação à porção pertencente ao estado de Minas Gerais.

4.3.3 Vulnerabilidade

A vulnerabilidade foi avaliada de acordo com a metodologia EPIK comentada no item 1.6 do presente relatório.

A classificação dos parâmetros E, P, I e K, é mostrada na Figura 4.39. Essa classificação mostra os seguintes resultados:

Parâmetro E – Epicarste: 20,0% de epicarste encoberto (classe E2); e 80,0% ausente (classe E3).

Parâmetro P – Cobertura de proteção: 17,0% para a classe P1; e 83,0% para a classe P2.

Parâmetro I – Condições de infiltração: 69% para a classe I1; 25% para a classe I2; e apenas 6% para a classe I3.

Parâmetro K – Grau de desenvolvimento da rede cárstica: 20,0% para a classe K2; e 80,0% para a classe K3.

Na definição das classes do parâmetro P foi muito útil o mapa das unidades de solo, mostrado na Figura 4.40.

Com os diferentes parâmetros zoneados, foi possível elaborar o mapa de vulnerabilidade (ver item 1.6), mostrado na Figura 4.41. A partir desse mapa quantificam-se percentualmente, na Figura 4.42, as classes de vulnerabilidade.

Como se pode observar na Figura 4.42, a área do Subdomínio IIIc é repartida em 10,05% de vulnerabilidade baixa; 89,80% de vulnerabilidade média; e apenas 0,16% de vulnerabilidade alta.

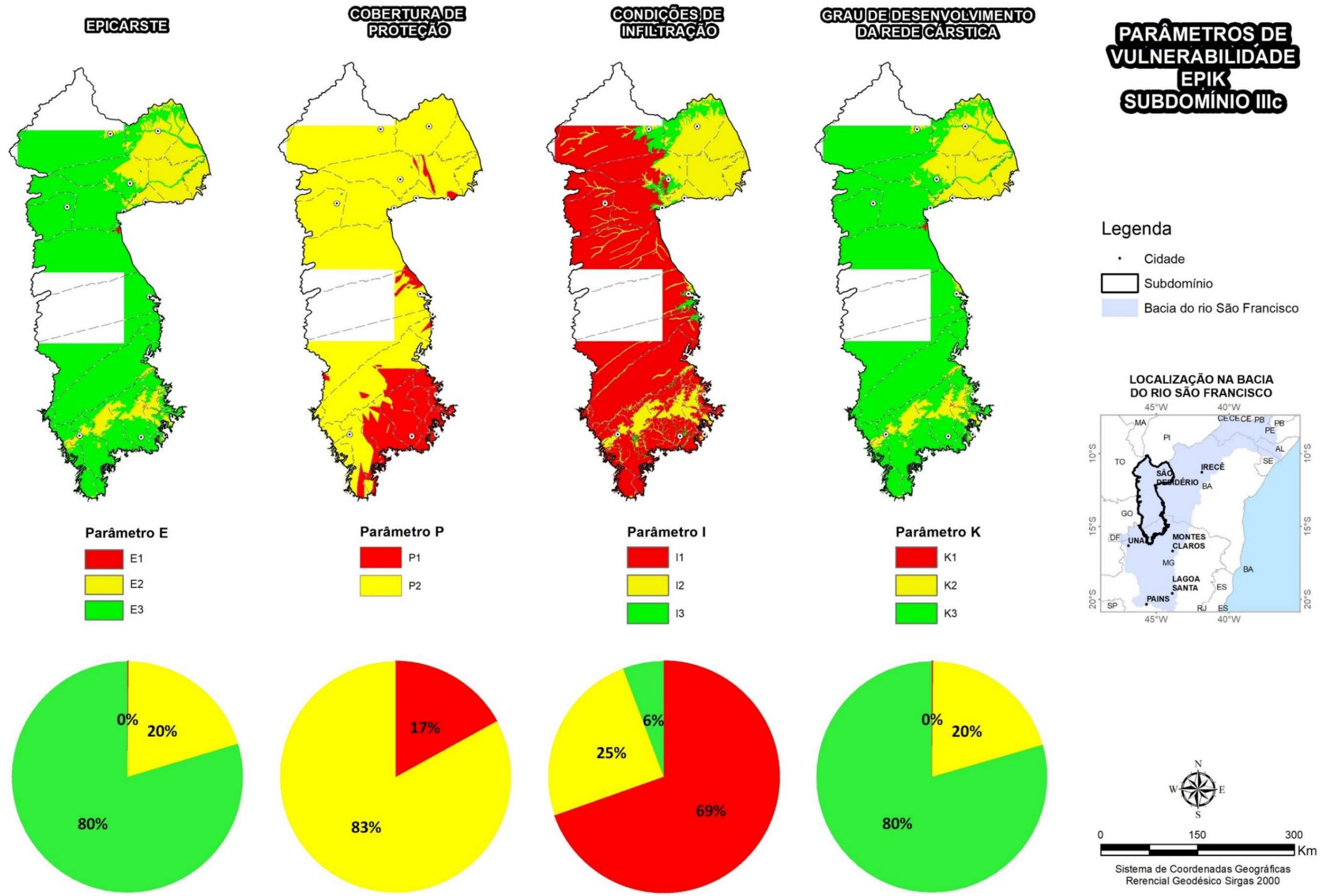


Figura 4.39: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.

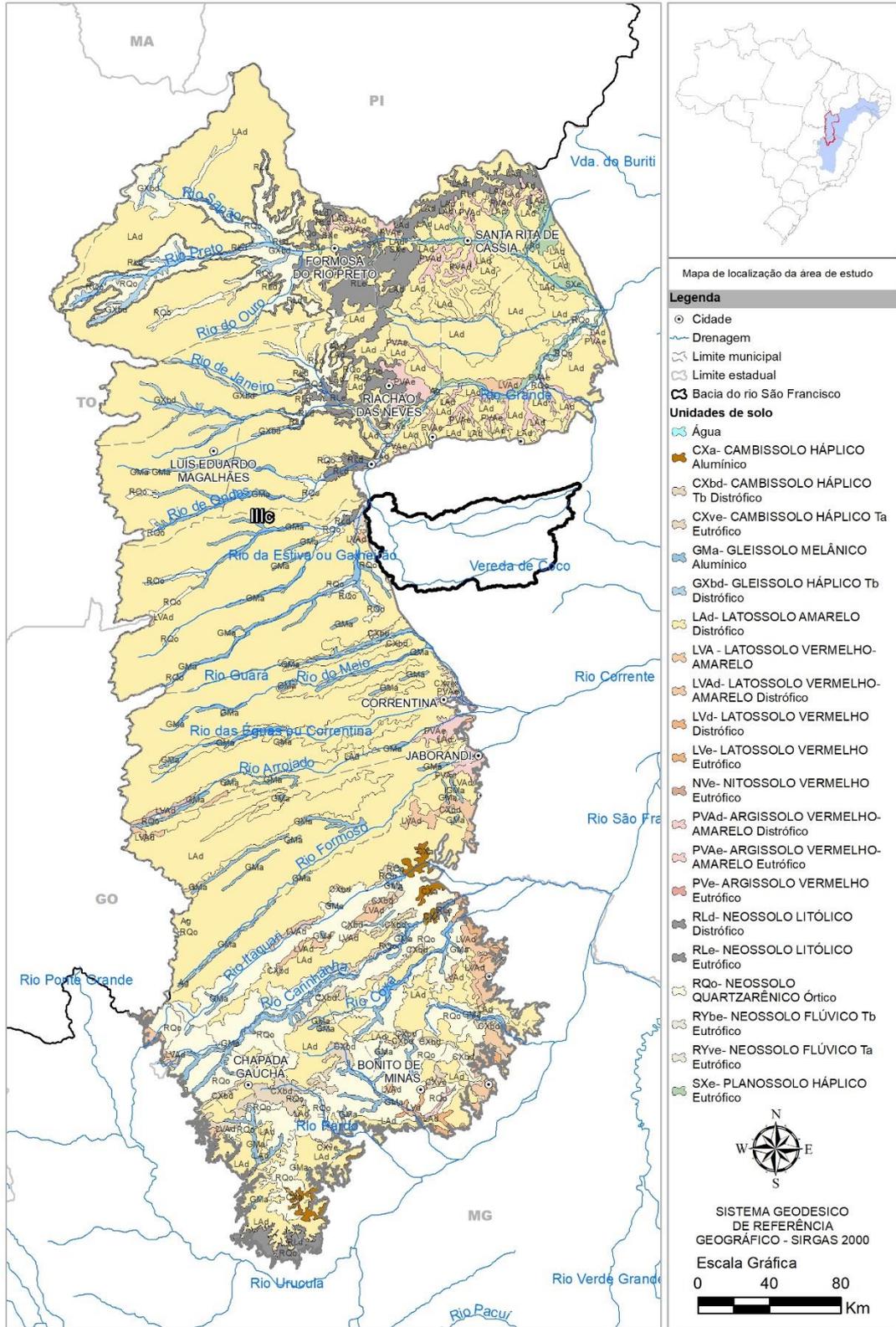


Figura 4.40: Mapa de unidades de solo com a classificação do parâmetro P.

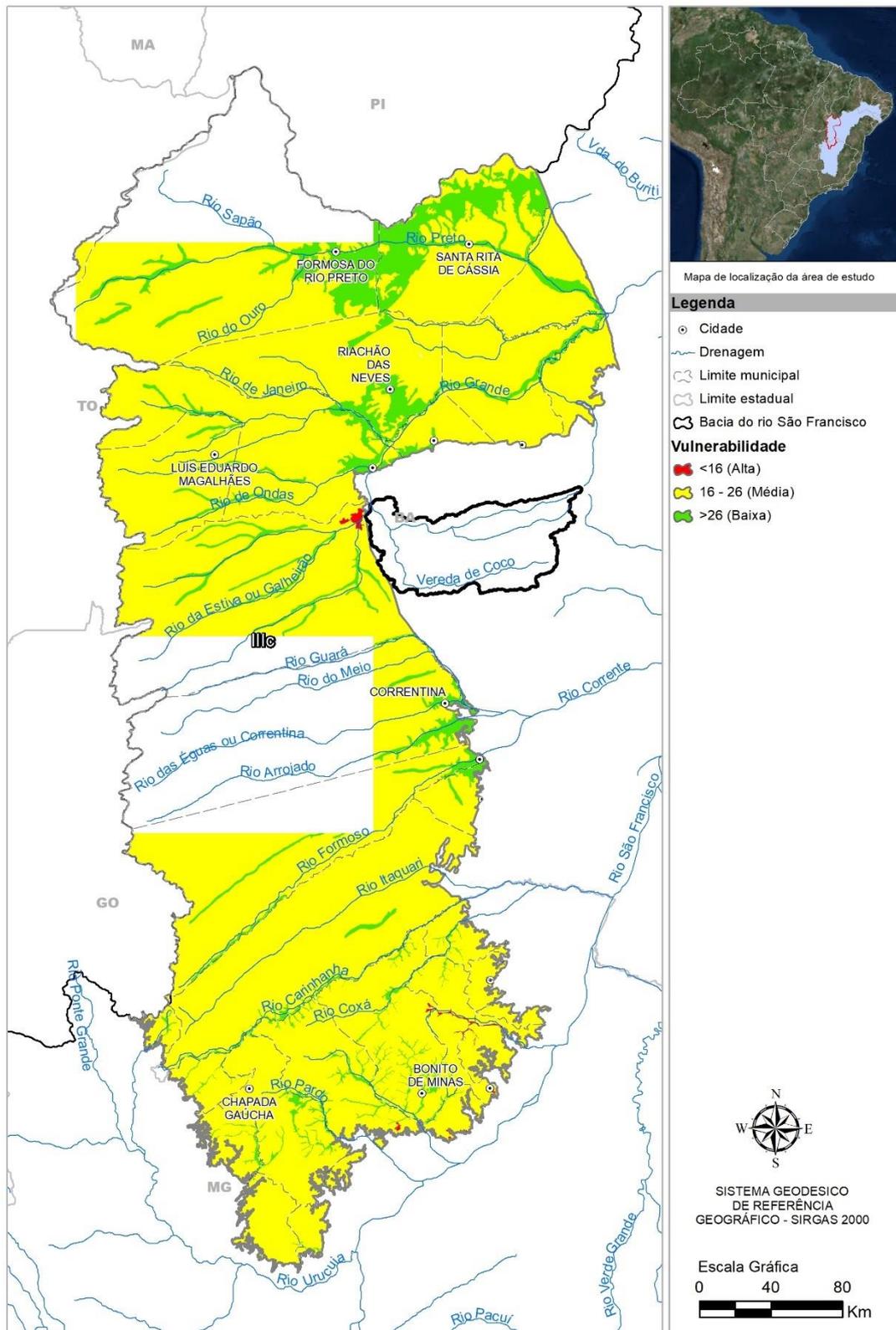


Figura 4.41: Mapa de vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Subdomínio Ilc.

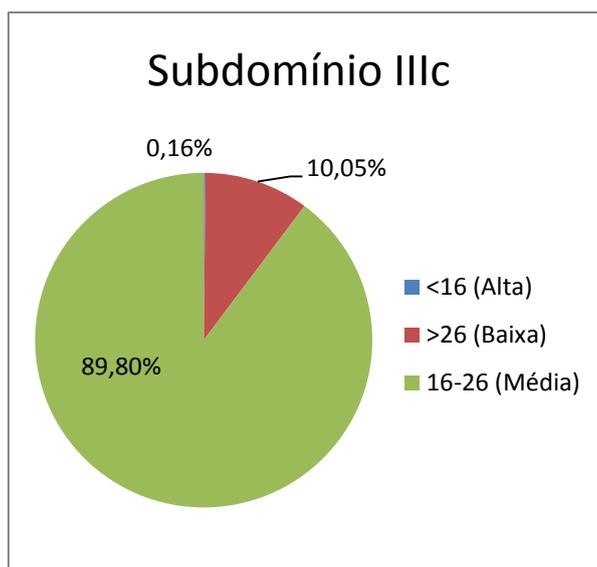


Figura 4.42: Classificação da vulnerabilidade para o Subdomínio IIIc.

4.3.4 Perigo de contaminação

Na Tabela 4.87 estão relacionadas as fontes contaminantes cadastradas no Subdomínio IIIc, com indicação dos respectivos índices PosH.

Tabela 4.87 – Fontes potenciais de contaminação no Subdomínio IIIc

ATIVIDADE	QUANTIDADE	ÍNDICE POSH
Cemitério	15	Moderado
Posto de combustível	45	Elevado
Lavoura temporária	16.255,97 km ²	Elevado

A distribuição dessas fontes contaminantes no mapa de vulnerabilidade é mostrada na Figura 4.43 onde se pode avaliar o perigo de contaminação no Subdomínio IIIc. Verifica-se, neste mapa, que o Subdomínio IIIc não apresenta perigo de contaminação extremo, pois não possui áreas de vulnerabilidade alta. Tem-se alto perigo, de forma pontual e discreta, nas áreas de vulnerabilidade média (cor amarela) com fontes de contaminação classificadas como elevadas. Essas fontes são, essencialmente, postos de combustíveis e várias áreas de lavoura temporária, essas últimas ocorrendo em 15% do total da área.

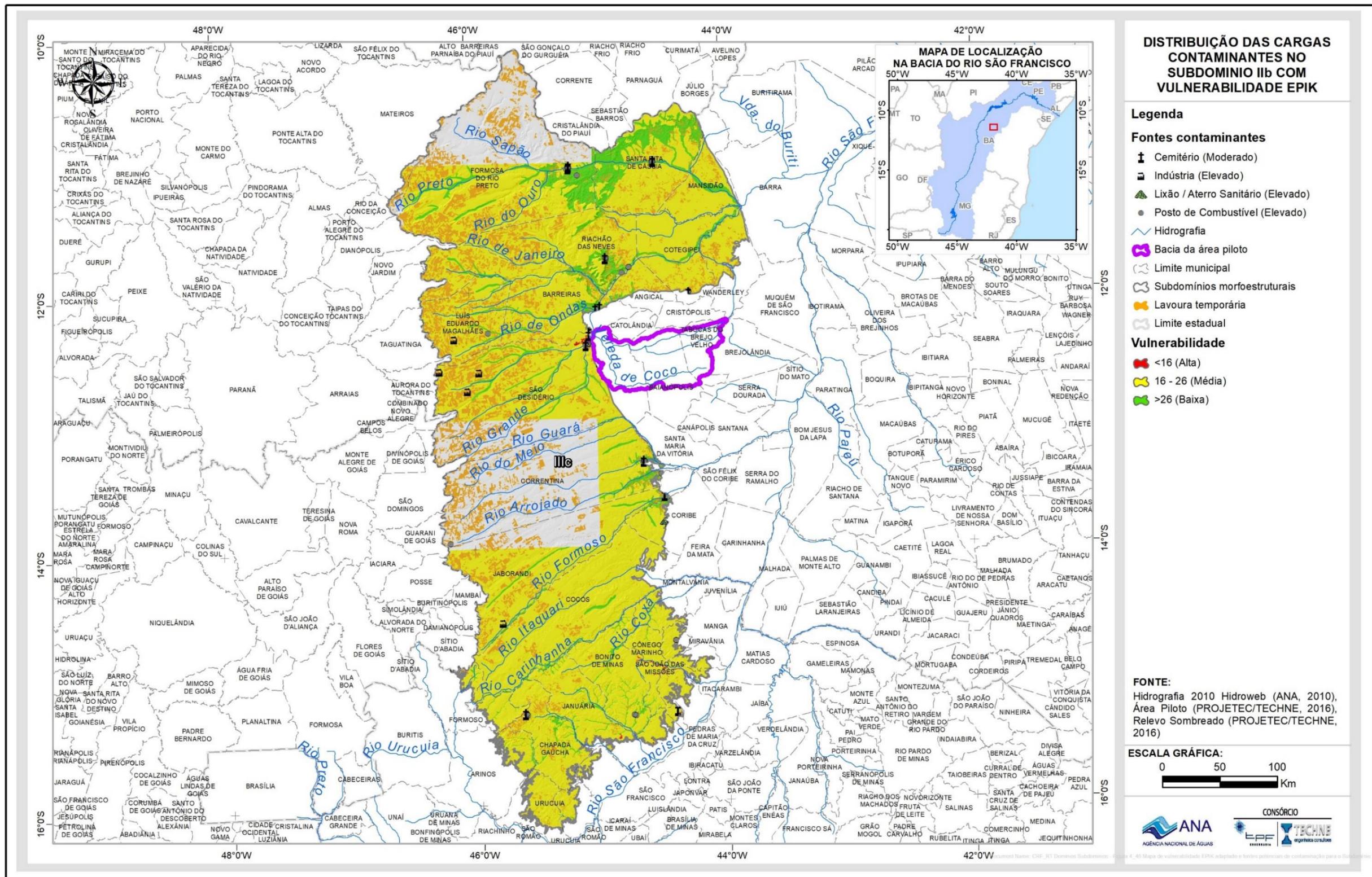


Figura 4.43: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Subdomínio IIIc.

4.3.5 Recarga e zonas de exploração

Começando com um panorama regional da evolução histórica dos níveis de água subterrânea no domínio cárstico em Minas Gerais, a situação da exploração das águas subterrâneas do SAB no Subdomínio IIIc inclui uma estatística descritiva dos dados de poços levantados e catalogados no âmbito do Projeto ANA – Carste São Francisco bem como uma caracterização do regime de funcionamento dos poços e uma estimativa da produção global de água. Para a recarga, foram realizados os cálculos em função das precipitações e o regime fluvial para cada subdomínio. Com os valores de recarga e exploração do subdomínio foi possível realizar o zoneamento de exploração, demonstrado na Figura 4.52.

4.3.5.1 Levantamento e sistematização dos dados

Os dados de poços levantados no Subdomínio IIIc, no âmbito do Projeto foram sistematizados e fazem parte do SIG, que constitui a principal fonte de consulta sobre poços.

4.3.5.1.1 Poços catalogados e cadastrados

A pesquisa hidrogeológica desenvolvida no Subdomínio IIIc baseou-se em dados de 1.146 poços constantes no SIG, dos quais 1067 foram catalogados do SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2010), 33 foram catalogados do sistema de outorgas de água subterrânea do IGAM (2014), 20 foram catalogados da Companhia de Engenharia e Recursos Hídricos da Bahia (CERB) e 26 são novos poços cadastrados, no âmbito do Projeto ANA Carste São Francisco (ANEXO 1.18 – Tabela de poços do Subdomínio IIIc). Para o tratamento estatístico não foram considerados os poços escavados. Desses 1.146 poços excluem-se 2 (1 cisterna e 1 bomba puxando água do rio) que estão hachurados na tabela do ANEXO 1.18. O resultado disso são 1.144 poços: 1.066 catalogados do SIAGAS, 33 catalogados do IGAM, 20 catalogados da CERB e 25 cadastrados.

4.3.5.1.2 Tratamento estatístico dos poços cadastrados

Na Tabela 4.87 é apresentada a estatística descritiva dos valores numéricos de profundidade, diâmetro do revestimento, nível estático, nível dinâmico e vazão dos poços cadastrados e catalogados no Subdomínio IIIc, localizado na porção noroeste da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

Tabela 4.87 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Subdomínio IIIc.

Parâmetros Estatísticos	Profundidade (m)	Diâmetro da boca(mm)	Nível Estático - NE (m)	Nível Dinâmico - ND (m)	Vazão (m ³ /h)
Média	111,7	138,6	22,6	50,3	28,5
Mediana	100,0	152,4	15,1	49,5	9,7
Desvio Padrão	52,4	49,0	22,9	28,7	84,1
Coefficiente Variação	0,5	0,4	1,0	0,6	2,9
Valor máximo	548,0	355,6	150,0	162,0	630,0
Valor mínimo	11,0	11,6	0,2	2,0	0,1
Nº valores	794	398	546	502	552

4.3.5.1.3 Profundidade

A profundidade dos poços inventariados no Subdomínio IIIc variou de 11 a 548 m. A profundidade média foi de 111,7 m e se explica pelo fato de que as classes mais frequentes (51%) correspondem a poços com profundidade superior a 100 m. Se considerarmos todos os poços com mais de 40 m teremos 763 poços ou 98% do total no subdomínio IIIc. Já as classes compreendidas entre 0 e 40 m de profundidade possuem uma frequência baixa, com apenas 2% ou 18 poços de frequência absoluta. A Tabela 4.88 mostra que na classe de 60 a 80 m e na classe de poços entre 80 e 100 m estão localizados, respectivamente, 22% e 17% dos poços em cada, ou seja, a segunda e a terceira classe mais predominante.

Tabela 4.88 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), CERB e dos novos cadastrados no Subdomínio IIIc.

Classe Profundidade (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤20	1	1	0,00	0,13
20<x≤40	17	18	0,02	2,30
40<x≤60	63	81	0,08	10,37
60<x≤80	174	255	0,22	32,65
80<x≤100	130	385	0,17	49,30
x>100	396	781	0,51	100,00
Total	781			

A distribuição da frequência da profundidade dos poços no Subdomínio IIIc pode ser visualizada no diagrama da Figura 4.44.

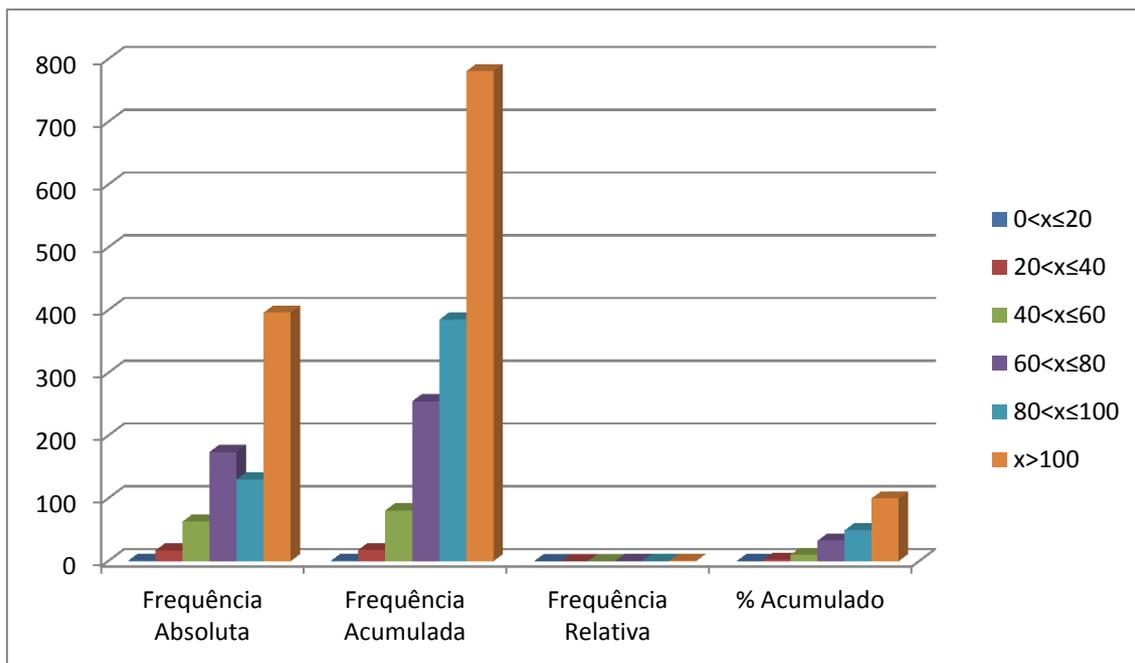


Figura 4.44: Frequências das classes de profundidade dos poços no Subdomínio IIIc.

4.3.5.1.4 Diâmetro da Boca do Poço

De acordo com a Tabela 4.89 e Figura 4.48, no Subdomínio IIIc, existem duas classes de diâmetro da boca dos tubos, a primeira com 71 poços até 152 mm e a segunda com 327 poços na classe entre 152 mm e 310 mm. Nota-se a presença da maioria dos poços concentrada na segunda classe.

Tabela 4.89 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), CERB e dos novos cadastrados no Subdomínio IIIc.

Classe Diâmetro da Boca (mm)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 152	71	71	0,18	17,84
152 < x ≤ 300	327	398	0,82	100,00
Total	398			

A Figura 4.45 ilustra a distribuição de frequência do diâmetro da Boca dos poços no Subdomínio IIIc.

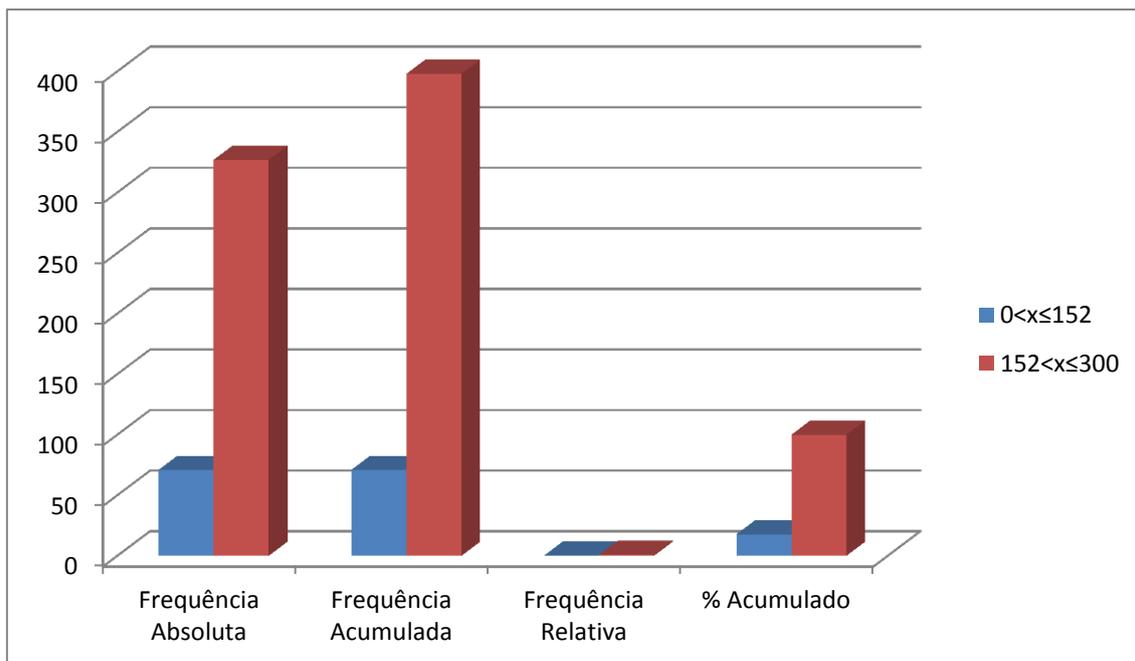


Figura 4.45: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Subdomínio IIIc.

4.3.5.1.5 Nível Estático

De acordo com os dados da Tabela 4.90 e Figura 4.46, observa-se que aproximadamente 60% dos poços apresentam níveis estáticos até 20 m, o que significa que esses níveis são rasos, de modo geral. Na classe de 20 a 30 m encontram-se 14% dos poços, no intervalo acima de 30 m estão 27% do total. A rigor, todos esses níveis, notadamente os mais profundos, não são “estáticos”, já que a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração.

Tabela 4.90 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM, CERB e cadastrados no Subdomínio IIIc.

Classe Nível Estático (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 10	211	211	0,39	38,64
10 < x ≤ 20	114	325	0,21	59,52
20 < x ≤ 30	75	400	0,14	73,26
x > 30	146	546	0,27	100,00
Total	546			

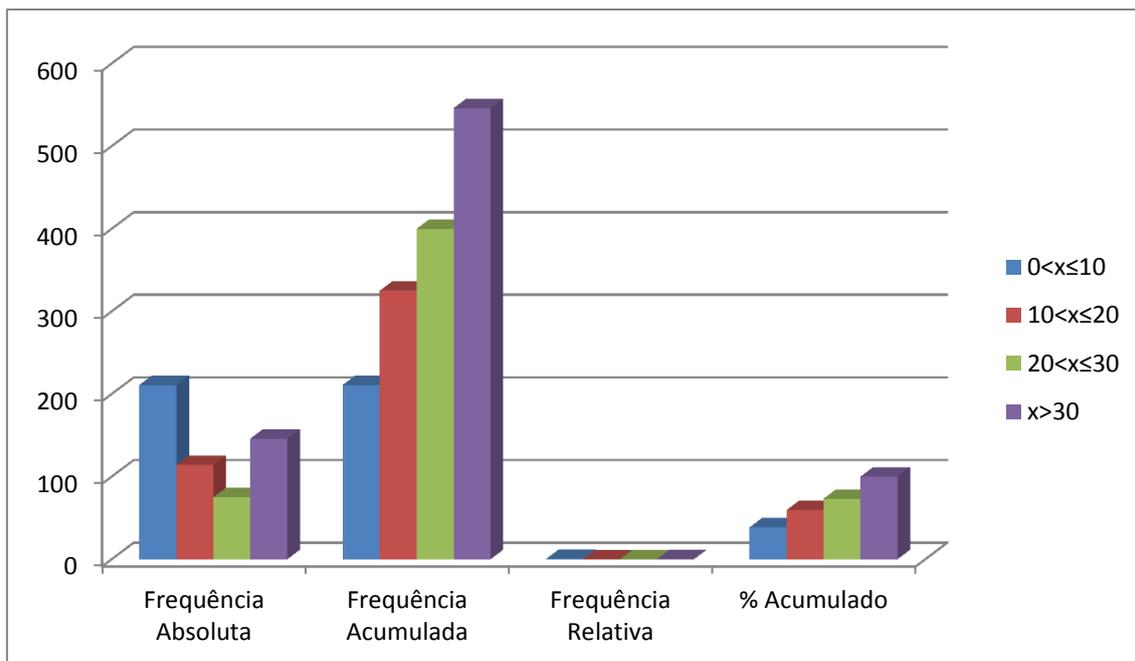


Figura 4.46: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Subdomínio IIIc.

4.3.5.1.6 Nível Dinâmico

Para os níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IIIc, tem-se que a classe menos frequente corresponde ao intervalo de mais de 0 a 10 m (5%). Secundariamente, 10% dos poços (52/427) estão no intervalo entre 20 e 30 m, como pode ser observado na Tabela 4.91 e Figura 4.47. Nota-se, finalmente, que a grande maioria dos níveis dinâmicos (308/427), representando 61%, estão no intervalo de poços com profundidades maiores que 40 m.

Tabela 4.91– Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM, CERB e cadastrados no Subdomínio IIIc.

Classe Nível Dinâmico (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 10	16	16	0,04	3,75
10 < x ≤ 20	53	69	0,12	16,16
20 < x ≤ 30	68	137	0,16	32,08
30 < x ≤ 40	89	226	0,21	52,93
x > 40	201	427	0,47	100,00
Total	546			

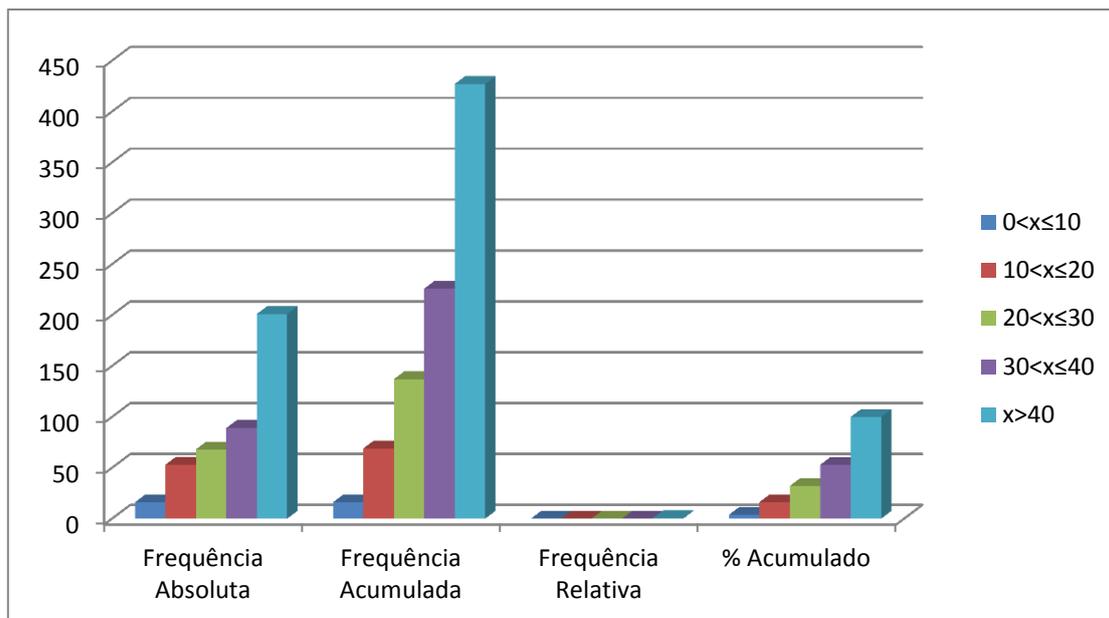


Figura 4.47: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IIIc.

4.3.5.1.7 Vazão

No que se refere à vazão dos poços que exploram o aquífero Bambuí do carste São Francisco no Subdomínio IIIc, verifica-se que do total de poços catalogados e cadastrados (Tabela 4.92) existem 552 poços com vazão informada. Observa-se que a classe mais frequente é a entre 0 e 10 metros, com aproximadamente 54% e frequência absoluta de 297 poços. Já a de menos frequência é a entre 40 e 50 metros, com apenas 1% do total.

Tabela 4.92 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM (2014), CERB e cadastrados no Subdomínio IIIc.

Classe Vazão (m ³ /h)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	297	297	0,54	53,80
10<x≤20	149	446	0,27	80,80
20<x≤30	45	491	0,08	88,95
30<x≤40	17	508	0,03	92,03
40<x≤50	5	513	0,01	92,93
x>50	39	552	0,07	100,00
Total	552			

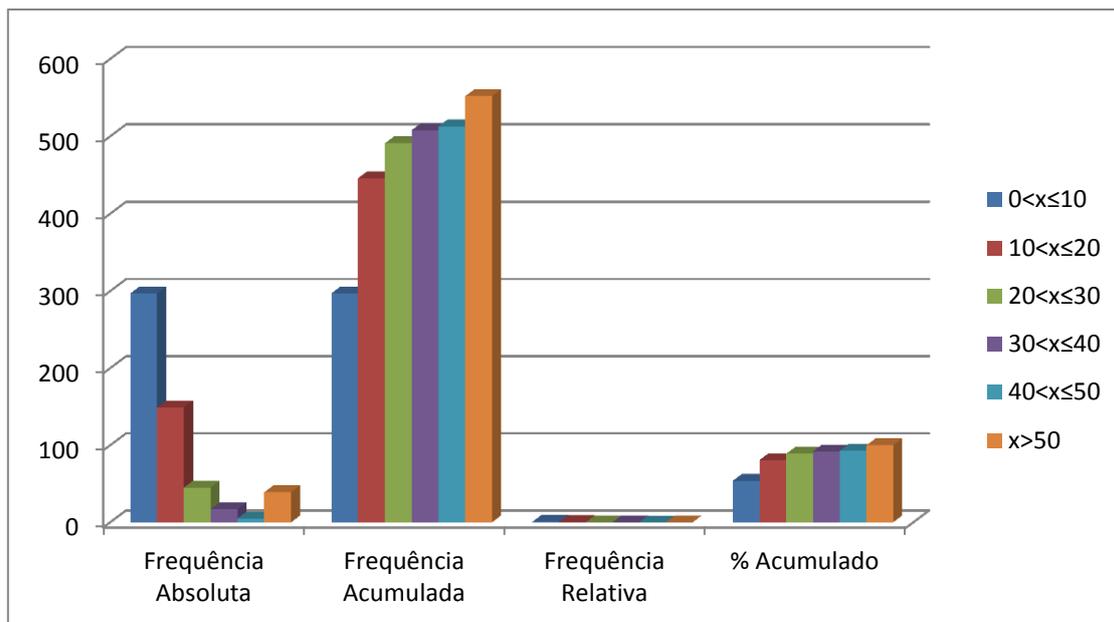


Figura 4.48: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Subdomínio IIIc.

Não obstante, de acordo com as condições operacionais em que se encontram os poços (Tabela 4.93) verifica-se que existem 262 unidades (22,9%) em condições de funcionamento, ou seja, são poços que estão bombeando (18,2%), estão equipados (4,7%) ou parados/não instalado (4,1%), conforme ANEXO 1.18 Tabela de poços do Subdomínio IIIc.

Tabela 4.93 – Situação operacional dos 542 poços catalogados e cadastrados no Subdomínio IIIc.

Registros	Bombeando	Equipado	Seco	Parado/ Não Instalado	Sem informação	Em condições de funcionamento
1144	208	54	25	82	775	262
100%	18,2%	4,7%	2,2%	4,1%	7,2%	22,9%

4.3.5.1.8 Conclusões

Com base nos dados apresentados anteriormente referentes ao Aquífero Bambuí do Carste do São Francisco no Subdomínio IIIc é possível concluir que:

- A profundidade dos poços inventariados no Subdomínio IIIc variou de 11 a 548 m, com média aproximada de 111,7 m, sendo que os poços nos intervalos acima de 40 metros constituem as classes mais frequente (98%);
- 39% dos poços possuem níveis estáticos entre 0 e 10 m de profundidade, somados a classe de 10 a 20 m chegam a 325 poços ou 60% do total. Vale ressaltar que a rigor esses níveis não são “estáticos”, pois a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração;
- As vazões informadas dos poços (Tabela 4.93) em 54% dos casos são menores ou iguais a 10 m³/h e nos 46% restantes oscilam entre mais de 10 m³/h até 630 m³/h;
- Em termos de condições operacionais (Tabela 4.94) do total de 1.144 poços existem 82 poços parados, 25 não utilizáveis, ainda 775 poços sem informação sobre o tema. Dos poços com condições de utilização são: 208 poços bombeando e 54 equipados no subdomínio IIIc;
- No que se refere ao tipo de equipamento instalado nos poços (Tabela 4.94), verificou-se que nos 70 poços com informações sobre bombas, são 55 com bomba submersa e 15 com compressor de ar.

Tabela 4.94 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.

Equipamentos de bombeamento	Nº	Bomba submersa	Compressor
Registros	70	55	15
Percentual	100%	78,6%	21,4%

4.3.5.2 Regime de Funcionamento dos Poços

Na Tabela 4.95 são mostrados os valores dos parâmetros estatísticos do número de horas por dia em que são bombeados os poços da área estudada, segundo dados do cadastro de outorgas de água subterrânea IGAM (2014).

Existem apenas 45 poços com regime de funcionamento informado e o cálculo do regime médio de funcionamento para todos os 262 poços, em condições de utilização, é feito usando a média ponderada pela frequência do número de horas de bombeamento, nos intervalos de classe, conforme a expressão:

$$\bar{R}_e = \sum_{j=1}^{12} R_{ej} \times w_j$$

Ou seja, o regime médio estimado é dado pela somatória do regime médio ponderado pela frequência relativa ou fator de ponderação.

Tabela 4.95 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Subdomínio IIIc, usando 45 poços com regime informado no cadastro de outorgas (IGAM, 2014).

Classe Regime Informado (h/dia)	Frequência Absoluta Número de Poços n_j	Regime médio informado R_{ej} (h/dia)	Frequência Relativa ou Peso $w_j = n_j/N$	Regime médio ponderado (h/dia) $R_{ej} \cdot w_j$
0 < x ≤ 1	7	0,929	0,156	0,144
1 < x ≤ 2	3	1,577	0,067	0,105
2 < x ≤ 3	5	2,860	0,111	0,318
3 < x ≤ 4	5	3,860	0,111	0,429
4 < x ≤ 5	2	5,000	0,044	0,222
5 < x ≤ 6	2	6,000	0,044	0,267
6 < x ≤ 7	1	7,000	0,022	0,156
7 < x ≤ 8	1	8,000	0,022	0,178
8 < x ≤ 9	1	8,500	0,022	0,189
9 < x ≤ 10	1	10,000	0,022	0,222
10 < x ≤ 11	1	10,500	0,022	0,233
11 < x ≤ 12	2	12,000	0,044	0,533
12 < x ≤ 24	14	17,357	0,311	5,400
Soma	45			8,396

Legenda:

$N = \sum n_j = N = \sum n_j$ = número total de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro de água subterrânea realizado ao longo do projeto.
 Frequência Absoluta (n_j): número de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro realizado ao longo do projeto.

Regime Médio Informado (R_{ej}) = Média de horas de funcionamento dos poços em cada intervalo de classe.

Regime médio ponderado em cada intervalo de classe: ($R_{ej} \times w_j$).

Frequência Relativa ou fator de ponderação: $w_j = n_j / N$. Regime Médio Estimado:

$$\bar{R}_e = \sum_{j=1}^9 R_{ej} \times w_j \quad 8 \text{ horas e } 7 \text{ minutos.}$$

Como visto na Tabela 4.95, o regime médio de funcionamento estimado para os poços no Subdomínio IIIc em 2015 é de 8,396 horas por dia, o que equivale a 8h:24 min.

4.3.5.3 Produção Global dos Poços

Considerando o regime de funcionamento e a vazão média dos diferentes intervalos de classe de vazão apresentados na Tabela 4.96, obtém-se uma produção estimada de 100.593,67 m³/dia, ou 1.164,3 L/s.

Tabela 4.96 - Produção global estimada, explorada no Subdomínio IIIc.

Classe Vazão (m³/h)	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Vazão Média (m³/h)	Efetivo de Poços	Vazão Estimada (m³/dia)	Vazão Estimada (m³/s)	
						262 poços	149 poços
0<x≤1	0	0,00	0,00	0	0,00	0,0000	0,0000
1<x≤2,5	8	0,05	1,68	14	198,01	0,0023	0,0013
2,5<x≤5	21	0,14	3,87	37	1.199,50	0,0139	0,0079
5<x≤7,5	11	0,07	6,38	19	1.035,65	0,0120	0,0068
7,5<x≤10	25	0,17	9,03	44	3.332,40	0,0386	0,0219
10<x≤15	37	0,25	12,63	65	6.901,28	0,0799	0,0454
15<x≤30	25	0,17	20,03	44	6.394,76	0,0856	0,0487
x>30	22	0,15	247,94	39	80.532,07	0,9321	0,5301
Total	149			262	100.593,67	1,1643	0,6621

Legenda:

N = número total de poços com vazão informada no SIG

Frequência Absoluta (FA) = número de poços com vazão informada no SIG em cada intervalo de classe.

Frequência Relativa (FR) = FA/N.

Vazão Média (QM) = média dos valores de vazão informada em cada intervalo de classe.

Efetivo de poços = N° P.P. x FR= número de poços produtores (bombeando/equipado) encontrados dentro dos limites do domínio.

Vazão Estimada (QE) m³/dia = QM x RME x Efetivo de poços em cada intervalo de classe.

Vazão Estimada (QE) m³/s = QE (m³/dia) x Quantidade de segundos em um dia (84.600).

Segundo os dados informados, a produção de água para um efetivo de 262 poços em operação no ano de 2015 foi estimada em 1,1643 m³/s conforme Tabela 4.96.

A Tabela 4.97 apresenta a distribuição da produção global dos poços em condições de funcionamento (Tabela 4.93) de acordo com a situação operacional informada (ANEXO 1.18). Como visto na Tabela 4.96, a produção global de água estimada para os 262 poços atinge 1,1643 m³/s. Só com os 149 poços em operação, a exploração extraía 56,87% desse total, ou seja, 0,6621 m³/s.

Tabela 4.97 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Subdomínio IIIc.

Poços	Em condições de funcionamento	Bombeando	Equipado
Número	262	208	54
Percentual	100%	79,39%	20,61%
Vazão (m³/s)	1,1643	0,9243	0,2400

A distribuição espacial dos poços produtores no Subdomínio IIIc é mostrada na Figura 4.49, a qual foi gerada a partir da tabela contida no ANEXO 1.18.

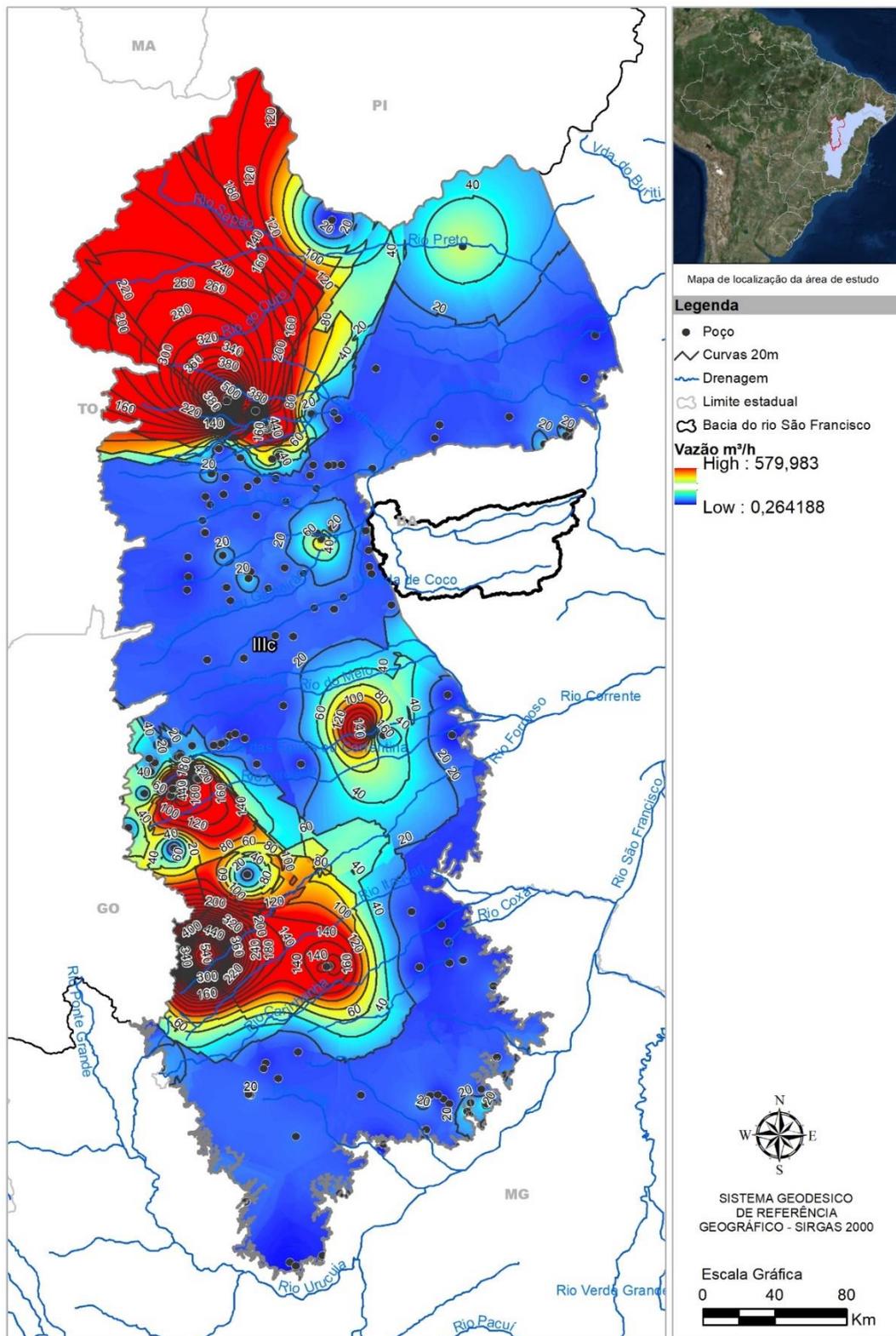


Figura 4.49: Distribuição espacial da produção de 149 poços bombeando em regime de 8,396 horas/dia com vazões informadas e outorgadas no Subdomínio Illc.

4.3.5.4 Recarga no Subdomínio IIIc

A Tabela 4.98 apresentada a seguir, identifica quais são as estações utilizadas para os cálculos de recarga, sendo mostradas ainda, outras informações como dimensão da bacia, código e nome da estação, e o período a que se referem os registros de medições de descarga em cada uma delas.

Tabela 4.98 – Informações básicas sobre as estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do Subdomínio IIIc.

Código da estação*	Latitude	Longitude	Denominação	Curso d'água	Área (km ²)	Período de monitoramento	Período adotado para cálculo
43429998	-15,9239	-46,1094	Arinos – Montante	Rio Urucuia	11.756,95	1977 - 2015	1977 - 2007
45770000	-13,4528	-44,5689	Arrojado	Rio Arrojado	5.650,21	1977 - 2015	1977 - 2007
46550000	-12,1525	-45,0094	Barreiras	Rio Grande	17.959,62	1934 - 2015	1934 - 2007
46902000	-11,3553	-43,8456	Boqueirão	Rio Grande	46.884,75	1933 - 2015	1933 - 2007
45220000	-14,4236	-44,4831	Capitânea	Rio Coxá	2.488,86	1967 - 2015	1967 - 2007
45880000	-13,56	-44,2856	Colônia do Formoso	Rio Formoso	9.200,66	1972 - 2015	1972 - 2007
46455000	-12,4106	-45,1222	Derocal	Rio das Fêmeas	6.430,72	1977 - 2015	1977 - 2007
44540000	-14,6514	-44,0925	Faz. Bom Retiro	Rio Japoré	600,19	1974 - 2011	1974 - 2007
46490000	-12,4044	-44,9531	Faz. Coqueiro	Rio São Desidério	6.360,67	1977 - 2015	1977 - 2007
46870000	-11,2356	-43,9494	Faz. Porto Limpo	Rio Preto	22.459,00	1977 - 2015	1977 - 2007
46543000	-12,1358	-45,1033	Faz. Redenção	Rio de Ondas	5.322,22	1977 - 2015	1977 - 2007
45260000	-14,26	-44,1522	Juvenília	Rio Cariranhá	15.971,77	1964 - 2015	1967 - 2007
45210000	-14,2831	-44,4094	Lagoa das Pedras	Rio Cariranhá	12.172,97	1969 - 2014	1969 - 2007
45740001	-13,2853	-44,5617	Mocambo	Rio Guará	7.624,77	1977 - 2015	1977 - 2007
46590000	-11,8561	-45,12	Nova Vida - Montante	Rio Branco	6.743,62	1977 - 2015	1977 - 2007
45960001	-13,2914	-43,9089	Porto Novo	Rio Corrente	31.409,62	1977 - 2014	1977 - 2007
43880000	-16,2811	-45,4142	Santo Inácio	Rio Urucuia	23.758,98	1962 - 2015	1962 - 2007
46610000	-11,9794	-44,8772	São Sebastião	Rio Grande	33.614,57	1977 - 2014	1977 - 2007
46415000	-12,4306	-45,0856	Sítio Grande	Rio Grande	5.012,81	1977 - 2015	1977 - 2007
46650000	-11,7208	-44,5022	Taguá	Rio Grande	36.564,89	1939 - 2014	1939 - 2007
44250000	-15,4831	-44,7681	Us. Pandeiros - Montante	Rio Pandeiros	3.718,57	1973 - 2015	1973 - 2007
43670000	-16,1331	-45,7417	Vila Urucuia	Rio Urucuia	17.495,91	1967 - 2014	1967 - 2007

Como se observa na Figura 4.50 apresentada a seguir, a configuração hidrográfica das vinte e duas bacias de interesse revela que uma pequena porção do Subdomínio IIIc não pode ser qualificada por estas, o que, no entanto, não prejudicou os cálculos realizados. Ressalta-se que parte das estações analisadas apresentam porções que extrapolam os limites do subdomínio em questão, tendo sido, portanto, computados somente os volumes interiores de cada uma das bacias em relação às áreas pertencentes a esse domínio.

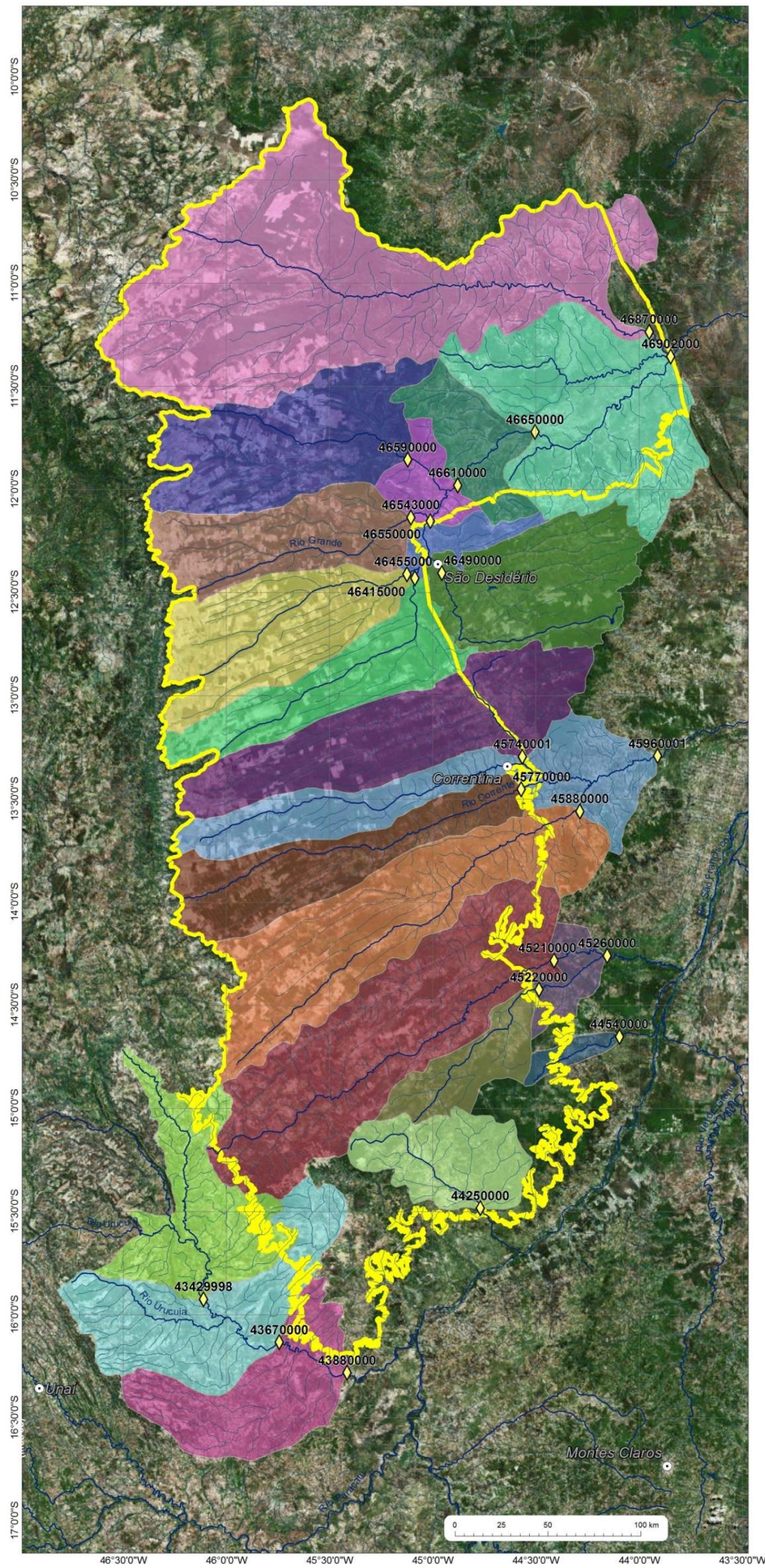
Ainda do ponto de vista geológico, o conteúdo litológico das oito bacias avaliadas mostrou-se distribuído pelas seguintes tipologias: Urucuia São

Desidério, Depósitos Aluvionares, Drenagem, Lagoa do Jacaré, Siltito, Sete Lagoas, Santa Fé, Lagoa do Jacaré, calcário, Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas, Paraopeba, calcário, Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas, Três Marias, Areado, Sítio Novo, Serra da Mamona, Canabrinha, Rio Preto, Riachão das Neves, Lagoa do Jacaré, Depósitos aluvionares antigos, Serra de Santa Helena, Sete Lagoas - fácies 1, Correntina, Granito Correntina e Januária.

A Tabela 4.99 apresentada abaixo indica os percentuais de distribuição de cada uma das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IIIc.

A seguir, no item relativo aos resultados de cada uma dessas estações/bacias, estão indicados cada um dos valores encontrados para os distintos tipos litológicos.

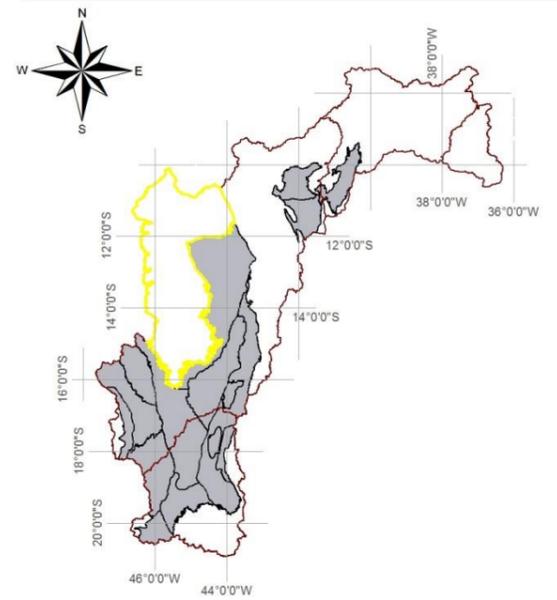
Subdomínio IIIC – Grupo Bambuí indeformado a parcialmente deformado



Mapas de localização



Mapa de domínios de ocorrência de unidades carbonáticas



Legenda

- ◆ Estação fluviométrica
 - Sedes municipais
 - Zonas de descarga local
 - Zonas de descarga intermediária
- Subdomínio**
- IIIC (Grupo Bambuí indeformado a parcialmente deformado)
- Limite da bacia hidrográfica**
- 43429998 - Arinos - Montante
 - 45770000 - Arrojado
 - 46550000 - Barreiras
 - 46902000 - Boqueirão
 - 45220000 - Capitânea
 - 45880000 - Colônia do Formoso
 - 46455000 - Derocal
 - 44540000 - Fazenda Bom Retiro
 - 46490000 - Fazenda Coqueiro
 - 46870000 - Fazenda Porto Limpo
 - 46543000 - Fazenda Redenção
 - 45260000 - Juvelínia
 - 45210000 - Lagoa das Pedras
 - 45740001 - Mocambo
 - 46590000 - Nova Vida - Montante
 - 45960001 - Porto Novo
 - 43880000 - Santo Inácio
 - 46610000 - São Sebastião
 - 46415000 - Sítio Grande
 - 46650000 - Tagua
 - 44250000 - Usina do Pandeiros - Montante
 - 43670000 - Vila Uruçua

Figura 4.50: Mapa de localização das 22 bacias hidrográficas consideradas nos cálculos de recarga do Subdomínio IIIC.

Tabela 4.99 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Subdomínio IIIc.

GEOLOGIA DO SUBDOMÍNIO IIIc			
Unidade Geológica	Área (km ²)	%	Tipologia Litológica
Urucuia	80870,93	73,44	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado
São Desidério	87,70	0,08	Metassiltito, Mármore, Metamarga
Lagoa do Jacaré	70,84	0,20	Calcarenito, Siltito, Marga
Depósitos aluvionares	4300,13	3,91	Areia, Argila, Cascalho, Silte
Sítio Novo	0,01	0,00	-
Serra da Mamona	730,13	0,66	Siltito, Calcário, Ardósia, Argilito
Canabravinha	1334,36	1,21	Rocha metapelítica, Dolomito
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	13167,37	11,96	Arenito, Rocha pelítica, Diamictito
Rio Preto	2107,27	1,91	Calcário, Marga, Siltito
Riachão das Neves	971,23	0,88	Aglomerado, Laterita. Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte
Lagoa do Jacaré	195,77	0,18	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito
Depósitos aluvionares antigos	0,03	0,00	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	3730,28	3,39	Arcóseo, Argilito, Siltito
Três Marias	56,94	0,05	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito
Areado	665,01	0,60	Quartzito feldspático, Metaconglomerado, Filito
Serra de Santa Helena	39,78	0,04	Metassiltito, Ardósia, Metarenito, Mármore, Metamarga
Lagoa do Jacaré, calcário	57,38	0,05	Metamarga, Metadiamictito, Metassiltito, Quartzito feldspático, Xisto
Sete Lagoas – Fácies 1	134,19	0,12	Xisto, Filito, Metaconglomerado
Correntina	580,44	0,53	Metarcóseo, Metassiltito, Metarenito feldspático, Mármore
Granito Correntina	45,72	0,04	Calcarenito, Siltito, Marga
Drenagem	1,84	0,00	Depósitos de argila, Depósitos de areia, Depósitos de cascalho
Lagoa do Jacaré, Siltito	52,73	0,05	Siltito, Folhelho, Marga
Sete Lagoas	5,31	0,00	Argilito, Silexito, Ritmito, Marga
Santa Fé	802,82	0,73	Ortognaisse, Migmatito, Rocha metaultramáfica
Paraopeba, calcário	20,61	0,02	Quartzo monzonito, Granodiorito, Monzonito, Granito
Januária	153,28	0,14	Granito, Quartzito diorito
Total	110111,26	100,00	

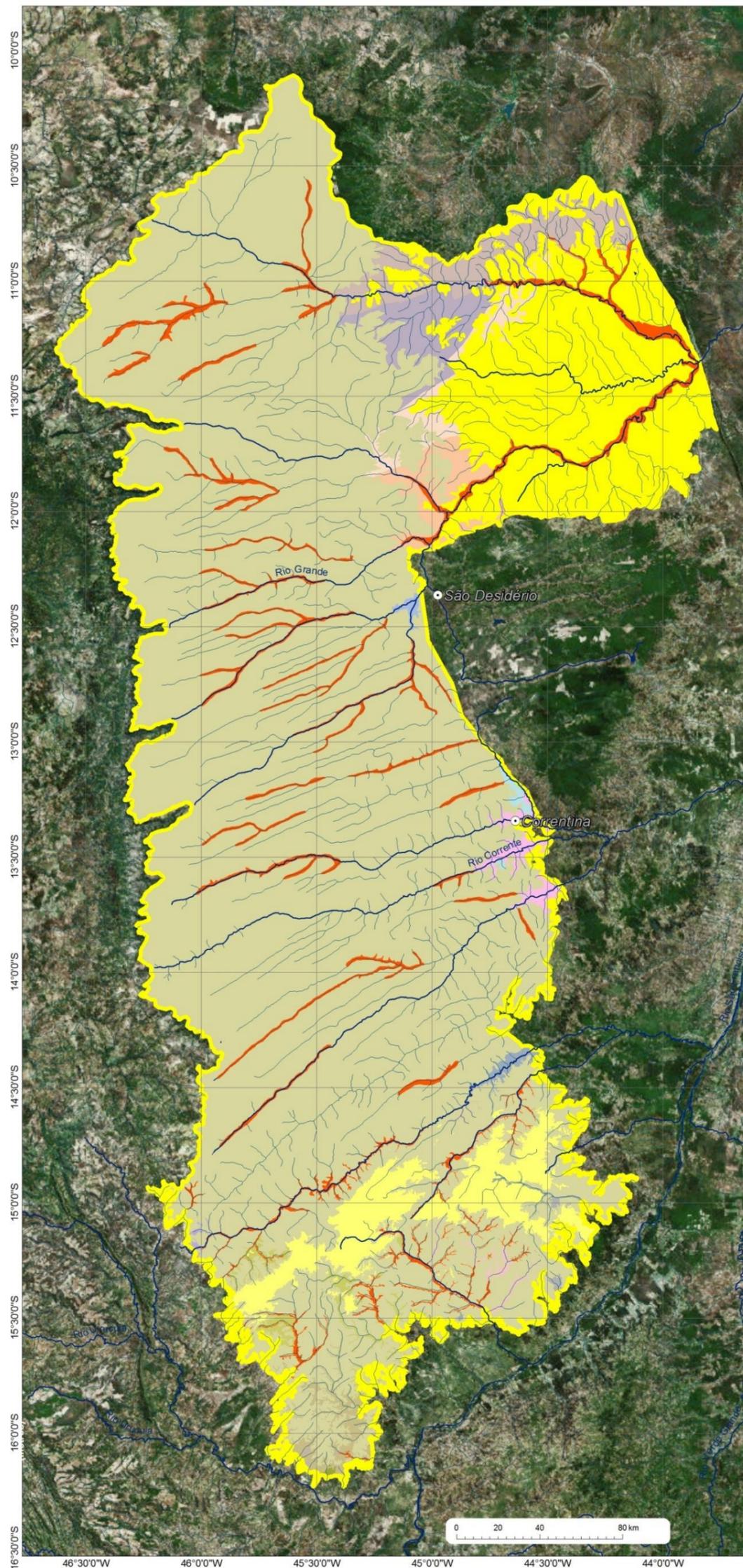
O mapa da Figura 4.51 mostra a distribuição dos tipos de rocha existentes no interior do subdomínio IIIc, bem como sua inserção na bacia do rio São Francisco.

4.5.4.1.1 Resultados

De posse da análise dos hidrogramas de cada um das oito estações fluviométricas, pôde-se estimar os quantitativos referentes às descargas

subterrâneas para cada tipologia litológica, bem como os valores médios de recarga anual e seus respectivos percentuais, quando considerada a média pluviométrica obtida pelas isoietas distribuídas em 22 estações no e em torno do subdomínio IIIc. Esses valores ainda poderão sofrer ajustes quando da identificação e análise de subdomínios vizinhos, quando avaliadas as outras estações existentes.

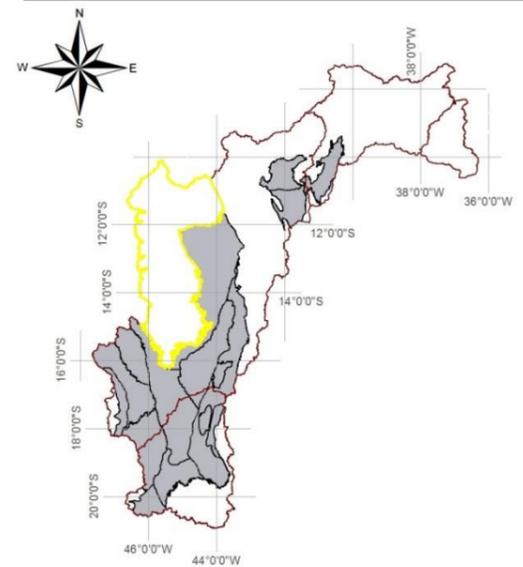
Subdomínio IIIc – Grupo Bambuí indeformado a parcialmente deformado



Mapas de localização



Mapa de domínios de ocorrência de unidades carbonáticas



Legenda

- Sedes municipais
 - Zonas de descarga local
 - Zonas de descarga intermediária
- Subdomínio**
- IIIc (Grupo Bambuí indeformado a parcialmente deformado)
- Unidades Geológicas**
- Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas
 - Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas
 - Depósitos aluvionares
 - Depósitos aluvionares antigos
 - Grupo Urucuia
 - Grupo Areado
 - Grupo Santa Fé
 - Formação Serra da Mamona
 - Formação Canabravinha
 - Formação São Desidério
 - Formação Serra de Santa Helena
 - Formação Três Marias
 - Formação Sete Lagoas
 - Formação Lagoa do Jacaré
 - Formação Lagoa do Jacaré, calcário
 - Lagoa do Jacaré, siltito
 - Formação Riachão das Neves
 - Unidade Rio Preto
 - Formação Sete Lagoas - fácies 1
 - Formação Sítio Novo
 - Subgrupo Paraopeba, calcário
 - Granito Correntina
 - Formação Januária

Figura 4.51: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IIIc.

Os hidrogramas de cada estação de interesse, os quais serviram para caracterizar os volumes médios que representam as descargas oriundas dos aquíferos, permitem visualizar os traçados que representam os filtros adotados nos procedimentos metodológicos (Eckardt, 2005) e servem ainda para identificar os volumes médios de referência (Filtros A e B) adotados como o valor de base assumido para o escoamento subterrâneo (recarga), considerando-se todo o período de medição de descargas de cada estação.

Considerando-se que cada tipologia litológica apresenta uma determinada característica hidrogeológica, ou seja, suas propriedades físicas intrínsecas permitem que sua capacidade de armazenamento de água seja variável (entre distintos tipos de rocha), o conjunto de rochas presentes numa dada bacia hidrográfica vai definir o potencial médio de água capaz de ser liberada no tempo, e no espaço físico da bacia hidrográfica, o que, por sua vez, definirá o volume de descarga específica média numa dada seção fluviométrica e, também, se for o caso, por tipologia litológica. Por isso, a análise ano a ano de cada hidrograma, segundo o método de aplicação de filtros para separação dos escoamentos superficial e subterrâneo revela-se como ferramenta importante para o reconhecimento dessas descargas específicas médias, numa dada seção de interesse.

Os resultados finais de descarga subterrânea específica obtidos em cada estação são apresentados nas Tabelas 4.100 a 4.121 a seguir.

Tabela 4.100 – Áreas e valores de vazão para a estação Arinos – Montante.

Estação Arinos – Montante	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Paranoá	Metarenito arcoseano, Rocha metapelítica, Rocha pelítica	222,507	1,893	5,068	1127,580	5,676
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	631,929	5,375	11,358	7177,715	
Santa Fé	Arenito, Rocha pelítica, Diamictito	0,688	0,006	10,485	7,211	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	1330,173	11,314	8,213	10924,726	
Paraopeba, calcário	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	34,502	0,293	8,737	301,454	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	2542,482	21,625	9,436	23991,436	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	5002,790	42,552	2,097	10490,545	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	130,912	1,113	10,485	1372,568	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	1327,234	11,289	5,068	6725,896	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	203,497	1,731	12,582	2560,322	
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	39,168	0,333	10,198	399,447	
Serra da saudade	Siltito, Argilito, Arenito, Rocha pelítica	47,363	0,403	1,889	89,448	
Paranoá – Unidade rítmica Quartzítica intermediária	Metassiltito, Siltito argiloso, Metargilito	35,784	0,304	5,477	195,984	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	63,643	0,541	6,421	408,665	
Serra Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	18,561	0,158	1,889	35,053	
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	Metargilito, Metassiltito, Ardósia, Mármore	125,096	1,064	9,443	1181,273	
Drenagem		0,624	0,05	0,000	0,000	

Tabela 4.101 – Áreas e valores de vazão para a estação Arrojado.

Estação Arrojado	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Sete Lagoas – Fácies 1	Argilito, Silexito, Ritmito, Marga	32,125	0,569	3,173	101,946	8,340
Correntina	Ortognaisse, Migmatito, Rocha metaultramáfica	206,472	3,654	2,116	436,808	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	5371,970	95,076	8,595	46169,548	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	0,603	0,011	6,215	3,749	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	39,041	0,691	10,578	412,975	

Tabela 4.102 – Áreas e valores de vazão para a estação Barreiras.

Estação Barreiras	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Serra da Mamona	Metassiltito, Ardósia, Metarenito, Mármore, Metamarga	249,806	1,318	1,851	462,287	4,250
Riachão das Neves	Metarcóseo, Metassiltito, Metarenito feldspático, Mármore	9,934	0,052	1,983	19,697	
São Desidério	Metassiltito, Mármore, Metamarga	598,665	3,158	2,644	1582,689	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	17288,959	91,188	4,296	74273,542	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	801,184	4,226	7,081	5673,031	
Drenagem		11,070	0,058	0,000	0,000	

Tabela 4.103 – Áreas e valores de vazão para a estação Boqueirão.

Estação Boqueirão	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Sítio Novo	Quartzito feldspático, Metaconglomerado, Filito	76,761	0,164	2,019	155,008	4,088
Serra da Mamona	Metassiltito, Ardósia, Metarenito, Mármore, Metamarga	1121,812	2,393	1,950	2187,226	
Canabravinha	Metamarga, Metadiamiclito, Metassiltito, Quartzito feldspático, Xisto	172,038	0,367	1,532	263,550	
São Desidério	Metassiltito, Mármore, Metamarga	1050,880	2,241	2,785	2927,042	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	31116,139	66,367	4,526	140836,406	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	9606,730	20,490	3,273	31440,494	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	989,805	2,111	2,019	1998,772	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	1768,285	3,772	5,571	9850,499	
Riachão das Neves	Metarcóseo, Metassiltito, Metarenito feldspático, Mármore	971,229	2,072	1,043	1012,549	
Drenagem		11,070	0,024	0,000	0,000	

Tabela 4.104 – Áreas e valores de vazão para a estação Capitânea.

Estação Capitânea	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	0,252	0,010	2,143	0,540	3,223
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	0,820	0,033	2,143	1,758	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	1221,428	49,076	3,086	3768,928	
Lagoa do Jacaré, calcário	Calcário, Marga, Siltito	0,347	0,014	2,314	0,802	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	1109,502	44,579	3,429	3803,957	
Serra Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	31,072	1,248	0,514	15,980	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	125,434	5,040	3,429	430,055	

Tabela 4.105– Áreas e valores de vazão para a estação Colônia do Formoso.

Estação Colônia do Formoso	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	48,437	0,475	5,216	252,670	6,375
Sete Lagoas – Fácies 1	Argilito, Silexito, Ritmito, Marga	746,359	7,317	2,504	1868,803	
Correntina	Ortognaisse, Migmatito, Rocha metaultramáfica	153,970	1,509	1,669	257,016	
Granito Correntina	Quartzo monzonito, Granodiorito, Monzonito, Granito	54,890	0,538	1,669	91,626	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	8667,934	84,974	6,781	58780,552	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	13,958	0,137	4,903	68,441	
Serra Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	80,690	0,791	1,252	101,020	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	431,979	4,235	8,346	3605,436	
Drenagem		2,442	0,024	0,000	0,000	

Tabela 4.106 – Áreas e valores de vazão para a estação Derocal.

Estação Derocal	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	6004,389	93,370	5,753	34544,191	5,829
São Desidério	Metassilito, Mármore, Metamarga	16,755	0,261	2,567	43,006	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	409,580	6,369	7,081	2900,156	

Tabela 4.107 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Bom Retiro.

Estação Fazenda Bom Retiro	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	91,560	15,255	1,319	120,805	1,630
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	149,693	24,941	2,522	377,588	
Coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	50,372	8,393	1,824	91,874	
Coberturas detrítico-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	77,363	12,890	2,328	180,131	
Serra Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	79,518	13,249	0,466	37,030	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	151,679	25,272	1,125	170,698	

Tabela 4.108 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Coqueiro.

Estação Fazenda Coqueiro	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Serra da Mamona	Metassiltito, Ardósia, Metarenito, Mármore, Metamarga	4,487	0,071	1,857	8,331	0,588
São Desidério	Metassiltito, Mármore, Metamarga	491,012	7,720	2,652	1302,336	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	5680,613	89,308	4,310	24483,853	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	173,483	2,727	5,305	920,278	
Drenagem		11,070	0,174	0,000	0,000	

Tabela 4.109 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Porto Limpo.

Estação Fazenda Porto Limpo	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Sítio Novo	Quartzito feldspático, Metaconglomerado, Filito	34,859	0,155	1,778	61,988	3,368
Rio Preto	Xisto, Filito, Metaconglomerado	2331,556	10,381	0,981	2287,480	
Granitóide Mansidão	Metagranito, Metatonalito	320,534	1,427	0,981	314,475	
Serra da Mamona	Metassiltito, Ardósia, Metarenito, Mármore, Metamarga	264,332	1,177	1,717	453,837	
Canabrinha	Metamarga, Metadiamicrito, Metassiltito, Quartzito feldspático, Xisto	1162,326	5,175	1,778	2066,890	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	14216,038	63,298	3,986	56660,877	
Coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	3187,131	14,191	2,882	9185,212	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	942,227	4,195	4,905	4622,075	

Tabela 4.110 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Redenção.

Estação Fazenda Redenção	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Riachão das Neves	Metarcóseo, Metassiltito	29,756	0,559	3,007	89,473	6,785
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	5067,137	95,207	6,740	34150,428	
Depósitos aluvionares	Areia	225,328	4,234	8,295	1869,072	

Tabela 4.111 – Áreas e valores de vazão para a estação Juvenília.

Estação Juvenília	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Sete Lagoas – Fácies 1	Argilito, Silexito, Ritmito, Marga	957,088	5,992	2,488	2380,837	6,631
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	380,208	2,380	3,844	1461,689	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	10900,513	68,249	7,350	80115,327	
Depósitos aluvionares antigos	Depósitos de argila, Depósitos de areia, Depósitos de cascalho	3,922	0,025	8,141	31,931	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	109,371	0,685	5,314	581,238	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	1921,702	12,032	6,784	13037,447	
Serra Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	398,933	2,498	1,357	541,298	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	209,678	1,313	3,279	687,552	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	516,647	3,235	9,046	4673,471	
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	195,819	1,226	2,143	419,608	
Lagoa do Jacaré, calcário	Calcário, Marga, Siltito	0,347	0,002	2,314	0,802	
Granito Correntina	Quartzo monzonito, Granodiorito, Monzonito, Granito	11,584	0,073	2,079	24,083	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	212,250	1,329	1,949	413,691	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	153,711	0,962	8,446	1298,241	

Tabela 4.112 – Áreas e valores de vazão para a estação Lagoa das Pedras.

Estação Lagoa das Pedras	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	195,568	1,607	6,497	1270,587	7,914
Sete Lagoas – Fácies 1	Argilito, Silexito, Ritmito, Marga	733,467	6,025	3,119	2287,334	
Granito Correntina	Quartzo monzonito, Granodiorito, Monzonito, Granito	11,584	0,095	2,079	24,083	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	52,051	0,428	4,418	229,956	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	9570,330	78,620	8,446	80830,952	
Depósitos aluvionares antigos	Depósitos de argila, Depósitos de areia, Depósitos de cascalho	0,542	0,004	9,356	5,073	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	5,446	0,045	6,107	33,261	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	785,650	6,454	7,796	6125,169	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	212,250	1,744	1,949	413,691	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	153,711	1,263	8,446	1298,241	
Serra Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	97,846	0,804	1,559	152,568	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	2,116	0,017	3,638	7,699	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	352,402	2,895	10,395	3663,245	

Tabela 4.113 – Áreas e valores de vazão para a estação Mocambo.

Estação Mocambo	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Sete Lagoas – Fácies 1	Argilito, Silexito, Ritmito, Marga	263,430	3,054	0,882	232,343	3,395
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito	110,393	1,280	0,441	48,683	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	7883,591	91,406	2,389	18831,786	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	345,729	4,009	2,940	1016,436	
Correntina	Ortognaisse, Migmatito, Rocha metaultramáfica	21,625	0,251	0,588	12,715	

Tabela 4.114 – Áreas e valores de vazão para a estação Nova Vida – Montante.

Estação Nova Vida – Montante	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Serra da Mamona	Metassiltito, Ardósia, Metarenito, Mármore, Metamarga	140,593	1,816	2,217	311,702	5,090
Canabrinha	Metamarga, Metadiamicrito, Metassiltito, Quartzito feldspático, Xisto	11,374	0,147	1,742	19,812	
Riachão das Neves	Metarcóseo, Metassiltito	78,440	1,013	2,375	186,326	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	7317,821	94,501	5,147	37662,759	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	195,390	2,523	6,334	1237,685	

Tabela 4.115 – Áreas e valores de vazão para a estação Porto Novo.

Estação Porto Novo	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	362,100	1,153	3,550	1285,360	5,208
Sete Lagoas – Fácies 1	Argilito, Silexito, Ritmito, Marga	1916,618	6,102	1,952	3741,924	
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito	175,760	0,560	1,065	187,171	
Correntina	Ortognaisse, Migmatito, Rocha metaultramáfica	580,464	1,848	1,420	824,200	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	26046,047	82,924	5,768	150242,221	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	213,931	0,681	4,171	892,297	
Serra Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	790,265	2,516	1,065	841,572	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	136,431	0,434	2,574	351,114	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	1130,670	3,600	7,099	8027,173	
Granito Correntina	Quartzo monzonito, Granodiorito, Monzonito, Granito	54,890	0,175	1,669	91,626	
Drenagem		2,442	0,008	0,000	0,000	

Tabela 4.116 – Áreas e valores de vazão para a estação Santo Inácio.

Estação Santo Inácio	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	1987,696	8,366	7,529	14965,705	4,571
Santa Fé	Arenito, Rocha pelítica, Diamictito	417,991	1,759	7,529	3147,128	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	3677,002	15,476	5,444	20018,224	
Paraopeba, calcário	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	265,513	1,118	5,792	1537,766	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	5140,196	21,635	6,950	35724,380	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	7943,509	33,434	1,390	11041,485	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	593,671		6,718	3988,483	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Rítmito, Marga	2096,327	8,823	3,012	6313,440	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	1073,906	4,520	9,267	9951,538	
Paranoá	Metarenito arcoseano, Rocha metapelítica	232,783	0,980	3,749	872,785	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	63,793	0,268	4,396	280,420	
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	39,168	0,165	10,198	399,447	
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito	47,363	0,199	1,889	89,448	
Paranoá 3 – Rítmica Quartzítica Intermediária	Metassiltito, Siltito argiloso, Metargilito	35,784	0,151	5,477	195,984	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	18,561	0,078	1,889	35,053	
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	Metargilito, Metassiltito, Ardósia, Mármore	125,096	0,527	9,443	1181,273	
Drenagem		0,624	0,003	0,000	0,000	

Tabela 4.117 – Áreas e valores de vazão para a estação São Sebastião.

Estação São Sebastião	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Serra da Mamona	Metassiltito, Ardósia, Metarenito, Mármore, Metamarga	456,132	1,357	1,825	832,654	4,169
Riachão das Neves	Metarcóseo, Metassiltito	576,278	1,714	1,956	1127,117	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	30472,534	90,653	4,238	129133,061	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	141,580	0,421	3,064	433,826	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	1346,932	4,007	5,216	7025,078	
São Desidério	Metassiltito, Mármore, Metamarga	598,665	1,781	2,644	1582,689	
Canabrinha	Metamarga, Metadiamicrito, Metassiltito, Quartzito feldspático, Xisto	11,374	0,034	1,742	19,812	
Drenagem		11,070	0,033	0,000	0,000	

Tabela 4.118 – Áreas e valores de vazão para a estação Sítio Grande.

Estação Sítio Grande	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	4770,832	95,173	4,653	22199,352	4,688
São Desidério	Metassiltito, Mármore, Metamarga	23,860	0,476	2,076	49,534	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	218,121	4,351	5,727	1249,166	

Tabela 4.119 – Áreas e valores de vazão para a estação Taguá.

Estação Taguá	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Serra da Mamona	Metassiltito, Ardósia, Metarenito, Mármore, Metamarga	849,760	2,324	0,973	826,851	2,171
Canabrinha	Metamarga, Metadiamicrito, Metassiltito, Quartzito feldspático, Xisto	86,888	0,238	0,765	66,429	
Riachão das Neves	Metarcóseo, Metassiltito, Metarenito feldspático, Mármore	971,229	2,656	1,043	1012,549	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	30897,839	84,501	2,259	69793,428	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	1675,241	4,582	1,633	2736,203	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	1474,201	4,032	2,780	4098,452	
São Desidério	Metassiltito, Mármore, Metamarga	598,665	1,637	2,644	1582,689	
Drenagem		11,070	0,030	0,000	0,000	

Tabela 4.120 – Áreas e valores de vazão para a estação Usina do Pandeiros – Montante.

Estação Usina do Pandeiros – Montante	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Januária	Granito, Quartzo diorito	153,276	4,122	0,959	147,007	4,050
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	0,343	0,009	2,329	0,798	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	2685,533	72,219	4,453	11958,550	
Lagoa do Jacaré, calcário	Calcário, Marga, Siltito	1,676	0,045	3,425	5,741	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	3,634	0,098	3,220	11,700	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	639,413	17,195	4,110	2628,256	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	10,975	0,295	4,453	48,872	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	223,722	6,016	5,481	1226,124	

Tabela 4.121 – Áreas e valores de vazão para a estação Vila Urucuia.

Estação Vila Urucuia	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Paranoá	Metarenito arcoseano, Rocha metapelítica, Rocha pelítica	232,783	1,259	3,749	872,785	4,788
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	63,793	0,345	4,396	280,420	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	1584,703	8,568	8,404	13317,388	
Santa Fé	Arenito, Rocha pelítica, Diamictito	40,789	0,221	7,757	316,415	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	2832,286	15,313	6,077	17210,469	
Paraopeba, calcário	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	87,871	0,475	6,464	568,033	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	4258,852	23,026	4,983	29733,359	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	6430,893	34,769	1,551	9977,235	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	263,506	1,425	7,757	2044,086	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	1738,486	9,399	3,879	6742,952	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	695,352	3,759	9,309	6472,841	
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	39,168	0,212	10,198	399,447	
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito	47,363	0,256	1,889	89,448	
Paranoá 3 – Rítmica Quartzítica Intermediária	Metassiltito, Siltito argiloso, Metargilito	35,784	0,193	5,477	195,984	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	18,561	0,100	1,889	35,053	
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	Metargilito, Metassiltito, Ardósia, Mármore	125,096	0,676	9,443	1181,273	
Drenagem		0,624	0,003	0,000	0,000	

4.5.4.1.2 Considerações finais

Diante dos valores encontrados para as recargas dos aquíferos contidos no Subdomínio IIIc, verifica-se a partir da Tabela 4.122, apresentada que o valor médio da Vazão subterrânea específica é de 3,37 L/s.km², variando entre 0,96 L/s.km² e 9,36 L/s.km² e em termos médios anuais, a média geral da recarga média anual para o Subdomínio IIIc corresponde cerca de 93,58 mm/ano.

Tabela 4.122 – Resultados de recarga encontrados para o Subdomínio IIIc.

Unidade	Área (km ²)	Vazão mínima ponderada por litologia (L/s)	Vazão subterrânea específica média (L/s.km ²)	Recarga média anual (mm/ano)
Urucuia	80870,93	423140,20	5,23	165,01
São Desidério	87,70	220,53	2,51	79,31
Depósitos aluvionares	4300,13	21873,90	5,09	160,42
Sítio Novo	0,01	0,03	2,02	63,68
Serra da Mamona	730,13	1240,49	1,70	53,58
Canabravinha	1334,36	2345,36	1,76	55,43
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	13167,37	35057,08	2,66	83,96
Rio Preto	2107,27	2067,43	0,98	30,94
Riachão das Neves	971,23	1673,07	1,72	54,32
Lagoa do Jacaré	195,77	1194,43	6,10	192,40
Depósitos aluvionares antigos	0,03	0,29	9,36	295,04
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	3730,28	15482,73	4,15	130,89
Três Marias	56,94	101,88	1,79	56,43
Areado	665,01	5574,76	8,38	264,36
Serra de Santa Helena	39,78	62,02	1,56	49,17
Lagoa do Jacaré, calcário	57,38	109,78	1,91	60,33
Sete Lagoas – fácies 1	134,19	231,14	1,72	54,32
Correntina	580,44	871,38	1,50	47,34
Granito Correntina	45,72	76,31	1,67	52,64
Drenagem	1,84	0,00	0,00	0,00
Lagoa do Jacaré, Siltito	52,73	0,00	0,00	0,00
Sete Lagoas	5,31	0,00	0,00	0,00
Santa Fé	802,82	5433,41	6,77	213,43
Paraopeba, calcário	20,61	95,48	4,63	146,12
Januária	153,28	147,01	0,96	30,25
				93,58

4.3.5.5 Zoneamento da exploração no Subdomínio IIIc

O zoneamento da exploração é considerado fundamental para a gestão do aquífero e para cumprir essa finalidade foi adotado o seguinte procedimento:

- O ponto de partida para o *zoneamento da exploração* foi a inserção da área do Subdomínio IIIc, em estudo, no interior de um retângulo compreendido entre os paralelos de 43°30'W e 46°30'W e entre os meridianos de 10°S e 16°30'S, no qual foi feita uma partição em células quadradas de 30' de lado, com área aproximadamente de 3.025 km² (55 km x 55 km), conforme Figura 4.52. Globalmente, o Subdomínio IIIc, com área de 109.832,7 km², foi recoberto por 57 células com áreas variáveis de 12,4 a 3.019,7 km².
- Foi então realizado um balanço tendo como vazão de entrada em cada célula a recarga média avaliada por sub-bacia (Tabela 4.123) e como descarga de saída, a vazão informada no cadastro de usuários realizado em 2014 na área do projeto. Verificou-se que o número de poços existentes em condições de operação em cada célula varia bastante estando concentrados principalmente nas células I05, J05 e H06. Isto permitiu obter o mapa de zoneamento da exploração do aquífero em 2014 (Figura 4.52). Esse mapa revela que em todas as células há excedente hídrico e que as retiradas são bem inferiores à recarga.
- Essa conclusão baseada em vazão informada sugere que não há motivos para preocupação nesse subdomínio, notadamente porque a julgar pelo índice de concentração de poços, o resultado é consistente com a realidade.
- Neste sentido, não há prioridade para implementação de um programa de monitoramento automático de níveis e descargas de poços neste subdomínio.

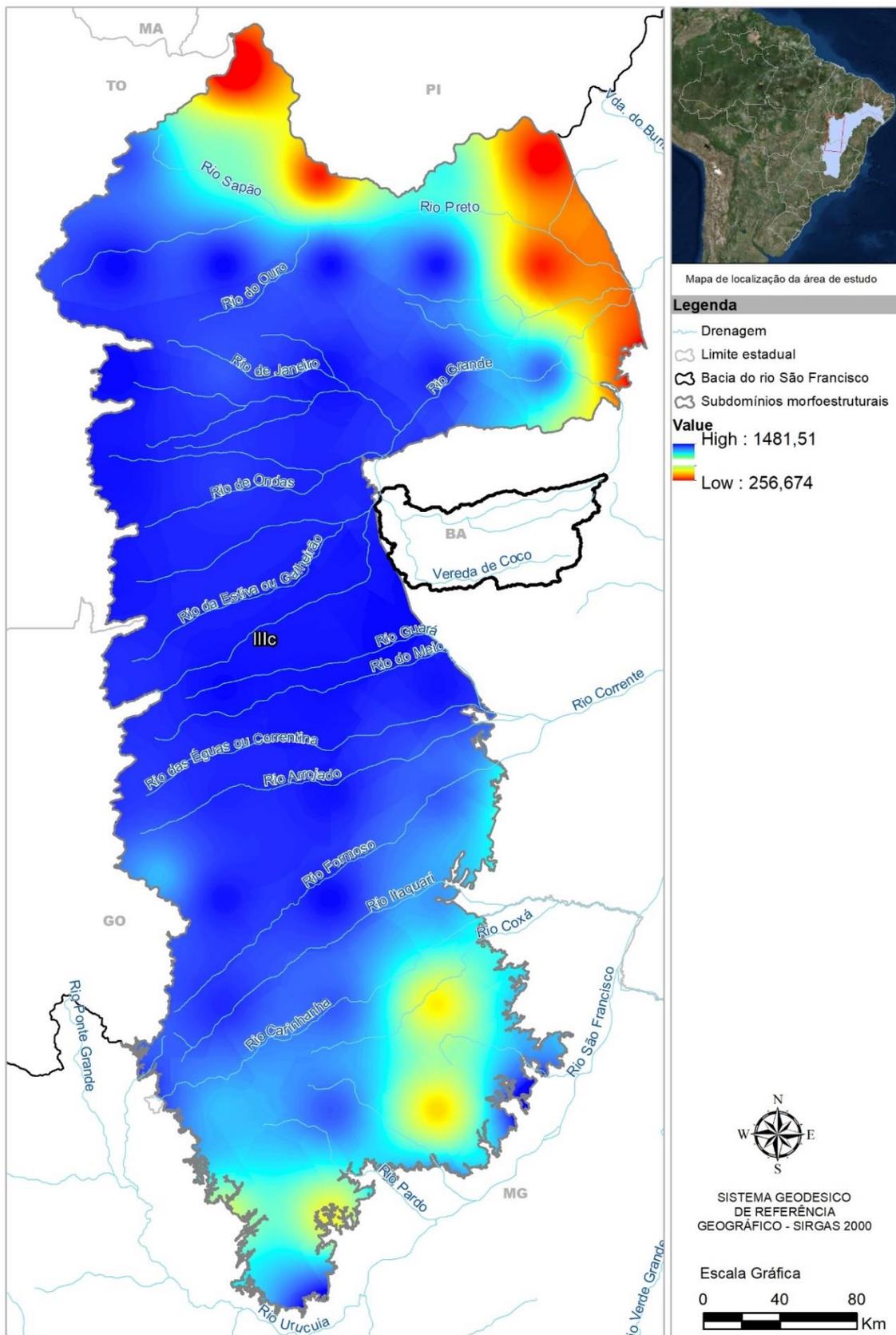


Figura 4.52: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Subdomínio Ilc com excedente hídrico.

Tabela 4.123 – Balanço entre recarga natural e vazão explorada no subdomínio IIIc.

Célula	x	y	Area km ²	Número de Poços	Recarga m ³ /dia	Produção Estimada m ³ /dia	Saldo m ³ /dia
E05	-45,694	-10,322	1.117,0	0	256.673	0	256.673
F04	-46,226	-10,746	1.343,7	0	1.204.420	0	1.204.420
F05	-45,75	-10,75	3.010,3	3	899.199	680	898.519
F06	-45,301	-10,824	1.481,8	30	385.431	5.236	380.195
F07	-44,719	-10,822	1.303,4	25	962.523	3.575	958.948
F08	-44,25	-10,75	1.855,9	30	347.015	4.293	342.722
G04	-46,25	-11,25	3.005,0	0	1.284.630	0	1.284.630
G05	-45,75	-11,25	3.019,7	0	1.284.630	0	1.284.630
G06	-45,25	-11,25	3.019,7	23	1.284.630	5.087	1.279.543
G07	-44,75	-11,25	3.019,7	36	1.284.630	10.044	1.274.586
G08	-44,25	-11,25	3.016,7	2	384.394	260	384.134
G09	-43,75	-11,25	649,7	4	445.295	1.186	444.109
H04	-46,25	-11,75	1.807,1	2	1.284.630	732	1.283.898
H05	-45,75	-11,75	3.014,4	23	1.284.630	96.177	1.188.453
H06	-45,25	-11,75	3.014,4	32	1.284.630	8.503	1.276.127
H07	-44,75	-11,75	3.014,4	73	1.284.630	19.833	1.264.797
H08	-44,25	-11,75	2.970,2	35	1.162.789	12.135	1.150.654
H09	-43,75	-11,75	719,8	6	119.754	2.875	116.879
I04	-46,25	-12,25	2.039,8	10	1.284.630	9.115	1.275.515
I05	-45,75	-12,25	3.009,0	114	1.284.630	55.877	1.228.753
I06	-45,25	-12,25	2.781,9	58	1.187.697	24.471	1.163.226
I07	-44,75	-12,25	386,0	18	164.793	4.613	160.180
I08	-44,25	-12,25	97,2	9	26.627	3.600	23.026
J04	-46,25	-12,75	1.497,2	44	1.284.630	16.894	1.267.736
J05	-45,75	-12,75	3.003,3	74	1.284.630	27.866	1.256.764
J06	-45,25	-12,75	2.986,7	21	1.277.509	21.904	1.255.605
J07	-44,75	-12,75	505,5	3	221.905	1.050	220.855
K04	-46,25	-13,25	1.499,0	10	1.244.525	3.840	1.240.685
K05	-45,75	-13,25	2.997,4	16	1.284.630	5.000	1.279.630
K06	-45,25	-13,25	2.997,4	13	1.284.630	9.225	1.275.405
K07	-44,75	-13,25	2.346,5	32	1.005.616	9.873	995.743
K08	-44,25	-13,25	12,4	2	5.064	435	4.629
L04	-46,25	-13,75	1.417,2	57	1.284.630	48.951	1.235.679
L05	-45,75	-13,75	2.991,3	50	1.284.630	29.057	1.255.573
L06	-45,25	-13,75	2.991,3	29	1.284.630	11.024	1.273.606

Tabela 4.123 – Balanço entre recarga natural e vazão explorada no subdomínio IIIc – Continuação.

Célula	x	y	Area km ²	Número de Poços	Recarga m ³ /dia	Produção Estimada m ³ /dia	Saldo m ³ /dia
L07	-44,75	-13,75	2.951,7	14	1.176.693	3.727	1.172.967
L08	-44,25	-13,75	142,4	1	25.695	633	25.062
M04	-46,054	-14,139	514,9	7	1.063.841	2.419	1.061.422
M05	-45,75	-14,25	2.873,0	30	1.284.630	11.466	1.273.164
M06	-45,25	-14,25	2.985,0	1	1.284.630	384	1.284.246
M07	-44,75	-14,25	2.510,6	27	939.670	7.735	931.935
M08	-44,25	-14,25	23,6	1	5.577	216	5.361
N04	-46,401	-14,895	235,1	0	258.875	0	258.875
N05	-45,75	-14,75	2.960,3	24	1.284.630	35.063	1.249.567
N06	-45,25	-14,75	2.978,4	13	1.226.043	38.648	1.187.395
N07	-44,75	-14,75	2.978,4	14	661.925	6.900	655.025
N08	-44,25	-14,75	977,9	22	370.701	7.446	362.255
O04	-46,25	-15,25	249,0	0	114.001	0	114.001
O05	-45,75	-15,25	2.715,9	15	967.864	6.264	960.600
O06	-45,25	-15,25	2.966,3	9	1.188.026	4.117	1.183.909
O07	-44,75	-15,25	2.928,4	27	625.618	9.143	616.475
O08	-44,25	-15,25	714,1	19	390.403	8.354	382.049
P05	-45,75	-15,75	1.335,3	4	348.225	1.536	346.689
P06	-45,25	-15,75	1.927,7	5	453.249	2.710	450.539
P07	-44,75	-15,75	182,0	0	92.563	0	92.563
Q05	-45,75	-16,25	259,2	2	79.159	434	78.725
Q06	-45,25	-16,25	481,6	17	242.866	4.036	238.830

4.3.6 Reservas, potencialidades e exploração

As conceituações de reservas, potencialidades e exploração encontram-se nos tópicos 1.2, 1.3 e 1.4 do Capítulo 1.

4.3.6.1 Reservas permanentes

As reservas permanentes do Subdomínio IIIc do Domínio III – Grupo Bambuí Pouco Deformado foram avaliadas de acordo com o exposto nos itens 1.2.1, e 1.2.2 do Capítulo 1 do presente relatório. A Tabela 4.124 a seguir sintetiza os valores utilizados e os resultados obtidos.

Tabela 4.124 – Reserva permanente do Subdomínio IIIc.

Subdomínio IIIc do Domínio III								
Unidade Geológica	Área (km ²)	%	Litologia predominante	P (m)	NE (m)	μ _e	b (m)	RP (hm ³)
São Desidério	4.521,50	20,56	Metassiltito, Mármore, Metamarga	77,00	13,00	0,090	64,00	26.043,85
Serra da Mamona	5.163,93	23,48	Siltito, Calcário, Ardósia, Argilito	110,00	10,00	0,070	100,00	36.147,52
Canabravinha	5.768,16	26,23	Rocha metapelítica, Dolomito	94,00	6,50	0,060	87,50	30.282,85
Rio Preto	6.541,07	29,74	Calcário, Marga, Siltito	120,00	13,00	0,040	107,00	27.995,79
Total	21.994,67	100,00						Reserva permanente total 120.470,01

P = prof. média dos poços NE = nível est. médio μ = poros efetiva b = espes. saturada média RP = Res. Perman.

4.3.6.4 Exploração

O conceito de exploração de água subterrânea, aqui adotado, é discutido no item 1.4 do presente relatório.

Uma análise bastante detalhada da produção dos poços do Subdomínio IIIc foi apresentada acima no item 4.3.5.3. Os números obtidos nessa análise serão aqui reproduzidos.

4.3.6.4.1 Exploração efetiva

A exploração efetiva é avaliada em 100.593,67 m³/dia ou 36,7 hm³/ano para um regime médio de 8,4 horas/dia de bombeamento.

4.3.6.4.2 Exploração instalada

Considerando-se regime de bombeamento contínuo, chega-se a uma exploração instalada de 104,9 hm³/ano.

4.4 Subdomínio III d

Abrange os terrenos não deformados a pouco deformados do Grupo Bambuí aflorantes na margem direita do rio São Francisco. Apresenta áreas de calcários expostos com muitas feições cársticas em superfície. Abrange as cidades de Coração de Jesus, Brasília de Minas, Japonvar, Varzelândia, Jaíba e Iuiú.

4.4.1 Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação

Neste item tem-se o levantamento do uso do solo, das estruturas cársticas e das fontes de contaminação realizado para a área regional, conforme descrito no capítulo de Metodologia, e recortados aqui para o Subdomínio III d.

Na Tabela 4.123 tem-se as fontes contaminantes do Subdomínio III d.

Tabela 4.123 – Fontes contaminantes do Subdomínio IIIId.

Subdomínio IIIId – Fontes contaminantes	
Cemitério	24
Esgotamento sanitário	10
Indústria	2
Lixão / Aterro sanitário	3
Mineração	3
Posto de combustível	57
Total:	99

O quantitativo de estruturas cársticas para o subdomínio IIIId foi de 100 cavidades e 453 dolinas, e estão exibidas na Figura 4.53.

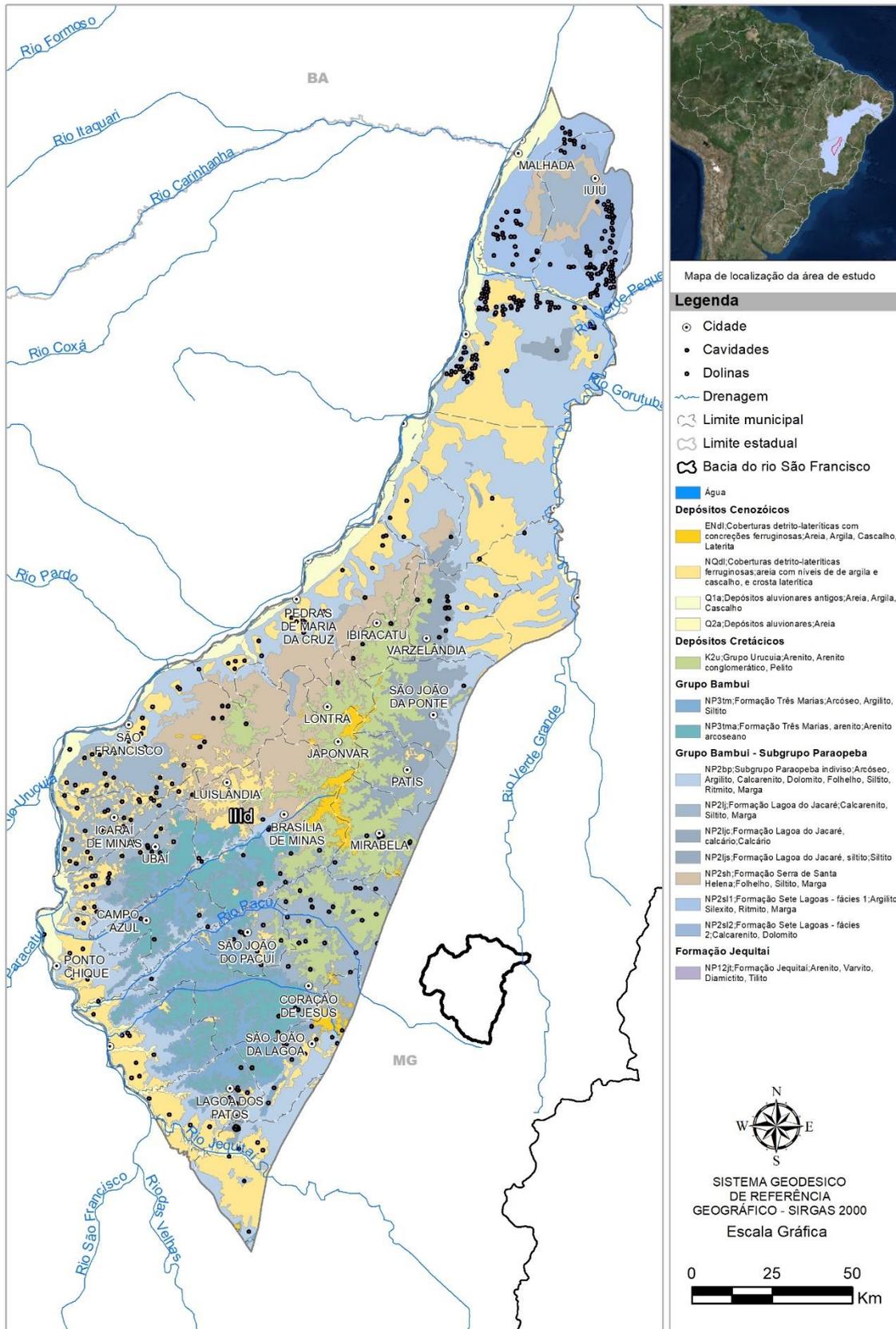


Figura 4.53: Mapa de estruturas cársticas do Subdomínio IIIId.

As áreas das diferentes classes de uso do solo do subdomínio IIIId são quantificadas conforme mostrado na Tabela 4.124.

Tabela 4.124 – Áreas de uso do solo do Subdomínio IIIId.

Classes de uso do solo	Área em km ²
Área urbanizada	3,17
Campestre	11821,01
Corpo d'água continental	162,98
Florestal	10370,05
Lavoura temporária	1133,25
Sem informação	8,19
Total:	23.498,65

A distribuição percentual das áreas das classes de uso do solo no subdomínio IIIId é mostrada na Figura 4.54.

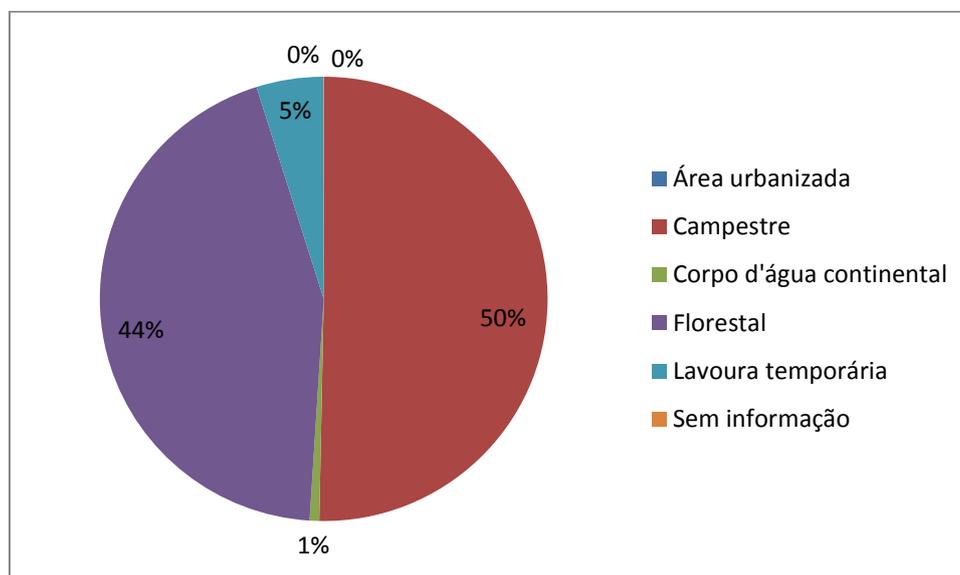


Figura 4.54: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Subdomínio IIIId.

A maior porcentagem encontra-se na classe Campestre, com 50% da área total de 23.498,65 km², ou seja, 11.821,01 km² de área; em seguida, a maior área foi identificada como Florestal com aproximadamente 44% ou 9.370,05 km²; a classe Lavoura Temporária representa 5% ou 1.133,25 km²; as demais classes, como Corpo de Água Continental, Área Urbanizada e Sem Informação, representam valor menor que 2%, respectivamente com 162,98 km², 3,17 km² e 8,19 km².

O mapa do uso do solo acrescido dos possíveis pontos de contaminação e estruturas cársticas, para o subdomínio IIIId, pode ser observado na Figura 4.55.

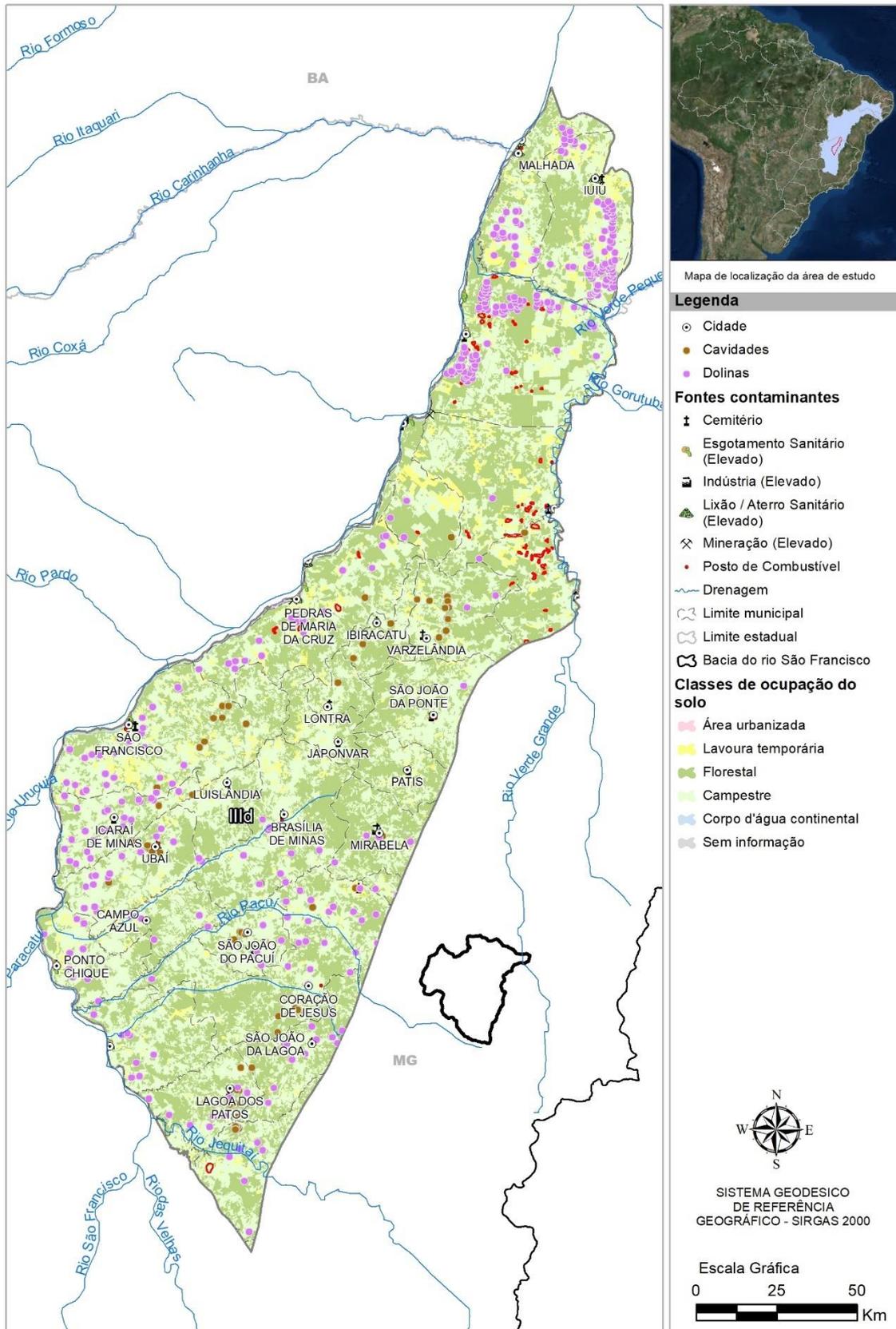


Figura 4.55: Uso e ocupação do solo no Subdomínio III d.

4.4.2 Levantamento socioeconômico e demandas hídricas

Para a realização de um estudo correto das demandas hídricas de uma localidade, se faz necessário o estudo de parâmetros socioeconômicos e populacionais.

A interpretação dos parâmetros de rendimento e taxa de alfabetização, auxiliam no entendimento do grau de desenvolvimento econômico de uma região, e a partir daí, torna-se possível correlacioná-los à necessidade de água no local. A Tabela 4.125 apresenta tais parâmetros para o subdomínio IIIId.

Tabela 4.125 - Dados socioeconômicos do Subdomínio IIIId.

Rendimento (R\$)	Estado	Alfabetização (%)	IDHM
533,77	MG	81,6	0,62
434,05	BA	77,3	0,57

O subdomínio IIIId abrange dois estados, Minas Gerais e Bahia e apresentou, em 2010, o rendimento médio da população muito abaixo da média do estado de Minas Gerais, sendo cerca de 52% menor, assim como na Bahia, sendo 47% menor que a média do estado. Comparado ao salário mínimo do ano em questão (510 reais), o rendimento em Minas Gerais é 3% maior, e na Bahia o rendimento é cerca de 15% abaixo do valor do salário mínimo.

No tocante à taxa de alfabetização, o subdomínio IIIId apresenta taxas abaixo da média tanto em Minas Gerais (92,30%), como na Bahia (84,60%).

No caso do rendimento, tem-se a consideração do peso proporcional de adultos potencialmente receptores de renda no domicílio, diante do cenário em que crianças e idosos tendem a não gerar renda. Sabendo que o rendimento é obtido pela divisão da receita domiciliar pelo número de integrantes no domicílio, um rendimento baixo pode ser entendido como receita familiar baixa e/ou alto número de integrantes da família, assim como um rendimento alto pode significar uma receita familiar alta e/ou um baixo número de integrantes da família.

Analogamente, a taxa de alfabetização contribui para análise das condições de vida populacional, proporcionando o entendimento do bem estar familiar. Essa taxa de alfabetização tende a ser mais baixa em localidades de menor rendimento, indicando menor oportunidade de acesso ao conhecimento.

Dessa forma, compreender o nível de qualidade de vida constitui um fundamento para gerar dados acerca do rendimento e taxa de alfabetização regional, de forma que uma menor qualidade de vida é relacionada a um menor rendimento e menor taxa de alfabetização, o que assinala menor demanda hídrica no local, ao passo que uma maior qualidade de vida é relacionada a um maior rendimento e maior taxa de alfabetização, assinalando uma maior demanda hídrica.

Quando consideramos o IDHM, é possível obter uma análise mais robusta, haja vista que tal índice pondera longevidade, educação e renda, simultaneamente. Nesse âmbito, o Índice de Desenvolvimento Humano em 2010 para o subdomínio IIIId, em Minas Gerais, foi de 0,62, classificando-se na

faixa de Desenvolvimento Humano Médio (IDHM entre 0,600 e 0,699), e na Bahia o IDHM foi de 0,57, classificando-se na faixa de Desenvolvimento Humano Baixo (IDHM entre 0,500 e 0,599). Pode-se concluir que, no estado de Minas Gerais, o subdomínio IIIId possui rendimento, taxa de alfabetização e IDHM médios, e na Bahia apresenta rendimento, taxa de alfabetização e IDHM baixos, o que indica uma demanda hídrica um pouco maior para o estado de Minas Gerais, se comparado ao estado da Bahia.

O subdomínio IIIId representa 4% do PIB e cerca de 9% da população do total dos subdomínios de Minas Gerais, e representa 1% do PIB e cerca de 2% da população do total de subdomínios da Bahia. Quando analisado o PIB per capita, o subdomínio IIIId apresenta um valor muito menor que a média da área de influência total em Minas Gerais, assim como na Bahia.

Esse cenário pode ser ainda confirmado diante do confronto desse PIB per capita com o PIB per capita dos estados, chegando a ser 66% menor que do estado de Minas Gerais (20.592,16), 55% menor que do estado da Bahia (11.966,08) ressaltando um nível muito baixo de produção na região.

Tabela 4.126 – PIB do Subdomínio IIIId.

PIB	UF	População	PIB per capita
2.258.196,00	MG	318.330	6.074,80
146.459,00	BA	26.021	5.420,19

4.4.2.1 Aspectos sanitários gerais

O estudo dos aspectos sanitários da região, servirão para o monitoramento da qualidade da água, identificando as deficiências que mais influenciam em problemas ambientais. Foram avaliados quatro pontos importantes: formas de abastecimento, tipos de esgotamento sanitário nos domicílios, destino do lixo e quantitativo de domicílios que recebem ou não energia elétrica.

- **Abastecimento**

A porcentagem de abastecimento por rede geral, ou seja, com tratamento de água, no subdomínio IIIId (75,4%) é inferior à taxa de abastecimento do estado de Minas Gerais (86,28%), e (58%) inferior à taxa do estado da Bahia (80,34%), apresentando maiores taxas em relação ao abastecimento por poços, rios, açudes, e outros o que caracteriza uma área menos urbanizada.

A Tabela 4.127 apresenta a distribuição da forma de abastecimento no subdomínio IIIId.

Tabela 4.127 – Formas de abastecimento no subdomínio III d.

Formas de abastecimento	MG %	BA %
Rede geral	75,4	58
Poço ou nascente na propriedade	4,7	6,2
Poço ou nascente fora da propriedade	12,7	24
Rio, açude, lago ou igarapé	4,4	3,2
Poço ou nascente na aldeia	0	0
Poço ou nascente fora da aldeia	0	0
Outra	2,9	8,6

- **Esgotamento sanitário**

Neste subdomínio, 12% dos domicílios não possuíam nem banheiro nem sanitário no estado de Minas Gerais, mostrando-se com taxa muito superior que a do estado (1,26%), e 16,4% no estado da Bahia, se mostrando com uma taxa também superior que a do estado (7,92%). A porcentagem de esgoto que não é transportado pela rede geral, não é posto em redes pluviais e nem tratado em fossa séptica é muito alta, em ambos os estados, apontando para grande impacto no meio ambiente desta região.

A Tabela 4.128 abaixo apresenta as porcentagens da existência de banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário no subdomínio III d.

Tabela 4.128 – Existência de banheiro ou sanitário no subdomínio III d.

Tipos de esgotamento sanitário	Quantitativo MG (%)	Quantitativo BA (%)
Banheiro de uso exclusivo do domicílio	82,4	77,6
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	20,5	18,3
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - outro	79,5	81,7
Sanitário	5,6	5,9
Sanitário - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	8,8	3,8
Sanitário - outro escoadouro	91,2	96,2
Sem banheiro e sem sanitário	12	16,4

- **Destino do lixo**

Com o estudo realizado, foi possível verificar que o subdomínio III d possui um sistema de destino do lixo abaixo da média de todo o estado de Minas Gerais, assim como no estado da Bahia, mostrando que apenas 49,1% do lixo é coletado em Minas Gerais (87,63%) e 59,9% na Bahia (65,58%). Em Minas Gerais 50,9% e na Bahia 40,1% do lixo possui destino indefinido, índices muito altos, que podem indicar uma destinação incorreta, podendo causar contaminação do solo e de águas.

A Tabela 4.129 apresenta as porcentagens de destinação do lixo no subdomínio III d.

Tabela 4.129 – Destinos do lixo no subdomínio IIIId.

Destino do lixo	Quantitativo MG (%)	Quantitativo BA (%)
Coletado	49,1	59,9
Coletado por serviço de limpeza	89,2	92,3
Coletado em caçamba de serviço de limpeza	10,8	7,7
Outro destino	50,9	40,1

- **Energia Elétrica**

Neste quesito, pode-se identificar que o subdomínio IIIId possui porcentagem de domicílios que recebem energia elétrica abaixo da média do estado de Minas Gerais, chegando a atender 96,90% da população e 3,10% da população não recebe atendimento. O mesmo acontece na Bahia, com uma porcentagem de domicílios abastecidos de 90,70%, onde ainda 9,30% não é abastecido com energia elétrica.

4.4.2.2 Demandas Hídricas

O estudo das demandas visa o conhecimento da necessidade de água de uma determinada região, e aliado ao conhecimento das potencialidades e disponibilidades hídricas, se torna um dos elementos essenciais para a realização de seu balanço hídrico, além de constituir um instrumento valioso para o planejamento e estabelecimento das prioridades de uma política de uso dos recursos hídricos.

O levantamento das demandas hídricas foi feito tanto para dados atuais (2010) como para dados futuros (2015, 2020, 2025 e 2030).

- **População urbana e rural**

Analisando o subdomínio IIIId pode-se observar que no estado de Minas Gerais, a maior parte da população é urbana, com uma taxa de crescimento positiva de 1,77%, a taxa de crescimento da população rural é negativa igual a 0,77%. Já no estado da Bahia, observa-se uma maior população rural, com taxa de crescimento pequena e negativa de 0,26%, e com taxa de crescimento da população urbana positiva de 1,08% como pode ser observado na Tabela 4.130.

Tabela 4.130 – População e demanda para abastecimento humano (2010).

UF	População	2010	Demanda (m ³ /dia)	Taxa de crescimento (%)
MG	Rural	142.094	23.240	-0,77
	Urbana	174.409	41.862	1,77
BA	Rural	15.071	2.513	-0,26
	Urbana	11.843	2.044	1,08

Este aumento da população urbana e diminuição da população rural indica um processo de urbanização da região. O processo de urbanização é decorrente do desenvolvimento econômico e distribuição de trabalho, intimamente ligado à industrialização.

O crescimento populacional neste subdomínio, aumenta a competição pelos mesmos recursos naturais, para suprimento das necessidades humanas, e, ao mesmo tempo, a produção de poluição. Tudo isso pode implicar na degradação de muitos recursos naturais e aumento de epidemias. Podemos notar que a demanda hídrica rural é muito menor que demanda hídrica urbana.

- **Dessedentação animal**

No estado de Minas Gerais, o subdomínio IIIId representa 12,6% de bovinos, 19,3% de bubalinos, 18,1% de equinos, 52,2% de asininos, 24,1% de muares, 23,0% de caprinos, 23,2% de ovinos, 9,4% de suínos e 6,1% de aves do somatório total das cabeças de todos os subdomínios do estado. No estado da Bahia, o subdomínio IIIId representa 4% de bovinos, 0% de bubalinos, 4% de equinos, 1% de asininos, 3% de muares, 1% de caprinos, 2% de ovinos, 4% de suínos e 2% de aves do somatório total das cabeças de todos os subdomínios do estado. O quantitativo de cabeças e o consumo da dessedentação de animais estão na Tabela 4.131.

Tabela 4.131 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.

Rebanhos	Nº de cabeças MG	Nº de cabeças BA
Bovinos	848.633	97.901,73
Bubalinos	1.342	-
Equinos	42.332	4.221,34
Asininos	1.957	289,80
Muare	4.547	409,14
Caprinos	7.881	4.129,71
Ovinos	15.963	8.823,06
Suínos	85.547	9.455,94
Aves	791.742	59.463,21
Demanda para dessedentação animal (m ³ /dia)	913.134,59	106.039,44

- **Irrigação**

O subdomínio IIIId apresentou, em 2010, uma estimativa de área irrigada, no estado de Minas Gerais, de 17.135 hectares. A partir dos dados de área irrigada e com o coeficiente de demanda unitária adotado, de 0,4 L/s.ha, foi possível converter a área irrigada em demanda hídrica, que foi estimada, para o ano de 2010 em 626.740 m³/dia.

No estado da Bahia, a estimativa de área irrigada do subdomínio IIIId, em 2010, foi de 1.467 hectares, e a partir dos dados da área irrigada e com o coeficiente de demanda unitária adotado, de 0,4 L/s.ha, foi possível converter a área irrigada em demanda hídrica, que foi estimada, para o ano de 2010 em 50.704 m³/dia.

- **Indústria**

A demanda de recursos hídricos das indústrias, para o subdomínio IIIId, demonstra ser pequena em relação à demanda de abastecimento da população, sendo igual a 13,4 m³/dia para o estado de Minas Gerais, e igual a 0,88 m³/dia, para o estado da Bahia. Pode-se concluir a partir deste dados que a porção do subdomínio que se encontra em Minas Gerais é mais desenvolvida comercialmente e industrialmente que a parte do estado da Bahia.

4.4.2.3 Demandas futuras (2015, 2020, 2015, 2030)

- **População urbana e rural**

A Tabela 4.132 a seguir apresenta as projeções feitas, para a população urbana e rural no subdomínio IIIId. Os coeficientes de retirada de água per capita, também definido na metodologia, foram aplicados às populações projetadas nos referidos anos, de forma a obterem-se as demandas para abastecimento urbano e rural para o subdomínio IIIId.

Tabela 4.132 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.

UF	População/Ano	2015	2020	2025	2030
MG	Rural	137.820	134.431	131.844	130.105
	Urbana	184.940	193.290	199.664	203.946
	Demanda hídrica rural (m³/dia)	22.601	22.093	21.706	21.446
	Demanda hídrica urbana (m³/dia)	45.500	48.384	50.586	52.573
BA	Rural	14.934	14.833	14.764	14.725
	Urbana	12.263	12.571	12.783	12.900
	Demanda hídrica rural (m³/dia)	2.520	2.526	2.530	2.532
	Demanda hídrica urbana (m³/dia)	2.110	2.159	2.192	2.211

- **Dessedentação animal**

Devido à falta de dados mais recentes foi necessário projetar o número de cabeças por espécie, admitindo a mesma taxa de crescimento linear obtida entre os anos de 1996 e 2006. Assim, foi possível estimar o número de cabeças por espécie para 2010 e da mesma forma se procedeu para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030. Uma vez aplicada a taxa de crescimento linear, estimou-se o número de cabeças por espécie para o subdomínio IIIId, e o consumo para dessedentação animal. Ambos apresentados na Tabela 4.133 e 4.134.

Tabela 4.133 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio IIIId em Minas Gerais.

Rebanhos	Nº de cabeças por ano (MG)			
	2015		2015	
Bovinos	854.702	Bovinos	854.702	Bovinos
Bubalinos	1.351	Bubalinos	1.351	Bubalinos
Equinos	42.634	Equinos	42.634	Equinos
Asininos	1.971	Asininos	1.971	Asininos
Muares	4.579	4.612	4.645	4.678
Caprinos	7.937	7.994	8.051	8.109
Ovinos	16.077	16.192	16.308	16.424
Suínos	86.159	86.775	87.396	88.021
Aves	797.404	803.106	808.850	814.634
Demanda para dessedentação (m³/dia)	919.664,78	926.241,66	932.865,58	939.536,87

Tabela 4.134 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio IIIId na Bahia.

Rebanhos	Nº de cabeças por ano (BA)			
	2015	2020	2025	2030
Bovinos	104.310,18	111.138,10	118.412,97	126.164,04
Bubalinos	-	-	-	-
Equinos	4.497,66	4.792,07	5.105,75	5.439,96
Asininos	308,77	328,99	350,52	373,47
Muares	435,92	464,45	494,85	527,25
Caprinos	4.400,04	4.688,05	4.994,93	5.321,88
Ovinos	9.400,60	10.015,94	10.671,56	11.370,10
Suínos	10.074,91	10.734,39	11.437,04	12.185,68
Aves	63.355,54	67.502,67	71.921,25	76.629,07
Demanda para dessedentação (m³/dia)	112.980,57	120.376,04	128.255,61	136.650,95

- **Irrigação**

De posse da demanda atual para agricultura em 2010, deu-se prosseguimento às metodologias já aplicadas para os demais anos que compõem o horizonte deste estudo. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 4.135.

O resultado dessas projeções consiste nas áreas irrigadas a serem consideradas no futuro. Assim, utilizando-se dos coeficientes de demanda para agricultura, obtêm-se a demanda hídrica futura para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030.

Tabela 4.135 – Projeção da área e demanda para irrigação no subdomínio IIIId.

Área irrigada (ha) / Ano	UF	2015	2020	2025	2030
	MG	20.812	23.885	27.412	31.459
	BA	1.872	2.390	3.050	3.893
Demanda para irrigação MG (m³/dia)		719.278	825.479	947.361	1.087.238
Demanda para irrigação BA (m³/dia)		64.712	82.591	105.409	134.532

- **Indústria**

Para demanda relacionada à indústria, de forma semelhante ao que foi feito para calcular a de 2010, projetou-se os PIBs secundários para o subdomínio. Essa projeção teve como base uma taxa de crescimento linear obtida através da comparação entre os PIBs de 2002 e 2012.

Ao aplicar o coeficiente de consumo específico para classe 900 (genérica), equivalente a 0,02713 m³/US\$, como definido na metodologia, inferiram-se as demandas industriais para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030 (Tabela 4.136).

Tabela 4.136 – Projeção da demanda hídrica industrial para o subdomínio IIIId.

UF	Demanda Industrial (m³/dia)			
	2015	2020	2025	2030
MG	15,38	17,18	18,17	18,80
BA	1,01	1,13	1,20	1,24

Pelos dados obtidos, pode-se concluir que no subdomínio IIIId, a porção pertencente ao estado da Bahia é menos desenvolvida industrialmente, inferindo uma menor demanda hídrica em relação à porção pertencente ao estado de Minas Gerais.

4.4.3 Vulnerabilidade

A vulnerabilidade foi avaliada de acordo com a metodologia EPIK comentada no item 1.6 do presente relatório.

A classificação dos parâmetros E, P, I e K, é mostrada na Figura 4. 56. Essa classificação mostra os seguintes resultados:

Parâmetro E – Epicarste: 3,0% de epicarste franco (classe E1); 59,0% de epicarste encoberto (classe E2); e 38,0% ausente (classe E3).

Parâmetro P – Cobertura de proteção: 71,0% para a classe P1; 29,17% para a classe P2; e 0,03% para a classe P3.

Parâmetro I – Condições de infiltração: 25% para a classe I1; 65% para a classe I2; e 10% para a classe I3.

Parâmetro K – Grau de desenvolvimento da rede cárstica: 3%; para a classe K1; 63,0% para a classe K2; e 34,0% para a classe K3.

Na definição das classes do parâmetro P foi muito útil o mapa das unidades de solo, mostrado na Figura 4.57.

Com os diferentes parâmetros zoneados, foi possível elaborar o mapa de vulnerabilidade (ver item 1.6), mostrado na Figura 4.58. A partir desse mapa quantificam-se percentualmente, na Figura 4.59, as classes de vulnerabilidade.

Como se pode observar na Figura 4.59, a área do Subdomínio IIIId é repartida em 11,72% de vulnerabilidade baixa; 85,54% de vulnerabilidade média; e apenas 2,74% de vulnerabilidade alta.

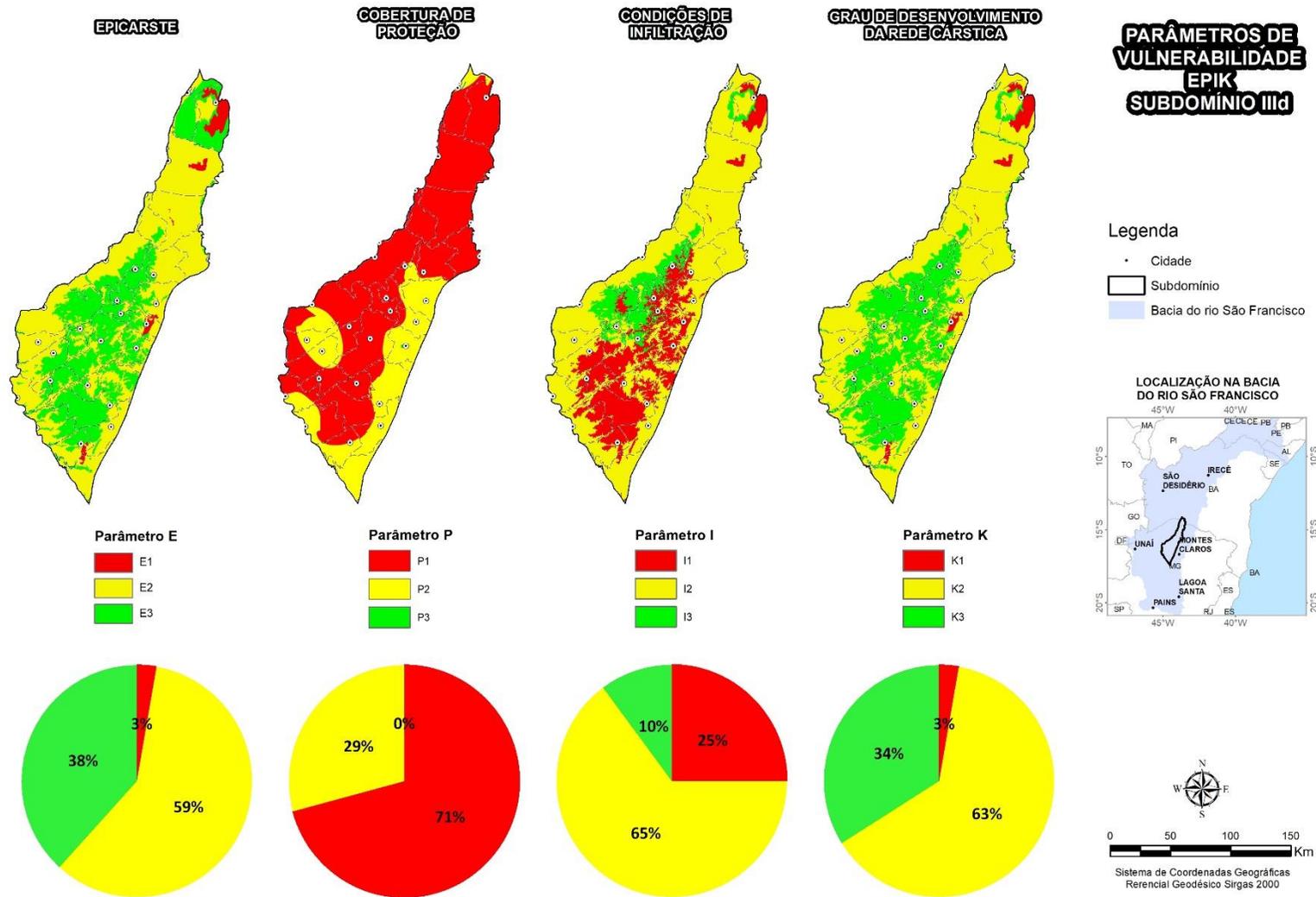


Figura 4. 56: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.

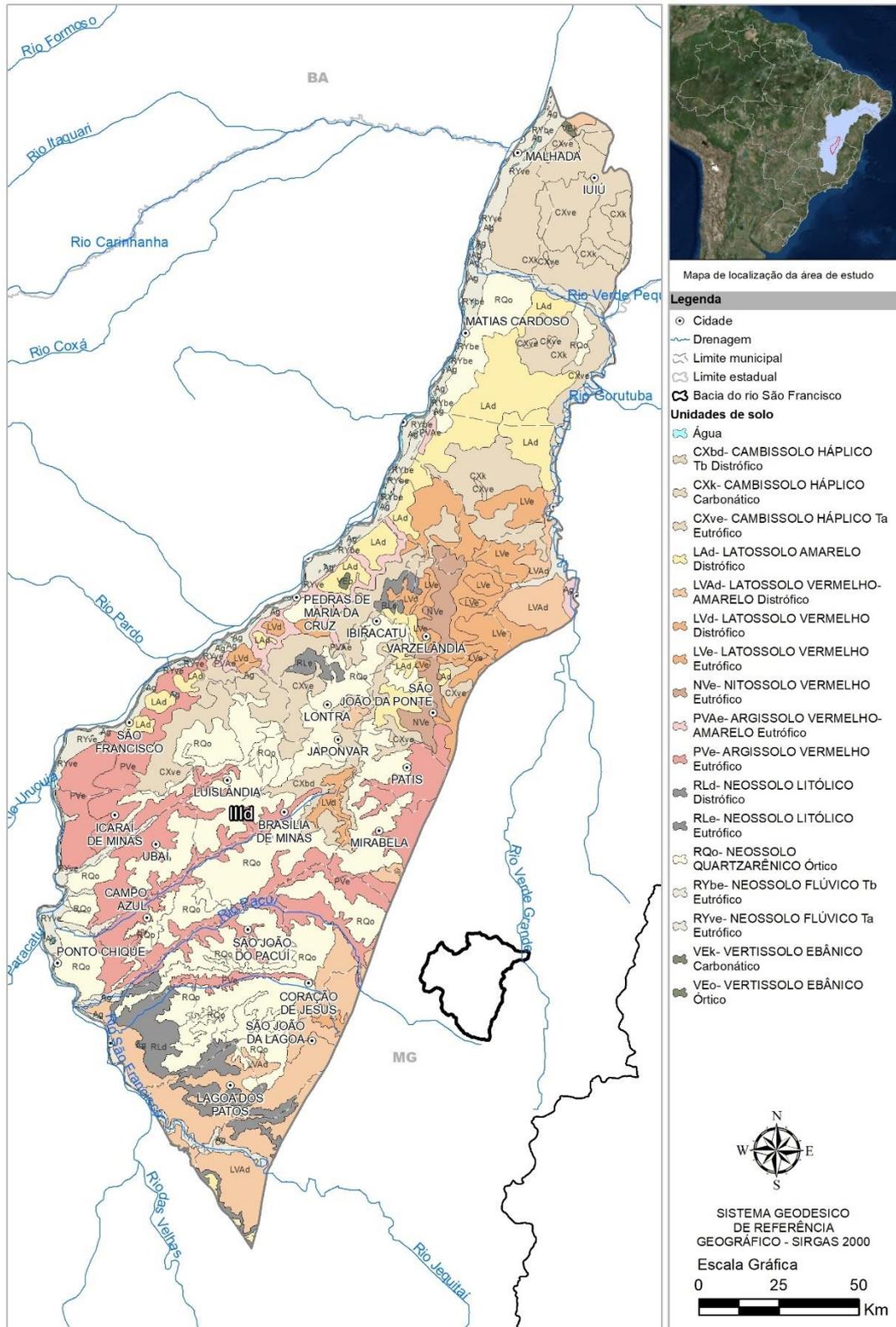


Figura 4.57: Mapa de unidades de solo com a classificação do parâmetro P.

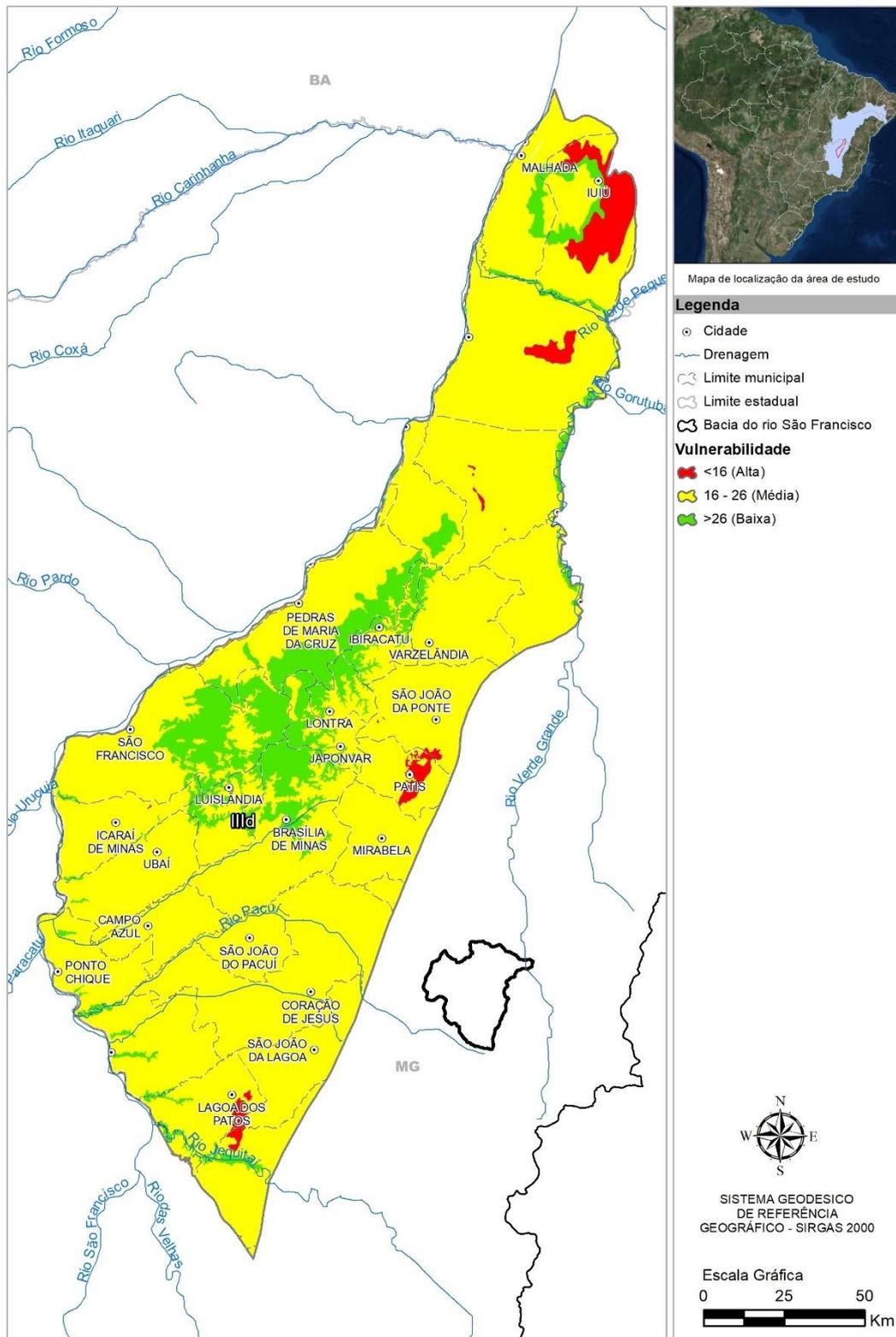


Figura 4.58: Mapa de vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Subdomínio III d.

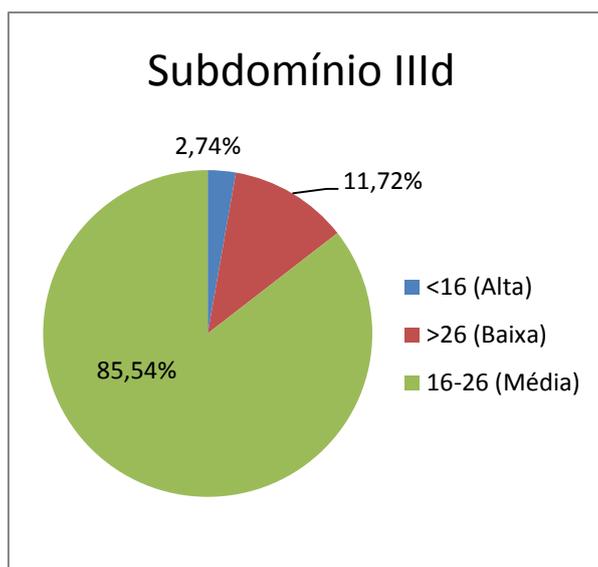


Figura 4.59: Classificação da vulnerabilidade para o Subdomínio IIIId.

4.4.4 Perigo de contaminação

Na Tabela 4.137 estão relacionadas as fontes contaminantes cadastradas no Subdomínio IIIId, com indicação dos respectivos índices Posh.

Tabela 4.137 – Fontes potenciais de contaminação no Subdomínio IIIId

ATIVIDADE	QUANTIDADE	ÍNDICE POSH
Cemitério	24	Moderado
Posto de combustível	57	Elevado
Lavoura temporária	1.120,37 km ²	Elevado

A distribuição dessas fontes contaminantes no mapa de vulnerabilidade é mostrada na Figura 4.60 onde se pode avaliar o perigo de contaminação no Subdomínio IIIId. Verifica-se, neste mapa, que o Subdomínio IIIId apresenta perigo de contaminação extremo em pequenos trechos de alta vulnerabilidade, com cemitérios e postos de gasolina, nas porções norte, central e sul do subdomínio. Alto perigo de contaminação ocorre em pequenas manchas disseminadas nas áreas de vulnerabilidade média (cor amarela), contendo fontes de contaminação com índice Posh elevado. Essas fontes são, essencialmente, postos de combustíveis e áreas de lavoura temporária, essas últimas ocorrendo em 5% do total da área.

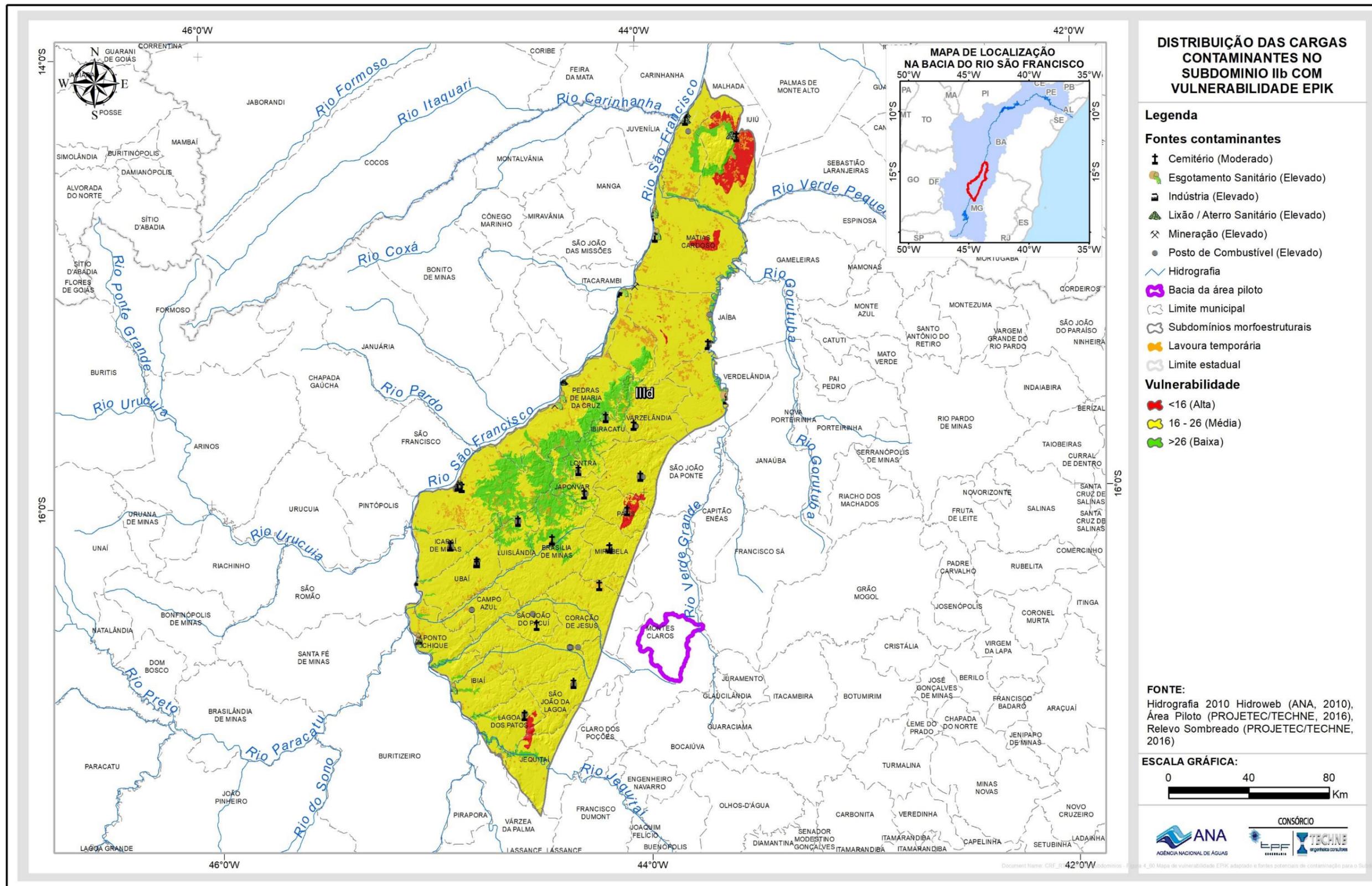


Figura 4.60: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Subdomínio III.

4.4.5 Recarga e zonas de exploração

Começando com um panorama regional da evolução histórica dos níveis de água subterrânea no domínio cárstico em Minas Gerais, a situação da exploração das águas subterrâneas do SAB no Subdomínio IIIId inclui uma estatística descritiva dos dados de poços levantados e catalogados no âmbito do Projeto ANA – Carste São Francisco bem como uma caracterização do regime de funcionamento dos poços e uma estimativa da produção global de água. Para a recarga, foram realizados os cálculos em função das precipitações e o regime fluvial para cada subdomínio. Com os valores de recarga e exploração do subdomínio foi possível realizar o zoneamento de exploração, demonstrado na Figura 4.69.

4.4.5.1 Levantamento e sistematização dos dados

Os dados de poços levantados no Subdomínio IIIId, no âmbito do Projeto foram sistematizados e fazem parte do SIG, que constitui a principal fonte de consulta sobre poços.

4.4.5.1.1 Poços catalogados e cadastrados

A pesquisa hidrogeológica desenvolvida no Subdomínio IIIId baseou-se em dados de 2.610 poços constantes no SIG, dos quais 1900 foram catalogados do SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2010), 345 foram catalogados do sistema de outorgas de água subterrânea do IGAM (2014), 33 foram catalogados da Companhia de Engenharia e Recursos Hídricos da Bahia (CERB), 315 foram catalogados da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) e 17 são novos poços cadastrados, no âmbito do Projeto ANA Carste São Francisco (ANEXO 1.19 – Tabela de poços do Subdomínio IIIId). Para o tratamento estatístico não foram considerados os poços escavados. Desses 2.610 poços excluem-se 14 (13 cisternas e 1 nascente) que estão hachurados na tabela do ANEXO 1.19. O resultado disso são 2.596 poços: 1.889 catalogados do SIAGAS, 343 catalogados do IGAM, 33 catalogados da CERB, 315 catalogados da COPASA e 16 cadastrados.

4.4.5.1.2 Tratamento estatístico dos poços cadastrados

Na Tabela 4.138 é apresentada a estatística descritiva dos valores numéricos de profundidade, diâmetro do revestimento, nível estático, nível dinâmico e vazão dos poços cadastrados e catalogados no Subdomínio IIIId, localizado na porção noroeste da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

Tabela 4.138 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Subdomínio IIIId.

Parâmetros Estatísticos	Profundidade (m)	Diâmetro da boca(mm)	Nível Estático - NE (m)	Nível Dinâmico - ND (m)	Vazão (m ³ /h)
Média	93,9	158,2	15,2	39,3	20,2
Mediana	90,4	152,4	11,1	35,0	8,0
Desvio Padrão	30,8	23,7	13,1	24,5	39,9
Coeficiente Variação	0,3	0,1	0,9	0,6	2,0
Valor máximo	210,0	450,0	75,9	150,0	360,0
Valor mínimo	22,0	75,0	0,3	1,2	0,1
Nº valores	2037	2185	1510	1365	1533

4.4.5.1.3 Profundidade

A profundidade dos poços inventariados no Subdomínio IIIId variou de 22 a 210 m. A profundidade média foi de 93,9 m e se explica pelo fato de que a classe mais frequente (36%) correspondem a poços com profundidade superior a 100 m. Se considerarmos todos os poços com mais de 40 m teremos 1999 poços ou 98% do total no subdomínio IIIId. Já as classes compreendidas entre 0 e 40 m de profundidade possuem uma frequência muito baixa, com apenas 1,87% ou 38 poços de frequência absoluta. A Tabela 4.139 mostra que na classe de 60 a 80 m e na classe de poços entre 80 e 100 m estão localizados, respectivamente, 23% e 26% dos poços em cada, ou seja, a terceira e a segunda classe mais predominante.

Tabela 4.139 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), CERB, COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IIIId.

Classe Profundidade (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤20	0	0	0,00	0,00
20<x≤40	38	38	0,02	1,87
40<x≤60	282	320	0,14	15,71
60<x≤80	465	785	0,23	38,54
80<x≤100	526	1311	0,26	64,36
x>100	726	2037	0,36	100,00
Total	2037			

A distribuição da frequência da profundidade dos poços no Subdomínio IIIId pode ser visualizada no diagrama da Figura 4.61.

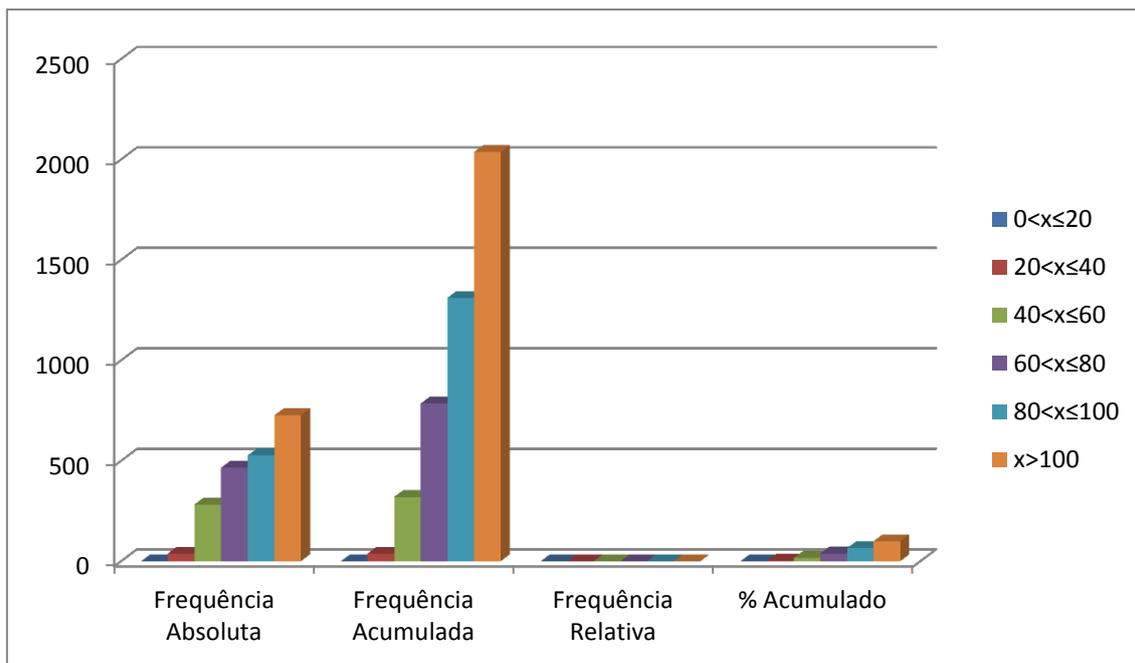


Figura 4.61: Frequências das classes de profundidade dos poços no Subdomínio IIIId.

4.4.5.1.4 Diâmetro da Boca do Poço

De acordo com a Tabela 4.140 e Figura 4.66, no Subdomínio IIIId, existem três classes de diâmetro da boca dos tubos, o primeiro com 493 poços até 152 mm e o segundo com 1681 poços na classe entre 152 mm e 300 mm. A classe de menor frequência é a de 300 a 450 mm com 11 poços. Nota-se a presença da maioria dos poços concentrada na classe de diâmetro intermediário.

Tabela 4.140 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), CERB, COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IIIId.

Classe Diâmetro da Boca (mm)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 152	493	493	0,23	22,56
152 < x ≤ 300	1681	2174	0,77	99,50
300 < x ≤ 450	11	2185	0,01	100,00
Total	2.185			

A Figura 4.62 ilustra a distribuição de frequência do diâmetro da Boca dos poços no Subdomínio IIIId.

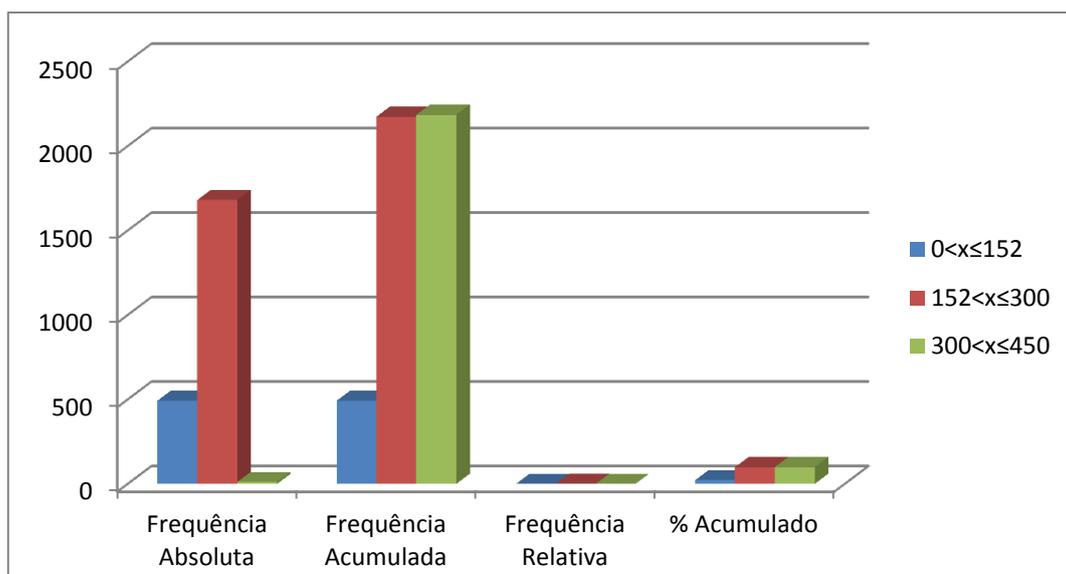


Figura 4.62: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Subdomínio III d.

4.4.5.1.5 Nível Estático

De acordo com os dados da Tabela 4.141 e Figura 4.63, observa-se que aproximadamente 74% dos poços apresentam níveis estáticos até 20 m, o que significa que esses níveis são rasos, de modo geral. Na classe de 20 a 30 m encontram-se 15% dos poços, no intervalo de poços com classe entre 30 e 40 m estão 16% do total e na classe onde os poços tem mais de 40 m encontra-se a maioria, com cerca de 42%. A rigor, todos esses níveis, notadamente os mais profundos, não são “estáticos”, já que a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração.

Tabela 4.141 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM, CERB, COPASA e cadastrados no Subdomínio III d.

Classe Nível Estático (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	693	693	0,46	45,89
10<x≤20	419	1112	0,28	73,64
20<x≤30	216	1328	0,14	87,95
x>30	182	1510	0,12	100,00
Total	1.510			

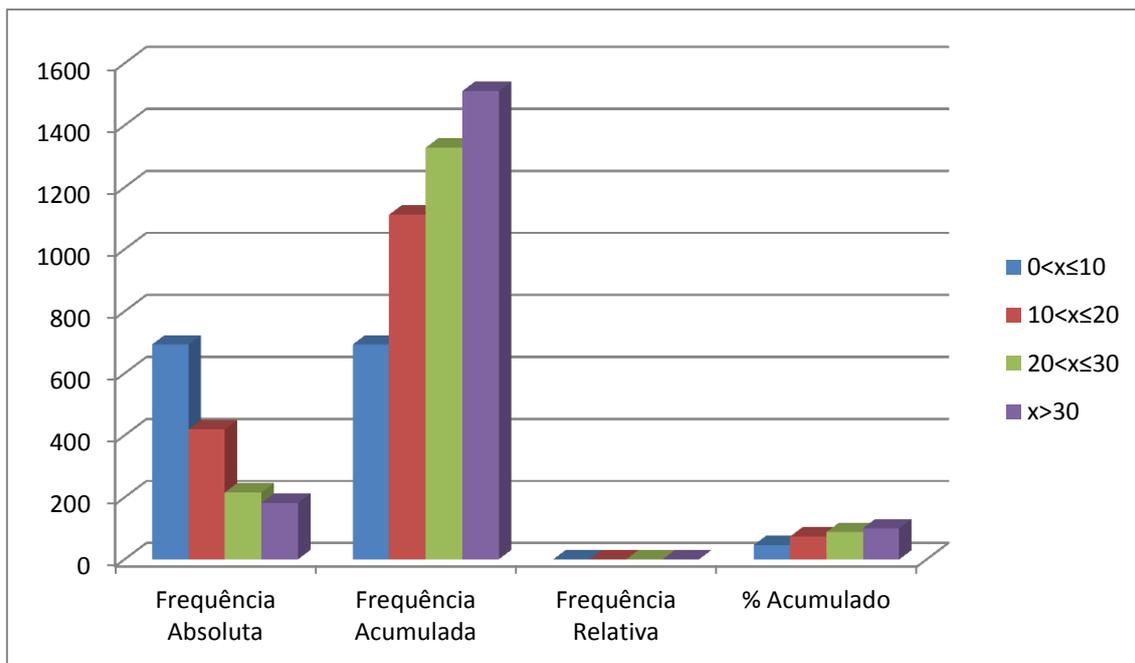


Figura 4.63: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Subdomínio III d.

4.4.5.1.6 Nível Dinâmico

Para os níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio III d, tem-se que a classe menos frequente corresponde ao intervalo de mais de 0 a 10 m (8%). Secundariamente, 15% dos poços (209/427) estão no intervalo entre 20 e 30 m, como pode ser observado na Tabela 4.142 e Figura 4.64. Nota-se, finalmente, que a grande maioria dos níveis dinâmicos (573/427), representando 42%, estão no intervalo de poços com profundidades maiores que 40 m.

Tabela 4.142 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM, CERB, COPASA e cadastrados no Subdomínio III d.

Classe Nível Dinâmico (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	113	113	0,08	8,28
10<x≤20	253	366	0,19	26,81
20<x≤30	209	575	0,15	42,12
30<x≤40	217	792	0,16	58,02
x>40	573	1365	0,42	100,00
Total	1.365			

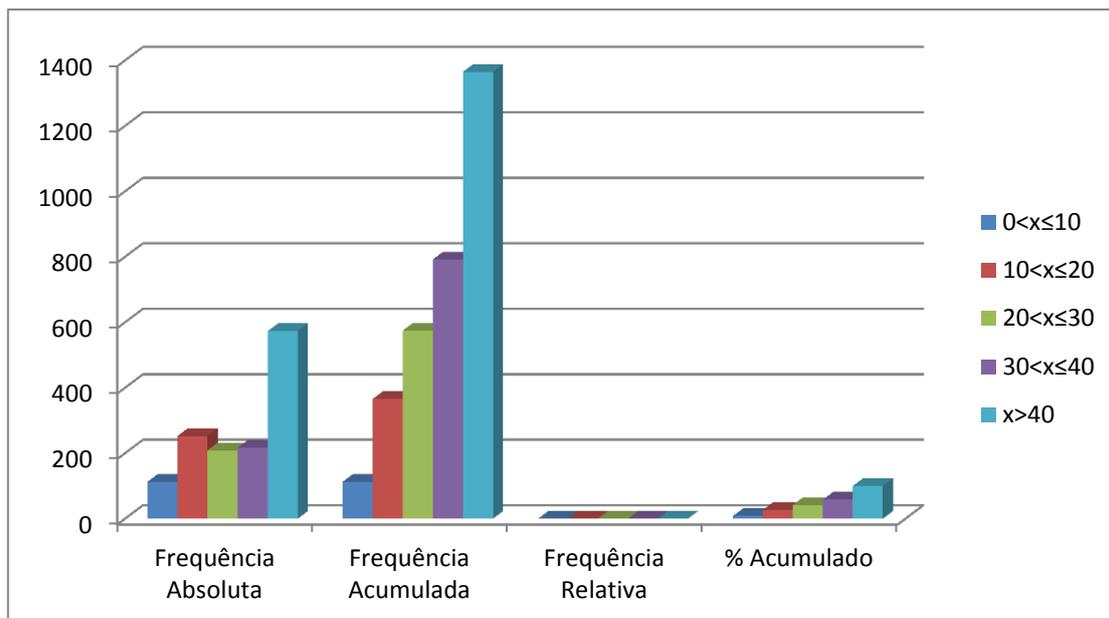


Figura 4.64: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio III d.

4.4.5.1.7 Vazão

No que se refere à vazão dos poços que exploram o aquífero Bambuí do carste São Francisco no Subdomínio III d, verifica-se que do total de poços catalogados e cadastrados (Tabela 4.143) existem 1.533 poços com vazão informada. Observa-se que a classe mais frequente é a entre 0 e 10 metros, com aproximadamente 58% e frequência absoluta de 890 poços. Já a de menos frequência é a entre 40 e 50 metros, com apenas 2% do total.

Tabela 4.143 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM (2014), CERB, COPASA e cadastrados no Subdomínio III d.

Classe Vazão (m ³ /h)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 10	890	890	0,58	58,06
10 < x ≤ 20	335	1225	0,22	79,91
20 < x ≤ 30	103	1328	0,07	86,63
30 < x ≤ 40	42	1370	0,03	89,37
40 < x ≤ 50	24	1394	0,02	90,93
x > 50	139	1533	0,09	100,00
Total	1.533			

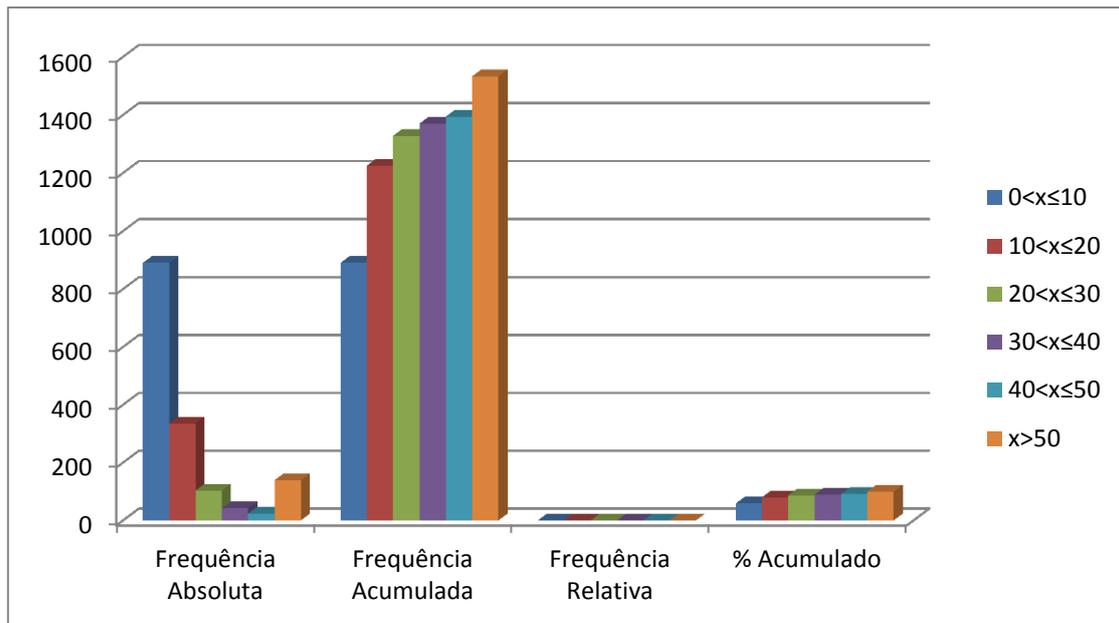


Figura 4.65: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Subdomínio III d.

Não obstante, de acordo com as condições operacionais em que se encontram os poços (Tabela 4.144) verifica-se que existem 1283 unidades (49,4%) em condições de funcionamento, ou seja, são poços que estão bombeando (14,0%), estão equipados (35,4%) ou parados/não instalado (1,1%), conforme ANEXO 1.19 Tabela de poços do Subdomínio III d.

Tabela 4.144 – Situação operacional dos 2.596 poços catalogados e cadastrados no Subdomínio III d.

Registros	Bombeando	Equipado	Seco	Parado/ Não Instalado	Sem informação	Em condições de funcionamento
2.596	364	919	485	29	799	1.283
100%	14,0%	35,4%	18,7%	1,1%	30,8%	49,4%

4.4.5.1.8 Conclusões

Com base nos dados apresentados anteriormente referentes ao Aquífero Bambuí do Carste do São Francisco no Subdomínio III d é possível concluir que:

- A profundidade dos poços inventariados no Subdomínio III d variou de 22 a 210 m, com média aproximada de 93,9 m, sendo que os poços nos intervalos acima de 40 metros constituem as classes mais frequente (98%);
- 46% dos poços possuem níveis estáticos entre 0 e 10 m de profundidade, somados a classe de 10 a 20 m chegam a 1.112 poços ou 74% do total. Vale ressaltar que a rigor esses níveis não são “estáticos”, pois a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração;
- As vazões informadas dos poços (Tabela 4.143) em 58% dos casos são menores ou iguais a 10 m³/h e nos 42% restantes oscilam entre mais de 10 m³/h até 360 m³/h;
- Em termos de condições operacionais (Tabela 4.144) do total de 2.596 poços existem 29 poços parados, 485 não utilizáveis, ainda 799 poços sem informação sobre o tema. Dos poços com condições de utilização são: 364 poços bombeando e 919 equipados no subdomínio III d;
- No que se refere ao tipo de equipamento instalado nos poços (Tabela 4.145), verificou-se que nos 909 poços com informações sobre bombas, são 506 com bomba submersa, 372 com compressor de ar, 23 com bomba centrífuga, 4 com bomba injetora, 1 com bomba sarrilho, 1 com carneiro hidráulico, 1 com bomba manual e 1 com pistão acionado a motor.

Tabela 4.145 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.

Equipamentos de bombeamento	Nº	Bomba submersa	Compressor	Centrífuga	Injetora	Sarrilho	Carneiro hidráulico	Manual	Pistão
Registros	909	506	372	23	4	1	1	1	1
Percentual	100%	55,7%	40,9%	2,5%	0,4%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%

4.4.5.2 Regime de Funcionamento dos Poços

Na Tabela 4.146 são mostrados os valores dos parâmetros estatísticos do número de horas por dia em que são bombeados os poços da área estudada, segundo dados do cadastro de outorgas de água subterrânea IGAM (2014).

Existem apenas 279 poços com regime de funcionamento informado e o cálculo do regime médio de funcionamento para todos os 1283 poços, em condições de utilização, é feito usando a média ponderada pela frequência do número de horas de bombeamento, nos intervalos de classe, conforme a expressão:

$$\overline{R}_e = \sum_{j=1}^{12} R_{ej} \times w_j$$

Ou seja, o regime médio estimado é dado pela somatória do regime médio ponderado pela frequência relativa ou fator de ponderação.

Tabela 4.146 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Subdomínio IIIId, usando 279 poços com regime informado no cadastro de outorgas (IGAM, 2014).

Classe Regime Informado (h/dia)	Frequência Absoluta Número de Poços n_j	Regime médio informado R_{ej} (h/dia)	Frequência Relativa ou Peso $w_j=n_j/N$	Regime médio ponderado (h/dia) $R_{ej} \times w_j$
0<x≤1	15	0,809	0,054	0,043
1<x≤2	23	1,662	0,082	0,137
2<x≤3	29	2,833	0,104	0,295
3<x≤4	22	3,761	0,079	0,297
4<x≤5	16	4,773	0,057	0,274
5<x≤6	5	5,686	0,018	0,102
6<x≤7	8	6,735	0,029	0,193
7<x≤8	25	7,908	0,090	0,709
8<x≤9	8	0,000	0,029	0,000
9<x≤10	10	10,000	0,036	0,358
10<x≤11	3	0,000	0,011	0,000
11<x≤12	9	11,944	0,032	0,385
12<x≤24	106	16,586	0,380	6,302
Soma	279			9,094

Legenda:

$N = \sum n_j = N = \sum n_j$ = número total de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro de água subterrânea realizado ao longo do projeto.

Frequência Absoluta (n_j): número de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro realizado ao longo do projeto.

Regime Médio Informado (R_{ej}) = Média de horas de funcionamento dos poços em cada intervalo de classe.

Regime médio ponderado em cada intervalo de classe: ($R_{ej} \times w_j$).

Frequência Relativa ou fator de ponderação: $w_j = n_j / N$.

Regime Médio Estimado: $\overline{R_e} = \sum_{j=1}^9 R_{ej} \times w_j$ 8 horas e 7 minutos.

Como visto na Tabela 4.146, o regime médio de funcionamento estimado para os poços no Subdomínio IIIId em 2015 é de 9,34 horas por dia, o que equivale a 9h:20 min.

4.4.5.3 Produção Global dos Poços

Considerando o regime de funcionamento e a vazão média dos diferentes intervalos de classe de vazão apresentados na Tabela 4.147, obtém-se uma produção estimada de 311.952,69 m³/dia, ou 3,6106 m³/s.

Tabela 4.147 - Produção global estimada, explotada no Subdomínio III d.

Classe Vazão (m³/h)	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Vazão Média (m³/h)	Efetivo de Poços	Vazão Estimada (m³/dia)	Vazão Estimada (m³/s)	
						1283 poços	820 poços
0<x≤1	21	0,03	0,73	32	222,01	0,0026	0,0017
1<x≤2,5	51	0,06	1,78	79	1.305,26	0,0151	0,0098
2,5<x≤5	157	0,19	3,95	242	7.944,57	0,1035	0,0671
5<x≤7,5	110	0,13	6,32	170	9.018,22	0,1160	0,0752
7,5<x≤10	105	0,13	8,83	162	13.358,77	0,1546	0,1003
10<x≤15	126	0,15	12,60	194	22.876,27	0,2648	0,1717
15<x≤30	123	0,15	19,98	190	35.412,07	0,4099	0,2658
x>30	139	0,17	109,72	214	218.815,51	2,5442	1,6498
Total	820			1.283	310.952,69	3,6106	2,3414

Legenda:

N = número total de poços com vazão informada no SIG

Frequência Absoluta (FA) = número de poços com vazão informada no SIG em cada intervalo de classe.

Frequência Relativa (FR) = FA/N.

Vazão Média (QM) = média dos valores de vazão informada em cada intervalo de classe.

Efetivo de poços = N° P.P. x FR = número de poços produtores (bombeando/equipado) encontrados dentro dos limites do domínio.

Vazão Estimada (QE) m³/dia = QM x RME x Efetivo de poços em cada intervalo de classe.

Vazão Estimada (QE) m³/s = QE (m³/dia) x Quantidade de segundos em um dia (84.600).

Segundo os dados informados, a produção de água para um efetivo de 1283 poços em operação no ano de 2015 foi estimada em 3,6106 m³/s conforme Tabela 4.146.

A Tabela 4.148 apresenta a distribuição da produção global dos poços em condições de funcionamento (Tabela 4.144) de acordo com a situação operacional informada (ANEXO 1.19). Como visto na Tabela 4.147, a produção global de água estimada para os 1.283 poços atinge 3,6106 m³/s. Só com os 820 poços em operação, a exploração extraía 64,85% desse total, ou seja, 2,3414 m³/s.

Tabela 4.148 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Subdomínio III d.

Poços	Em condições de funcionamento	Bombeando	Equipado
Número	1.283	364	919
Percentual	100%	28,37%	71,63%
Vazão (m³/s)	3,6106	1,0243	2,5863

A distribuição espacial dos poços produtores no Subdomínio III d é mostrada na Figura 4.66, a qual foi gerada a partir da tabela contida no ANEXO 1.19.

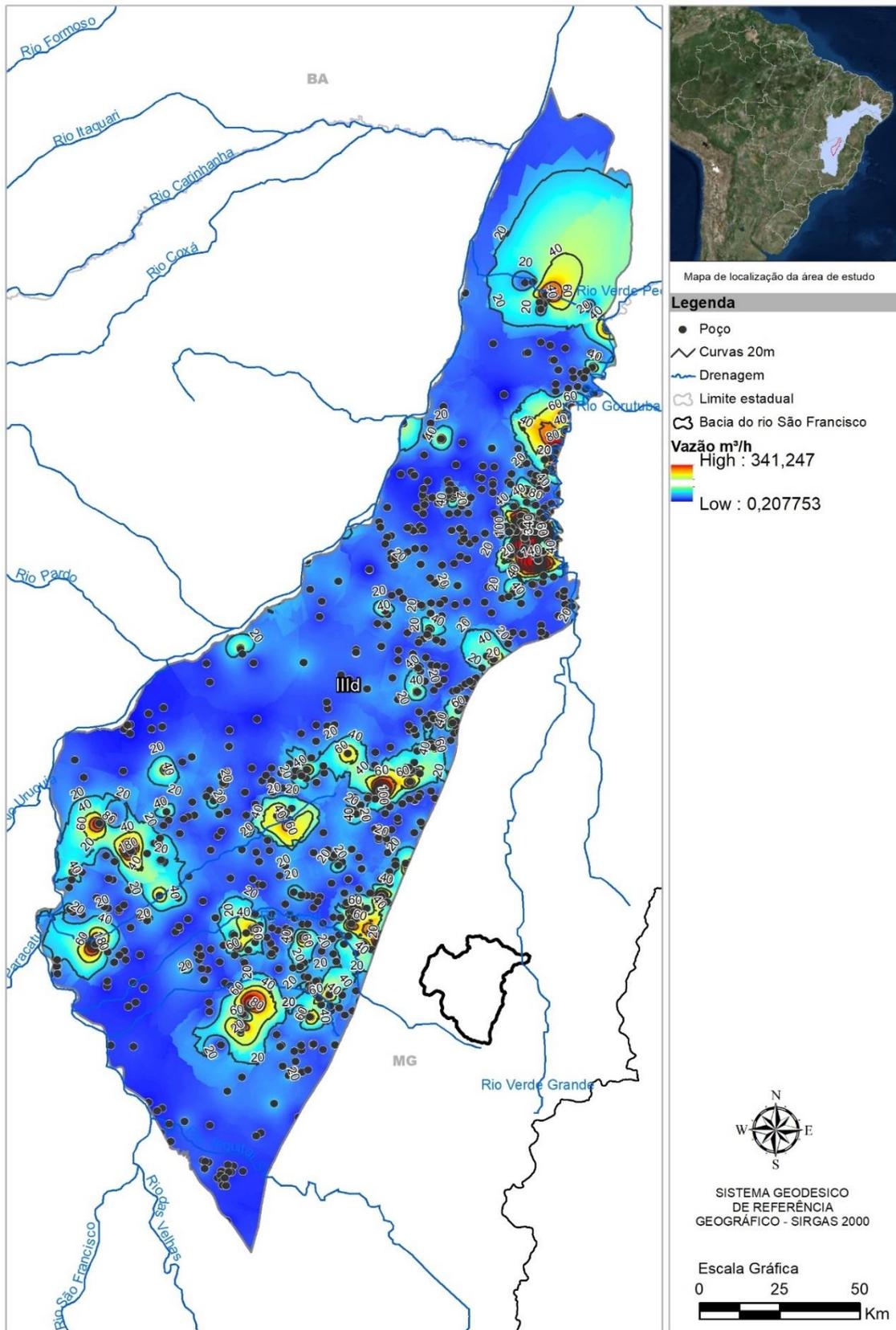


Figura 4.66: Distribuição espacial da produção de 1.283 poços em operação localizados no Subdomínio III d.

4.4.5.4 Recarga no Subdomínio IIIId

A Tabela 4.149 apresentada a seguir, identifica quais são as estações utilizadas para os cálculos de recarga, sendo mostradas ainda, outras informações como dimensão da bacia, código e nome da estação, e o período a que se referem os registros de medições de descarga em cada uma delas.

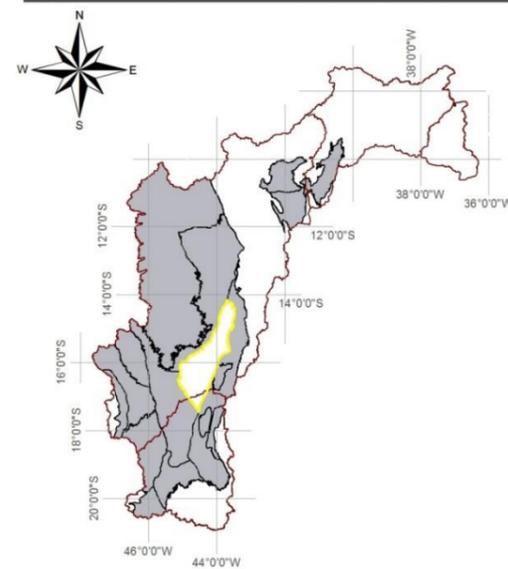
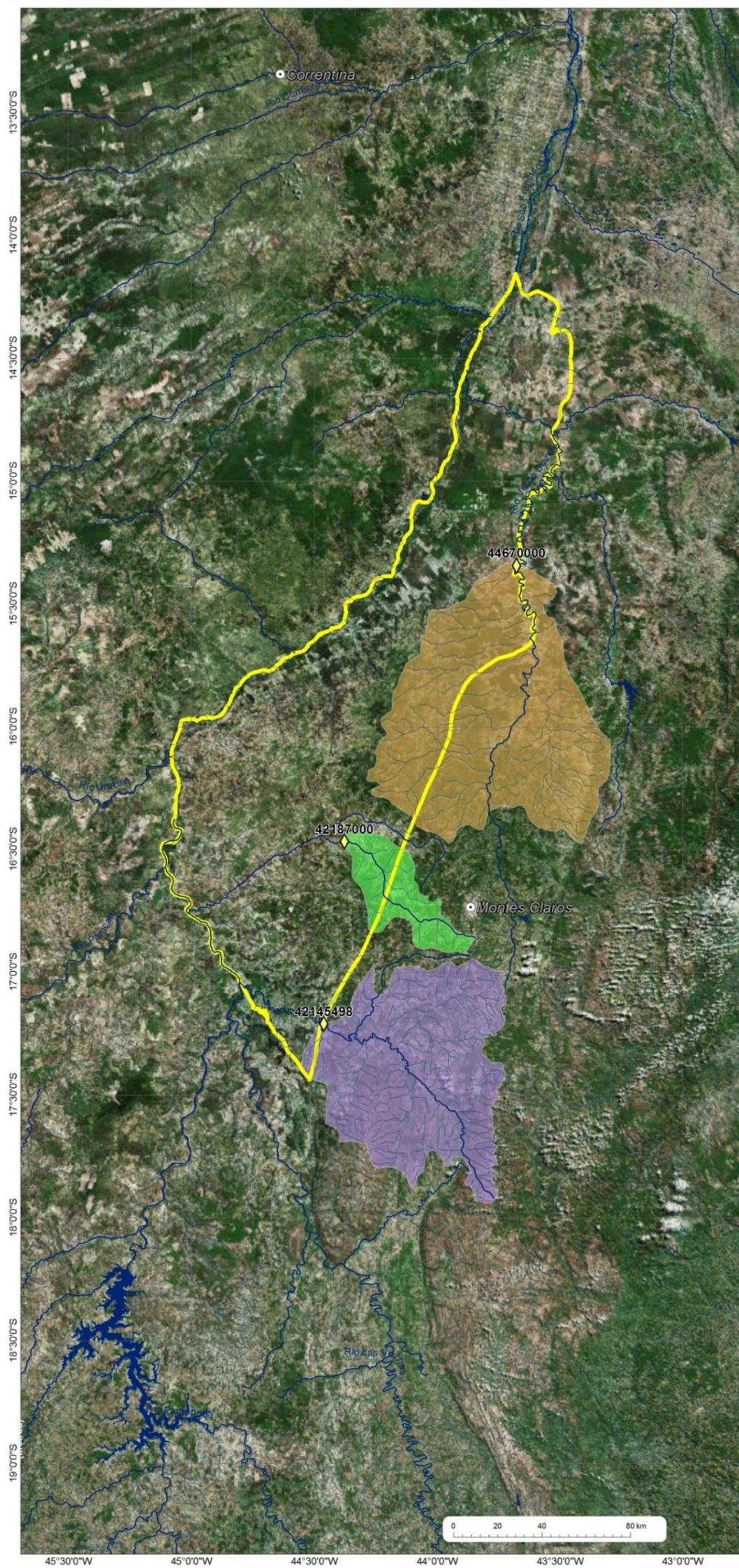
Tabela 4.149 – Informações básicas sobre as estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do Subdomínio IIIId.

Código da estação*	Latitude	Longitude	Denominação	Curso d'água	Área (km ²)	Período de monitoramento	Período adotado para cálculo
44670000	-15,3431	-43,6756	Colônia do Jaíba	Rio Verde Grande	12.175,09	1962 - 2015	1962 – 2007
42145498	-17,2094	-44,4600	Fazenda Umburana – Montante	Rio Jequitaí	6.369,88	1977 - 2015	1977 – 2007
42187000	-16,4669	-44,3761	Ponte dos Ciganos	Rio Pacuí	1.372,41	1973 – 2015	1973 - 2007

Como se observa na Figura 4.67 apresentada a seguir, a configuração hidrográfica das três bacias de interesse revela que uma porção do Subdomínio IIIId não pode ser qualificada por estas, o que, no entanto, não prejudicou os cálculos realizados. Ressalta-se que as estações analisadas apresentam porções que extrapolam os limites do Subdomínio IIIId, tendo sido, portanto, computados somente os volumes interiores de cada uma das bacias em relação às áreas pertencentes a esse subdomínio.

Do ponto de vista geológico, o conteúdo litológico das três bacias avaliadas mostrou-se distribuído preferencialmente pelas seguintes tipologias: Lagoa do jacaré, Lagoa do Jacaré, Siltito, Urucuia, Lagoa do Jacaré, calcário Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas, coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas, Serra de Santa Helena, Paraopeba, Depósitos Aluvionares, Jequitaí, Três Marias, arenito, Depósitos aluvionares antigos, Três Marias, Drenagem, Sete Lagoas - fácies 1.

A Tabela 4.150 apresentada abaixo indica os percentuais de distribuição de cada uma das tipologias litológicas existentes no subdomínio IIIId.



- ◆ Estação fluviométrica
- Sedes municipais
- Zonas de descarga local
- Zonas de descarga intermediária
- Subdomínio**
- IIID (Grupo Bambuí indeformado a parcialmente deformado)
- Limite da bacia hidrográfica**
- Colônia do Jaíba
- Fazenda Umbrana - Montante
- Ponte dos Ciganos

Figura 4.67: Mapa de localização das 3 bacias hidrográficas consideradas nos cálculos de recarga do Subdomínio IIId.

Tabela 4.150 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Subdomínio IIIId.

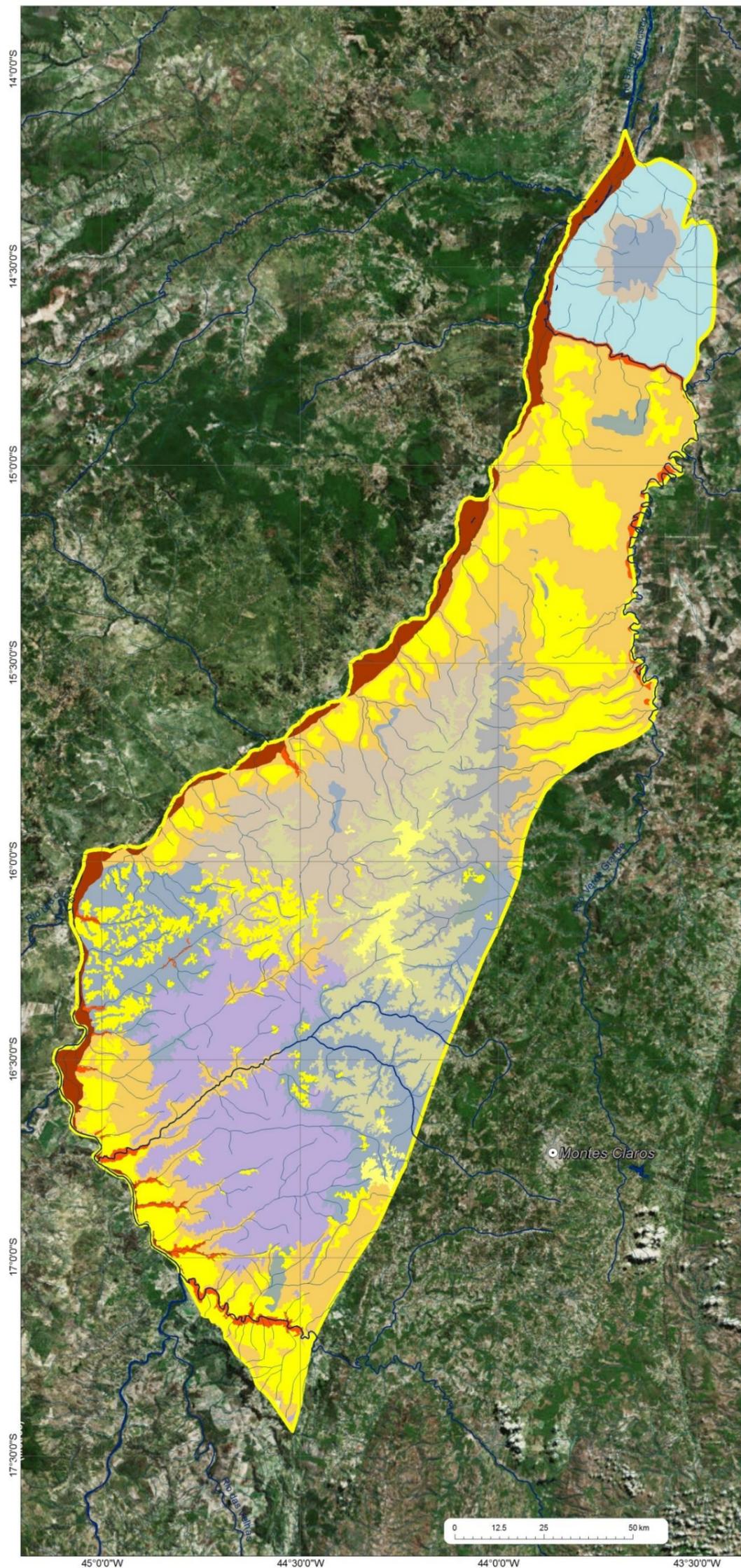
GEOLOGIA DO SUBDOMÍNIO IIIId			
Unidade Geológica	Área (km ²)	%	Tipologia Litológica
Lagoa do Jacaré	2637,49	11,23	Calcarenito, Siltito, Marga
Lagoa do Jacaré, Siltito	763,79	3,25	Siltito, Calcário, Ardósia, Argilito
Urucuia	2192,21	9,33	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado
Lagoa do Jacaré, calcário	233,32	0,99	Calcário, Marga, Siltito
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	4164,95	17,73	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	297,44	1,27	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho
Serra de Santa Helena	2364,51	10,07	Siltito, Folhelho
Paraopeba	4989,74	21,24	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga
Depósitos aluvionares	363,69	1,55	Areia, Argila, Cascalho, Silte
Jequitaí	0,04	0,00	Diamictito, Arenito, Varvito, Tilito
Três Marias, arenito	1500,48	6,39	Arenito arcoseano, Siltito
Depósitos aluvionares antigos	865,52	3,69	Depósitos de argila, Depósitos de areia, Depósitos de cascalho
Três Marias	1483,32	6,32	Arcóseo, Argilito, Siltito
Drenagem	220,20	0,94	-
Sete Lagoas – fácies 1	1410,32	6,00	Argilito, Silexito, Ritmito, Marga
Total	23.487,02	100,0	

O mapa da Figura 4.68 mostra a distribuição dos tipos de rocha existentes no interior do subdomínio IIIId, bem como sua inserção na bacia do rio São Francisco.

4.4.5.4.1 Resultados

De posse da análise dos hidrogramas de cada um das oito estações fluviométricas, pôde-se levantar os quantitativos referentes às descargas subterrâneas para cada tipologia litológica, bem como os valores médios de recarga anual e seus respectivos percentuais, quando considerada a média pluviométrica obtida pelas isoietas distribuídas em 3 estações no e em torno do subdomínio IIIId. Esses valores ainda poderão sofrer ajustes quando da identificação e análise de subdomínios vizinhos, quando avaliadas as outras estações existentes.

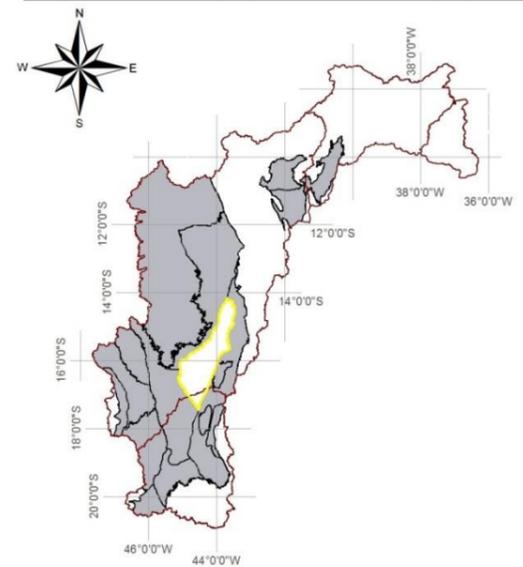
Subdomínio IIID – Grupo Bambuí indeformado a parcialmente deformado



Mapas de localização



Mapa de domínios de ocorrência de unidades carbonáticas



Legenda

- Sedes municipais
 - Zonas de descarga local
 - Zonas de descarga intermediária
- Subdomínio**
- IIID (Grupo Bambuí indeformado a parcialmente deformado)
- Unidades Geológicas**
- Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas
 - Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas
 - Depósitos aluvionares
 - Depósitos aluvionares antigos
 - Grupo Urucuia
 - Subgrupo Paraopeba
 - Formação Sete Lagoas - fácies 1
 - Formação Serra de Santa Helena
 - Formação Três Marias
 - Formação Três Marias, arenito
 - Formação Lagoa do Jacaré
 - Formação Lagoa do Jacaré, calcário
 - Formação Lagoa do Jacaré, siltito
 - Jequitai

Figura 4.68: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IIId.

Os hidrogramas de cada estação de interesse, os quais serviram para caracterizar os volumes médios que representam as descargas oriundas dos aquíferos permitem visualizar os traçados que representam os filtros adotados nos procedimentos metodológicos (Eckardt 2008), e servem ainda para identificar os volumes médios de referência (Filtros A e B) adotados como o valor de base assumido para o escoamento subterrâneo (recarga), considerando-se todo o período de medição de descargas de cada estação.

Considerando-se que cada tipologia litológica apresenta uma determinada característica hidrogeológica, ou seja, suas propriedades físicas intrínsecas permitem que sua capacidade de armazenamento de água seja variável (entre distintos tipos de rocha), o conjunto de rochas presentes numa dada bacia hidrográfica vai definir o potencial médio de água capaz de ser liberado no tempo, e no espaço físico da bacia hidrográfica, o que, por sua vez, definirá o volume de descarga específica média numa dada seção fluviométrica e, também, se for o caso, por tipologia litológica. Por isso, a análise ano a ano de cada hidrograma, segundo os métodos de aplicação de filtros para separação dos escoamentos superficial e subterrâneo, revela-se como ferramenta importante para o reconhecimento dessas descargas específicas médias, numa dada seção de interesse.

Os resultados finais de descarga subterrânea específica obtidos em cada estação são apresentados nas Tabelas 4.151 a 5.31 seguir.

Tabela 4.151 – Áreas e valores de vazão para a estação Colônia do Jaíba.

Estação Colônia do Jaíba	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	2909,696	23,899	0,465	1353,751	0,482
Lagoa do Jacaré, siltito	Siltito, Calcário, Ardósia, Argilito	744,642	6,116	0,233	173,225	
Quartzitos		29,213	0,240	0,337	9,854	
Serra do Catuni	Metassiltito	33,871	0,278	0,337	11,425	
Riacho dos Machados	Xisto, Ortoanfíbolito	0,498	0,004	0,081	0,041	
Lagoa do Jacaré, marga	Marga, Siltito, Calcário	937,197	7,698	0,279	261,621	
Rio Gorutuba	Granodiorito, Granito	13,572	0,111	0,186	2,526	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	753,660	6,190	0,756	569,797	
Lagoa do Jacaré, calcário	Calcário, Marga, Siltito	2146,937	17,634	0,628	1348,481	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	2070,560	17,007	0,547	1131,923	
Serra do Catuni	Metadiamicrito, Metassiltito, Quartzito, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	307,575	2,526	0,337	103,748	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	221,215	1,817	0,698	154,382	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	21,563	0,177	0,174	3,762	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	110,689	0,909	0,140	15,450	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	1705,038	14,004	0,337	575,126	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	162,112	1,332	0,931	150,847	
Drenagem		7,047	0,058	0,000	0,000	

Tabela 4.152 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Umburana – Montante.

Estação Fazenda Umburana – Montante	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	3234,562	47,448	2,595	8394,830	1,992
Jequitaiá	Diamictito, Arenito, Varvito, Tilito	289,434	4,246	1,254	363,072	
Macaúbas indiviso - Quartzito	Quartzito, Metassiltito	34,439	0,505	1,254	43,201	
Galho do Miguel	Argilito	953,187	13,982	0,519	494,772	
Santa Rita	Metassiltito, Filito	93,597	1,373	1,254	117,410	
Duas Barras	Metarenito, Metaconglomerado	1,047	0,015	1,254	1,313	
Córrego dos Borges	Filito, Metaconglomerado	193,236	2,835	0,303	58,510	
Lagoa do Jacaré, calcário	Calcário, Marga, Siltito	563,375	8,264	2,163	1218,465	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	281,458	4,129	2,033	572,212	
Macaúbas indiviso - Metassiltito	Metassiltito, Xisto, Quartzito	32,150	0,472	1,038	33,376	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	586,043	8,597	2,595	1520,988	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	52,232	0,766	0,649	33,890	
Sopa-Brumadinho	Metaconglomerado, Arenito, Rocha pelítica	19,212	0,282	1,298	24,931	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	66,395	0,974	0,433	28,720	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	349,604	5,128	1,254	438,551	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	67,041	0,983	3,460	231,993	

Tabela 4.153 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte dos Ciganos.

Estação Ponte dos Ciganos	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	815,146	59,395	1,842	1501,815	2,242
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	233,507	17,014	2,994	699,092	
Lagoa do Jacaré, calcário	Calcário, Marga, Siltito	43,515	3,171	2,303	100,215	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	4,030	0,294	2,165	8,725	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	272,337	19,844	2,764	752,625	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	0,056	0,004	1,336	0,075	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	3,818	0,278	3,685	14,070	

4.4.5.4.2 Considerações finais

Diante dos valores encontrados para as recargas dos aquíferos contidos no Subdomínio IIIId, verifica-se a partir da Tabela 4.154, apresentada a seguir, que os valores médios por tipologia litológica é de 3,64 L/s.km², variando entre 0,27 L/s.km² e 13,13 L/s.km² e em termos médios anuais, a média geral para o Subdomínio IIIId corresponde a cerca de 99,49 mm/ano.

Tabela 4.154 – Resultados de recarga encontrados para o Subdomínio IIIId.

Unidade	Área (km ²)	Vazão mínima ponderada por litologia (L/s)	Vazão subterrânea específica média (L/s.km ²)	Recarga média anual (mm/ano)
Lagoa do Jacaré	2637,49	8432,33	3,20	100,82
Lagoa do Jacaré, Siltito	763,79	204,03	0,27	8,42
Urucuia	2192,21	8064,87	3,68	116,02
Lagoa do Jacaré, calcário	233,32	161,62	0,69	21,84
Coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas	4164,95	12986,81	3,12	98,33
Coberturas detrítico-lateríticas com concreções ferruginosas	297,44	1401,37	4,71	148,58
Serra de Santa Helena	2364,51	732,97	0,31	9,78
Paraopeba	4989,74	7200,06	1,44	45,51
Depósitos aluvionares	363,69	4777,06	13,13	414,22
Jequitáí	0,04	0,23	6,18	194,85
Três Marias, arenito	1500,48	6263,21	4,17	131,64
Depósitos aluvionares antigos	865,52	3161,20	3,65	115,18
Três Marias	1483,32	4097,44	2,76	87,11
Drenagem	220,20	0,00	0,00	0,00
Sete Lagoas – fácies 1	1410,32	0,00	0,00	0,00
				99,49

4.4.5.5 Zoneamento da exploração no Subdomínio IIIId

O zoneamento da exploração é considerado fundamental para a gestão do aquífero e para cumprir essa finalidade foi adotado o seguinte procedimento:

- O ponto de partida para o *zoneamento da exploração* foi a inserção da área do Subdomínio IIIId, em estudo, no interior de um retângulo compreendido entre os paralelos de 43°W e 45°30'W e entre os meridianos de 14°S e 17°30'S, no qual foi feita uma partição em células quadradas de 30' de lado, com área aproximadamente de 3025 km² (55 km x 55 km), conforme Figura 4.69. Globalmente, o Subdomínio IIIId, com área de 23498,4 km², foi recoberto por 20 células com áreas variáveis de 1,1 a 2957,4 km².
- Foi então realizado um balanço tendo como vazão de entrada em cada célula a recarga média avaliada por sub-bacia (Tabela 4.155) e como descarga de saída, a vazão informada no cadastro de usuários realizado em 2014 na área do projeto. Verificou-se que o número de poços existentes em condições de operação em cada célula bastante estando concentrados principalmente nas células Q08, P08 e Q06. Isto permitiu obter o mapa de zoneamento da exploração do aquífero em 2014 (Figura 4.69). Esse mapa revela que em todas as células há excedente hídrico e que as retiradas são bem inferiores à recarga.
- Essa conclusão baseada em vazão informada sugere que não há motivos para preocupação nesse subdomínio, notadamente porque a julgar pelo índice de concentração de poços, o resultado é consistente com a realidade.
- Neste sentido, não há prioridade para implementação de um programa de monitoramento automático de níveis e descargas de poços neste subdomínio.

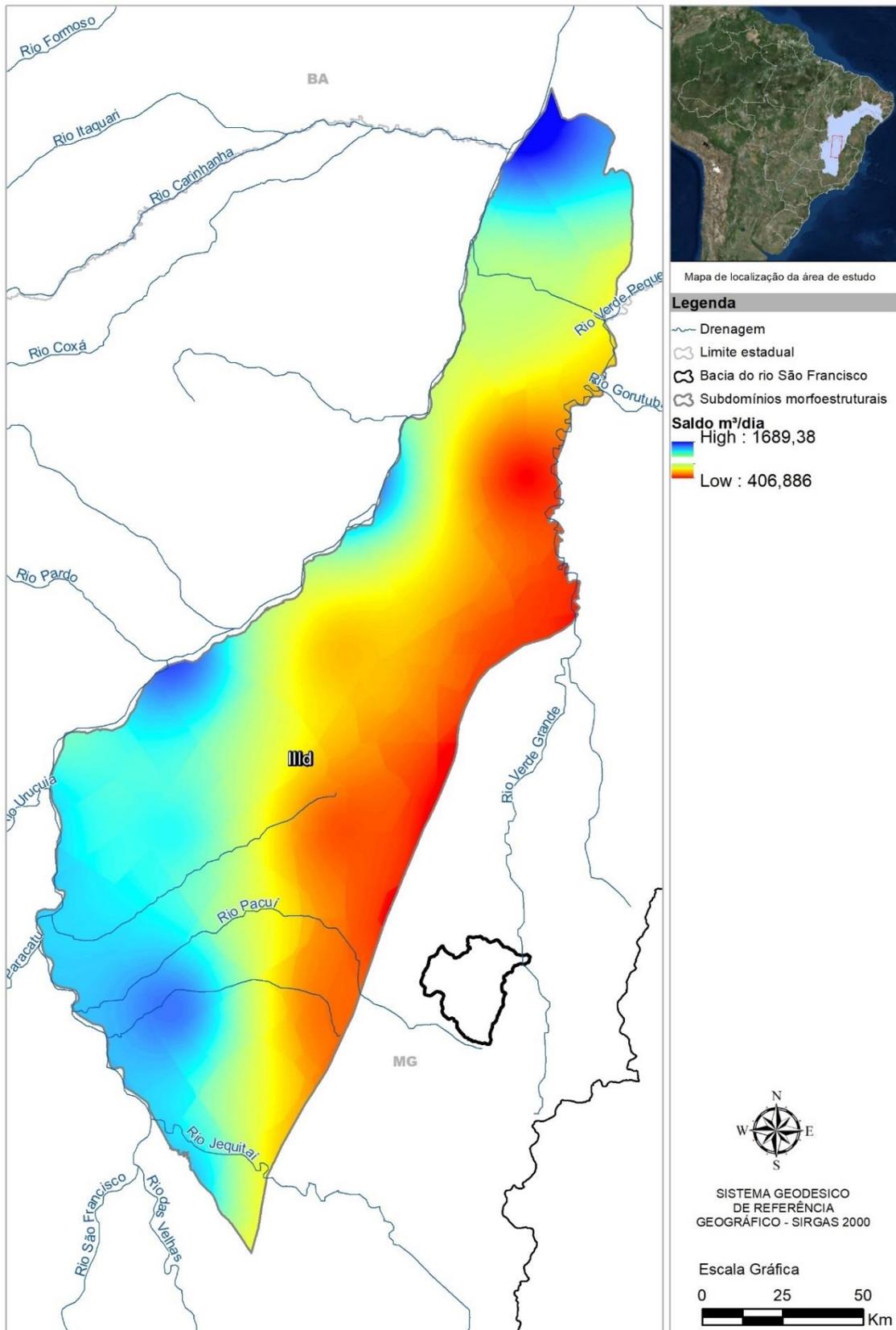


Figura 4.69: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Subdomínio III d com excedente hídrico.

Tabela 4.155 – Balanço entre recarga natural e vazão explorada no subdomínio III d.

Célula	x	y	Area km ²	Número de Poços	Recarga m ³ /dia	Produção Estimada m ³ /dia	Saldo m ³ /dia
M09	-43,75	-14,25	931,1	54	536.459	17.620	517.840
M10	-43,25	-14,25	58,8	2	53.873	363	53.509
N08	-44,25	-14,75	1,1	0	404	0	404
N09	-43,77	-14,73	2.489,8	83	862.568	32.846	828.722
N10	-43,25	-14,75	92,5	0	27.153	0	27.153
O08	-44,25	-15,25	883,3	44	482.890	9.594	472.296
O09	-43,75	-15,25	2.112,2	276	524.538	273.210	251.328
P06	-45,25	-15,75	14,5	0	3.403	0	3.403
P07	-44,75	-15,75	1.081,1	41	548.911	6.035	543.877
P08	-44,25	-15,75	2.803,3	460	794.244	123.105	671.139
P09	-43,75	-15,75	1.350,6	290	324.535	82.172	242.364
Q06	-45,25	-16,25	389,8	33	196.560	8.006	186.554
Q07	-44,75	-16,25	2.957,4	326	1.286.080	94.810	1.191.270
Q08	-44,25	-16,25	2.665,3	456	642.120	174.993	466.127
Q09	-43,75	-16,25	64,0	7	13.968	1.379	12.589
R06	-45,25	-16,75	216,8	14	96.788	4.891	92.898
R07	-44,75	-16,75	2.703,0	209	1.354.355	66.270	1.286.085
R08	-44,25	-16,75	1.552,3	183	374.872	77.125	296.747
S07	-44,75	-17,25	896,9	42	418.703	6.362	413.341
S08	-44,25	-17,25	234,9	8	52.599	2.367	50.232

4.4.6 Reservas, potencialidades e exploração

As conceituações de reservas, potencialidades e exploração encontram-se nos tópicos 1.2, 1.3 e 1.4 do Capítulo 1.

4.4.6.1 Reservas permanentes

As reservas permanentes do Subdomínio III d do Domínio III – Grupo Bambuí Pouco Deformado foram avaliadas de acordo com o exposto nos itens 1.2.1, e 1.2.2 do Capítulo 1 do presente relatório. A Tabela 4.156 a seguir sintetiza os valores utilizados e os resultados obtidos.

Tabela 4.156 – Reserva permanente do Subdomínio III d

Subdomínio III d do Domínio III								
Unidade Geológica	Área (km ²)	%	Litologia predominante	P (m)	NE (m)	μ _e	b (m)	RP (hm ³)
Lagoa do Jacaré	3.450,58	21,26	Calcarenito, Siltito, Marga	61,00	9,00	0,120	52,00	21.531,59
Lagoa do Jacaré, Siltito	1.576,88	9,72	Siltito, Calcário, Ardósia, Argilito	57,00	7,00	0,060	50,00	4.730,63
Serra de Santa Helena	3.177,60	19,58	Siltito, Folhelho	88,00	5,50	0,030	82,50	7.864,55
Paraopeba	5.802,83	35,75	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	64,00	10,00	0,070	54,00	21.934,68
Sete Lagoas – fácies 1	2.223,41	13,70	Argilito, Silexito, Ritmito, Marga	95,00	7,00	0,060	88,00	11.739,58
Total	16.231,28	100,00					Reserva permanente total	67.801,03

P = prof. média dos poços NE = nível est. médio μ = poros efetiva b = espes. saturada média RP = Res. Perman.

4.4.5.4 Exploração

O conceito de exploração de água subterrânea, aqui adotado, é discutido no item 1.4 do presente relatório.

Uma análise bastante detalhada da produção dos poços do Subdomínio III d foi apresentada acima no item 4.4.5.3. Os números obtidos nessa análise serão aqui reproduzidos.

4.4.5.4.1 Exploração efetiva

A exploração efetiva é avaliada em 311.952,69 m³/dia ou 113,9 hm³/ano para regime de 9,34 horas/dia de bombeamento.

4.4.5.4.2 Exploração instalada

Considerando-se regime de bombeamento contínuo, chega-se a uma exploração instalada de 292,6 hm³/ano.

4.5 Subdomínio III e

Abrange os terrenos não deformados a pouco deformados do Grupo Bambuí aflorantes na margem esquerda do rio São Francisco, partindo do norte de Minas, adentrando no estado da Bahia até a cidade de Baianópolis. Também apresenta áreas de calcários expostos do Grupo Bambuí com muitas feições cársticas em superfície. Abrange as cidades de Januária, Itacarambi, São João das Missões, Serra do Ramalho, Brejolândia e Baianópolis.

4.5.1 Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação

Neste item tem-se o levantamento do uso do solo, das estruturas cársticas e das fontes de contaminação realizado para a área regional, conforme descrito no capítulo de Metodologia, e recortados aqui para o Subdomínio III e.

Na Tabela 4.156 tem-se as fontes contaminantes do Subdomínio III e.

Tabela 4.156 – Fontes contaminantes do Subdomínio IIIe.

Subdomínio IIIe – Fontes contaminantes	
Cemitério	37
Esgotamento sanitário	4
Indústria	2
Lixão / Aterro sanitário	4
Posto de combustível	99
Total:	146

O quantitativo de estruturas cársticas para o subdomínio IIIe foi de 136 cavidades e 1.898 dolinas, e estão exibidas na Figura 4.70.

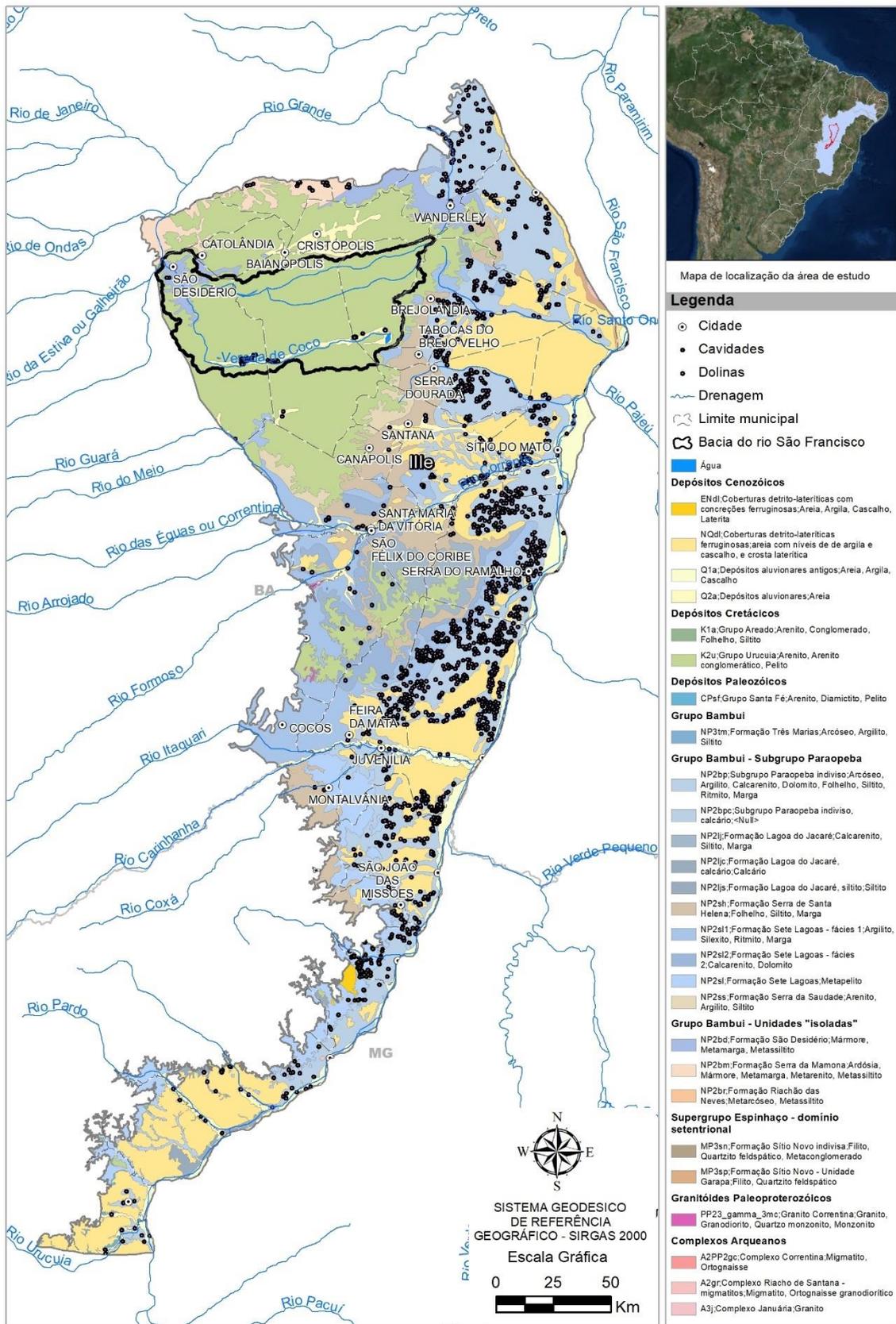


Figura 4.70: Mapa de estruturas cársticas do Subdomínio Ille.

As áreas das diferentes classes de uso do solo do subdomínio IIIe são quantificadas conforme mostrado na Tabela 4.156.

Tabela 4.157 – Áreas de uso do solo do Subdomínio IIIe.

Classes de uso do solo	Área em km ²
Área urbanizada	3,08
Campestre	20.839,37
Corpo d'água continental	89,69
Florestal	18.102,71
Lavoura temporária	6.127,30
Sem informação	18,66
Total:	45.180,80

A distribuição percentual das áreas das classes de uso do solo no subdomínio IIIe é mostrada na Figura 4.71.

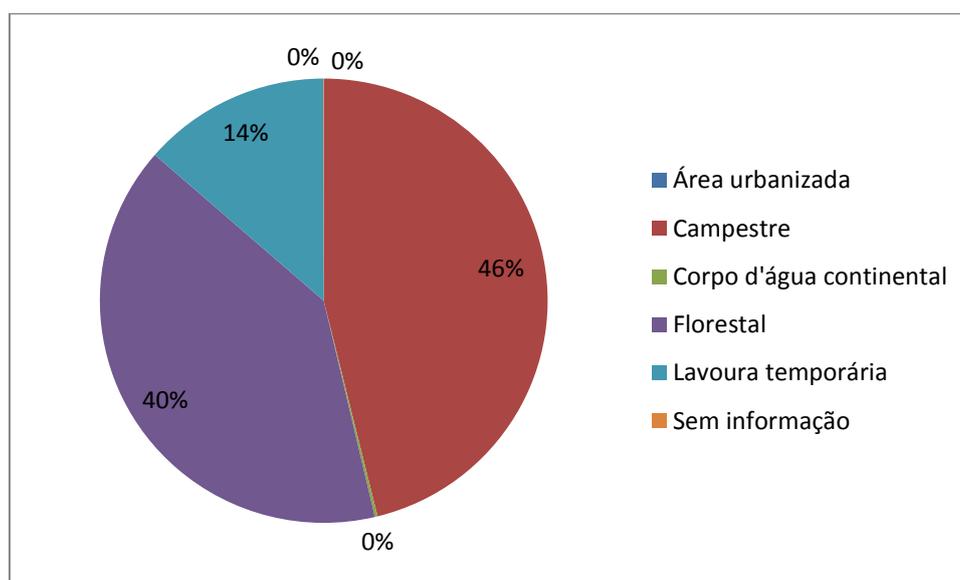


Figura 4.71: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Subdomínio IIIe.

A maior porcentagem encontra-se na classe Campestre, com 46% da área total de 45.180,80 km², ou seja, 8.914,52 km² de área; em seguida, a maior área foi identificada como Florestal com 40% ou 18.102,71 km²; a classe Lavoura Temporária representa 14% ou 6.127,30 km²; as demais classes, como Corpo de Água Continental, Área Urbanizada e Sem Informação, representam valor menor que 1%, respectivamente com 89,69 km², 3,08 km² e 18,66 km².

O mapa do uso do solo acrescido dos possíveis pontos de contaminação e estruturas cársticas, para o subdomínio IIIe, pode ser observado na Figura 4.72.

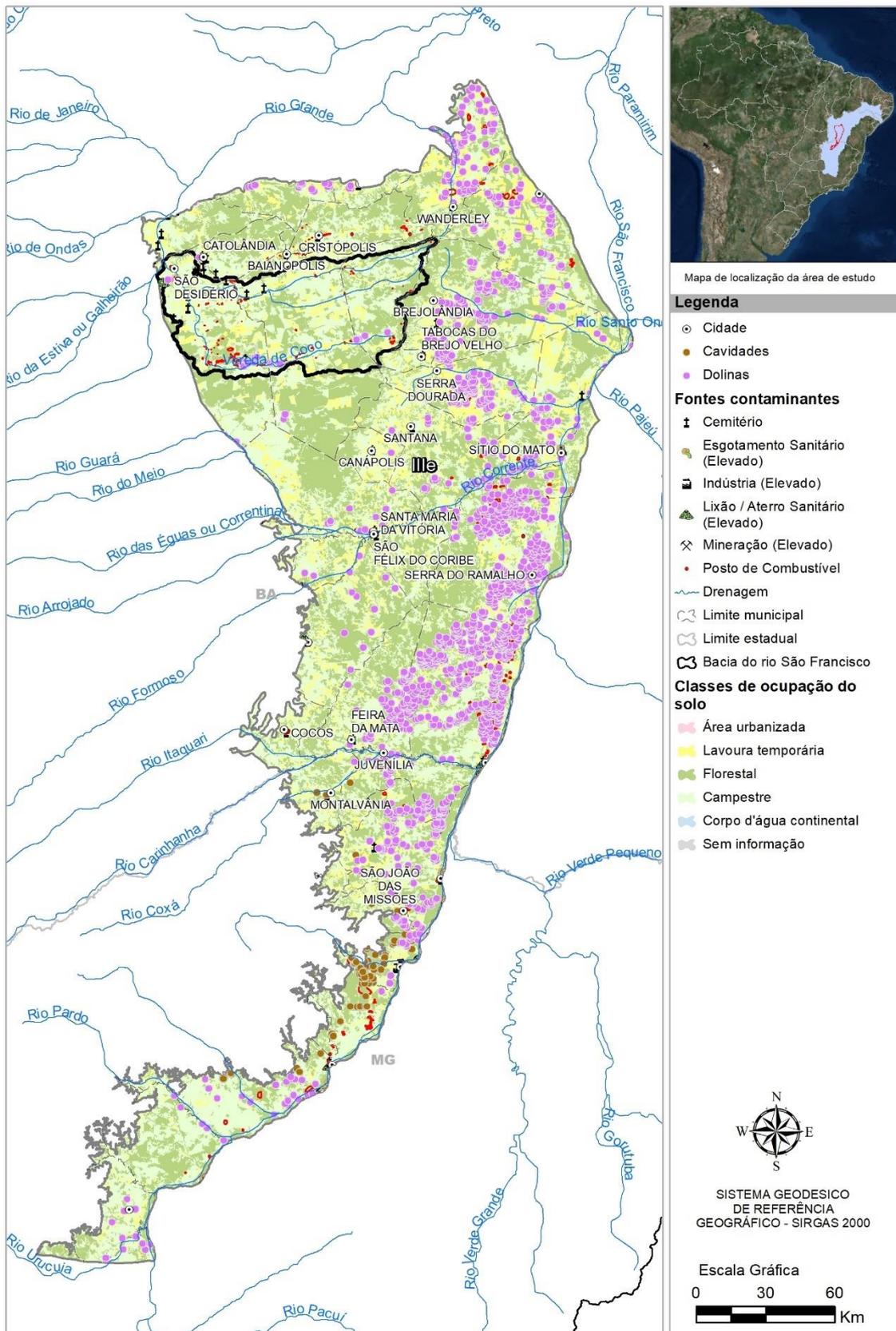


Figura 4.72: Uso e ocupação do solo no Subdomínio IIIe.

4.5.2 Levantamento socioeconômico e demandas hídricas

Para a realização de um estudo correto das demandas hídricas de uma localidade, se faz necessário o estudo de parâmetros socioeconômicos e populacionais.

A interpretação dos parâmetros de rendimento e taxa de alfabetização, auxiliam no entendimento do grau de desenvolvimento econômico de uma região, e a partir daí, torna-se possível correlacioná-los à necessidade de água no local. A Tabela 4.158 apresenta tais parâmetros para o subdomínio IIIe.

Tabela 4.158 - Dados socioeconômicos do Subdomínio IIIe.

Rendimento (R\$)	Estado	Alfabetização (%)	IDHM
626,49	MG	82,1	0,63
538,03	BA	77,4	0,59

O subdomínio IIIe abrange dois estados, Minas Gerais e Bahia e apresentou, em 2010, o rendimento médio da população muito abaixo da média do estado de Minas Gerais, sendo cerca de 43% menor, assim como na Bahia, sendo 34% menor que a média do estado. Comparado ao salário mínimo do ano em questão (510 reais), o rendimento em Minas Gerais é 23% maior, e na Bahia o rendimento é cerca de 5% acima do valor do salário mínimo.

No tocante à taxa de alfabetização, o subdomínio IIIe apresenta taxas abaixo da média tanto em Minas Gerais (92,30%), como na Bahia (84,60%).

No caso do rendimento, tem-se a consideração do peso proporcional de adultos potencialmente receptores de renda no domicílio, diante do cenário em que crianças e idosos tendem a não gerar renda. Sabendo que o rendimento é obtido pela divisão da receita domiciliar pelo número de integrantes no domicílio, um rendimento baixo pode ser entendido como receita familiar baixa e/ou alto número de integrantes da família, assim como um rendimento alto pode significar uma receita familiar alta e/ou um baixo número de integrantes da família.

Analogamente, a taxa de alfabetização contribui para análise das condições de vida populacional, proporcionando o entendimento do bem estar familiar. Essa taxa de alfabetização tende a ser mais baixa em localidades de menor rendimento, indicando menor oportunidade de acesso ao conhecimento.

Dessa forma, compreender o nível de qualidade de vida constitui um fundamento para gerar dados acerca do rendimento e taxa de alfabetização regional, de forma que uma menor qualidade de vida é relacionada a um menor rendimento e menor taxa de alfabetização, o que assinala menor demanda hídrica no local, ao passo que uma maior qualidade de vida é relacionada a um maior rendimento e maior taxa de alfabetização, assinalando uma maior demanda hídrica.

Quando consideramos o IDHM, é possível obter uma análise mais robusta, haja vista que tal índice pondera longevidade, educação e renda, simultaneamente. Nesse âmbito, o Índice de Desenvolvimento Humano em 2010 para o subdomínio IIIe, em Minas Gerais, foi de 0,63, classificando-se na

faixa de Desenvolvimento Humano Médio (IDHM entre 0,600 e 0,699), e na Bahia o IDHM foi de 0,59, classificando-se na faixa de Desenvolvimento Humano Baixo (IDHM entre 0,500 e 0,599). Pode-se concluir que, no estado de Minas Gerais, o subdomínio IIIe possui rendimento, taxa de alfabetização e IDHM médios, e na Bahia apresenta rendimento, taxa de alfabetização e IDHM baixos, o que indica uma demanda hídrica um pouco maior para o estado de Minas Gerais, se comparado ao estado da Bahia.

O subdomínio IIIe representa 1,7% do PIB e cerca de 4% da população do total dos subdomínios de Minas Gerais, e representa 21% do PIB e cerca de 22% da população do total de subdomínios da Bahia. Quando analisado o PIB per capita, o subdomínio IIIe apresenta um valor menor que a média da área de influência total em Minas Gerais, assim como na Bahia.

Esse cenário pode ser ainda confirmado diante do confronto desse PIB per capita com o PIB per capita dos estados, chegando a ser 68% menor que do estado de Minas Gerais (20.592,16), 9% menor que do estado da Bahia (11.966,08) ressaltando um nível muito baixo de produção na região.

Tabela 4.159 – PIB do Subdomínio IIIe.

PIB	UF	População	PIB per capita
940.955,00	MG	143.513	6.556,58
4.160.072,00	BA	380.237	10.940,73

4.5.2.1 Aspectos sanitários gerais

O estudo dos aspectos sanitários da região, servirão para o monitoramento da qualidade da água, identificando as deficiências que mais influenciam em problemas ambientais. Foram avaliados quatro pontos importantes: formas de abastecimento, tipos de esgotamento sanitário nos domicílios, destino do lixo e quantitativo de domicílios que recebem ou não energia elétrica.

- **Abastecimento**

A porcentagem de abastecimento por rede geral, ou seja, com tratamento de água, no subdomínio IIIe (71,7%) é inferior à taxa de abastecimento do estado de Minas Gerais (86,28%), e (73,5%) inferior à taxa do estado da Bahia (80,34%), apresentando maiores taxas em relação ao abastecimento por poços, rios, açudes, e outros o que caracteriza uma área menos urbanizada.

A Tabela 4.160 apresenta a distribuição da forma de abastecimento no subdomínio IIIe.

Tabela 4.160 – Formas de abastecimento no subdomínio IIIe.

Formas de abastecimento	MG %	BA %
Rede geral	71,7	73,5
Poço ou nascente na propriedade	4,1	4,3
Poço ou nascente fora da propriedade	14,3	11,7
Rio, açude, lago ou igarapé	6	5,6
Poço ou nascente na aldeia	1,3	0
Poço ou nascente fora da aldeia	0,5	0
Outra	2,1	4,9

- **Esgotamento sanitário**

Neste subdomínio, 10,9% dos domicílios não possuíam nem banheiro nem sanitário no estado de Minas Gerais, mostrando-se com taxa muito superior que a do estado (1,26%), e 13,6% no estado da Bahia, se mostrando com uma taxa também superior que a do estado (7,92%). A porcentagem de esgoto que não é transportado pela rede geral, não é posto em redes pluviais e nem tratado em fossa séptica é muito alta, em ambos os estados, apontando para grande impacto no meio ambiente desta região.

A Tabela 4.161 abaixo apresenta as porcentagens da existência de banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário no subdomínio IIIe.

Tabela 4.161 – Existência de banheiro ou sanitário no subdomínio IIIe.

Tipos de esgotamento sanitário	Quantitativo MG (%)	Quantitativo BA (%)
Banheiro de uso exclusivo do domicílio	84,8	80,7
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	29,9	17,1
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - outro	70,1	82,9
Sanitário	4,3	5,7
Sanitário - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	6,9	5,8
Sanitário - outro escoadouro	93,1	94,2
Sem banheiro e sem sanitário	10,9	13,6

- **Destino do lixo**

Com o estudo realizado, foi possível verificar que o subdomínio IIIe possui um sistema de destino do lixo abaixo da média de todo o estado de Minas Gerais, assim como no estado da Bahia, mostrando que apenas 53,5% do lixo é coletado em Minas Gerais (87,63%) e 47,9% na Bahia (65,58%). Em Minas Gerais 46,5% e na Bahia 52,1% do lixo possui destino indefinido, índices muito altos, que podem indicar uma destinação incorreta, podendo causar contaminação do solo e de águas.

A Tabela 4.162 apresenta as porcentagens de destinação do lixo no subdomínio IIIe.

Tabela 4.162 – Destinos do lixo no subdomínio IIIe.

Destino do lixo	Quantitativo MG (%)	Quantitativo BA (%)
Coletado	53,5	47,9
Coletado por serviço de limpeza	84,6	86,3
Coletado em caçamba de serviço de limpeza	15,4	13,7
Outro destino	46,5	52,1

- **Energia Elétrica**

Neste quesito, pode-se identificar que o subdomínio IIIe possui porcentagem de domicílios que recebem energia elétrica abaixo da média do estado de Minas Gerais, chegando a atender 96,10% da população e 3,90% da população não recebe atendimento. O mesmo acontece na Bahia, com uma porcentagem de domicílios abastecidos de 93,20%, onde ainda 6,80% não é abastecido com energia elétrica.

4.5.2.2 Demandas Hídricas

O estudo das demandas visa o conhecimento da necessidade de água de uma determinada região, e aliado ao conhecimento das potencialidades e disponibilidades hídricas, se torna um dos elementos essenciais para a realização de seu balanço hídrico, além de constituir um instrumento valioso para o planejamento e estabelecimento das prioridades de uma política de uso dos recursos hídricos.

O levantamento das demandas hídricas foi feito tanto para dados atuais (2010) como para dados futuros (2015, 2020, 2025 e 2030).

- **População urbana e rural**

Analisando o subdomínio IIIe pode-se observar que no estado de Minas Gerais, a maior parte da população é urbana, com uma taxa de crescimento positiva de 1,01%, a taxa de crescimento da população rural é negativa igual a 1,45%. Já no estado da Bahia, observa-se uma maior população rural, com taxa de crescimento pequena e negativa de 0,13%, e com taxa de crescimento da população urbana positiva de 1,49% como pode ser observado na Tabela 4.163.

Tabela 4.163 – População e demanda para abastecimento humano (2010).

UF	População	2010	Demanda (m ³ /dia)	Taxa de crescimento (%)
MG	Rural	54.914	9.849	-1,45
	Urbana	88.578	21.948	1,01
BA	Rural	207.069	31.148	-0,13
	Urbana	170.084	41.657	1,49

Este aumento da população urbana e diminuição da população rural indica um processo de urbanização da região. O processo de urbanização é decorrente do desenvolvimento econômico e distribuição de trabalho, intimamente ligado à industrialização.

O crescimento populacional neste subdomínio, aumenta a competição pelos mesmos recursos naturais, para suprimento das necessidades humanas, e, ao mesmo tempo, a produção de poluição. Tudo isso pode implicar na degradação de muitos recursos naturais e aumento de epidemias. Podemos notar que a demanda hídrica rural é muito menor que demanda hídrica urbana.

- **Dessedentação animal**

No estado de Minas Gerais, o subdomínio IIIe representa 3,7% de bovinos, 0% de bubalinos, 5,4% de equinos, 18,6% de asininos, 5,7% de muares, 14,9% de caprinos, 8% de ovinos, 2,6% de suínos e 1,8% de aves do somatório total das cabeças de todos os subdomínios do estado. No estado da Bahia, o subdomínio IIIe representa 47% de bovinos, 0% de bubalinos, 38% de equinos, 21% de asininos, 24% de muares, 5% de caprinos, 11% de ovinos, 36% de suínos e 28% de aves do somatório total das cabeças de todos os subdomínios do estado. O quantitativo de cabeças e o consumo da dessedentação de animais estão na Tabela 4.164.

Tabela 4.164 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.

Rebanhos	Nº de cabeças MG	Nº de cabeças BA
Bovinos	249.901	1.167.378,56
Bubalinos	-	-
Equinos	12.741	44.783,33
Asininos	696	4.900,04
Muare	1.074	3.265,63
Caprinos	5.113	26.953,95
Ovinos	5.478	56.587,54
Suínos	23.415	79.064,44
Aves	236.492	786.204,60
Demanda para dessedentação animal (m ³ /dia)	268.833,34	1.242.062,11

- **Irrigação**

O subdomínio IIIe apresentou, em 2010, uma estimativa de área irrigada, no estado de Minas Gerais, de 5.482 hectares. A partir dos dados de área irrigada e com o coeficiente de demanda unitária adotado, de 0,4 L/s.ha, foi possível converter a área irrigada em demanda hídrica, que foi estimada em 188.472 m³/dia.

No estado da Bahia, a estimativa de área irrigada do subdomínio IIIe, em 2010, foi de 58.096 hectares, e a partir dos dados da área irrigada e com o coeficiente de demanda unitária adotado, de 0,4 L/s.ha, foi possível converter a área irrigada em demanda hídrica, que foi estimada em 2.007.807 m³/dia.

- **Indústria**

A demanda de recursos hídricos das indústrias, para o subdomínio IIIe, demonstra ser pequena em relação à demanda de abastecimento da população, sendo igual a 6,3 m³/dia para o estado de Minas Gerais, e igual a 18,85 m³/dia, para o estado da Bahia. Pode-se concluir a partir deste dados que a porção do subdomínio que se encontra na Bahia é mais desenvolvida comercialmente e industrialmente que a parte do estado de Minas Gerais.

4.5.2.3 Demandas futuras (2015, 2020, 2015, 2030)

- **População urbana e rural**

A Tabela 4.165 a seguir apresenta as projeções feitas, para a população urbana e rural no subdomínio IIIe. Os coeficientes de retirada de água per capita, também definido na metodologia, foram aplicados às populações projetadas nos referidos anos, de forma a obterem-se as demandas para abastecimento urbano e rural para o subdomínio IIIe.

Tabela 4.165 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.

UF	População/Ano	2015	2020	2025	2030
MG	Rural	51.675	49.106	47.146	45.829
	Urbana	91.769	94.299	96.230	97.528
	Demanda hídrica rural (m³/dia)	9.300	8.865	8.533	8.310
	Demanda hídrica urbana (m³/dia)	23.387	24.528	25.415	26.030
BA	Rural	206.153	205.483	205.022	204.767
	Urbana	178.222	184.181	188.276	190.547
	Demanda hídrica rural (m³/dia)	30.898	30.715	30.590	30.520
	Demanda hídrica urbana (m³/dia)	45.124	47.302	48.798	49.628

- **Dessedentação animal**

Devido à falta de dados mais recentes foi necessário projetar o número de cabeças por espécie, admitindo a mesma taxa de crescimento linear obtida entre os anos de 1996 e 2006. Assim, foi possível estimar o número de cabeças por espécie para 2010 e da mesma forma se procedeu para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030. Uma vez aplicada a taxa de crescimento linear, estimou-se o número de cabeças por espécie para o subdomínio IIIe, e o consumo para dessedentação animal. Ambos apresentados nas Tabelas 4.166 e 4.166.

Tabela 4.166 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio IIIe em Minas Gerais.

Rebanhos	Nº de cabeças por ano (MG)			
	2015	2020	2025	2030
Bovinos	251.688	253.488	255.300	257.126
Bubalinos	-	-	-	-
Equinos	12.833	12.924	13.017	13.110
Asininos	701	706	711	716
Muare	1.082	1.090	1.097	1.105
Caprinos	5.150	5.186	5.224	5.261
Ovinos	5.517	5.557	5.597	5.637
Suínos	23.583	23.751	23.921	24.092
Aves	238.184	239.887	241.602	243.330
Demanda para dessedentação (m³/dia)	270.755,88	272.692,16	274.642,29	276.606,36

Tabela 4.167 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio Ille na Bahia.

Rebanhos	Nº de cabeças por ano (BA)			
	2015	2020	2025	2030
Bovinos	1.243.792,74	1.325.208,84	1.411.954,26	1.504.377,85
Bubalinos	-	-	-	-
Equinos	47.714,75	50.838,06	54.165,81	57.711,40
Asininos	5.220,79	5.562,53	5.926,64	6.314,59
Muares	3.479,39	3.707,14	3.949,81	4.208,35
Caprinos	28.718,30	30.598,15	32.601,04	34.735,03
Ovinos	60.291,64	64.238,20	68.443,10	72.923,25
Suíños	84.239,83	89.753,99	95.629,11	101.888,79
Aves	837.667,92	892.499,93	950.921,12	1.013.166,44
Demanda para dessedentação (m³/dia)	1.323.364,92	1.409.989,64	1.502.284,63	1.600.621,07

- **Irrigação**

De posse da demanda atual para agricultura em 2010, deu-se prosseguimento às metodologias já aplicadas para os demais anos que compõem o horizonte deste estudo. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 4.167.

O resultado dessas projeções consiste nas áreas irrigadas a serem consideradas no futuro. Assim, utilizando-se dos coeficientes de demanda para agricultura, obtêm-se a demanda hídrica futura para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030.

Tabela 4.168 – Projeção da área e demanda para irrigação no subdomínio Ille.

Área irrigada (ha) / Ano	UF	2015	2020	2025	2030
	MG	5.340	5.201	5.066	4.935
	BA	61.099	64.256	67.577	71.069
Demanda para irrigação MG (m³/dia)		184.552	179.760	175.093	170.546
Demanda para irrigação BA (m³/dia)		2.111.566	2.220.688	2.335.448	2.456.140

- **Indústria**

Para demanda relacionada à indústria, de forma semelhante ao que foi feito para calcular a de 2010, projetou-se os PIBs secundários para o subdomínio. Essa projeção teve como base uma taxa de crescimento linear obtida através da comparação entre os PIBs de 2002 e 2012.

Ao aplicar o coeficiente de consumo específico para classe 900 (genérica), equivalente a 0,02713 m³/US\$, como definido na metodologia, inferiram-se as demandas industriais para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030 (Tabela 4.169).

Tabela 4.169 – Projeção da demanda hídrica industrial para o subdomínio IIIe.

UF	Demanda Industrial (m ³ /dia)			
	2015	2020	2025	2030
MG	6,85	7,39	7,67	7,85
BA	21,73	25,01	26,89	28,10

Pelos dados obtidos, pode-se concluir que no subdomínio IIIe, a porção pertencente ao estado da Bahia é mais desenvolvida industrialmente, inferindo uma maior demanda hídrica em relação à porção pertencente ao estado de Minas Gerais.

4.5.3 Vulnerabilidade

A vulnerabilidade foi avaliada de acordo com a metodologia EPIK comentada no item 1.6 do presente relatório.

A classificação dos parâmetros E, P, I e K, é mostrada na Figura 4.73. Essa classificação mostra os seguintes resultados:

Parâmetro E – Epicarste: 9% de epicarste franco (classe E1); 47% de epicarste encoberto (classe E2); e 44% ausente (classe E3).

Parâmetro P – Cobertura de proteção: 44% para a classe P1; e 56,0% para a classe P2.

Parâmetro I – Condições de infiltração: 35% para a classe I1; 58% para a classe I2; e apenas 7% para a classe I3.

Parâmetro K – Grau de desenvolvimento da rede cárstica: 9% para a classe K1; 55% para a classe K2; e 36% para a classe K3.

Na definição das classes do parâmetro P foi muito útil o mapa das unidades de solo, mostrado na Figura 4.74.

Com os diferentes parâmetros zoneados, foi possível elaborar o mapa de vulnerabilidade (ver item 1.6), mostrado na Figura 4.75. A partir desse mapa quantificam-se percentualmente, na Figura 4.76, as classes de vulnerabilidade.

Como se pode observar na Figura 4.76, a área do Subdomínio IIIe é repartida em 10,07% de vulnerabilidade baixa; 80,67% de vulnerabilidade média; e 9,26% de vulnerabilidade alta.

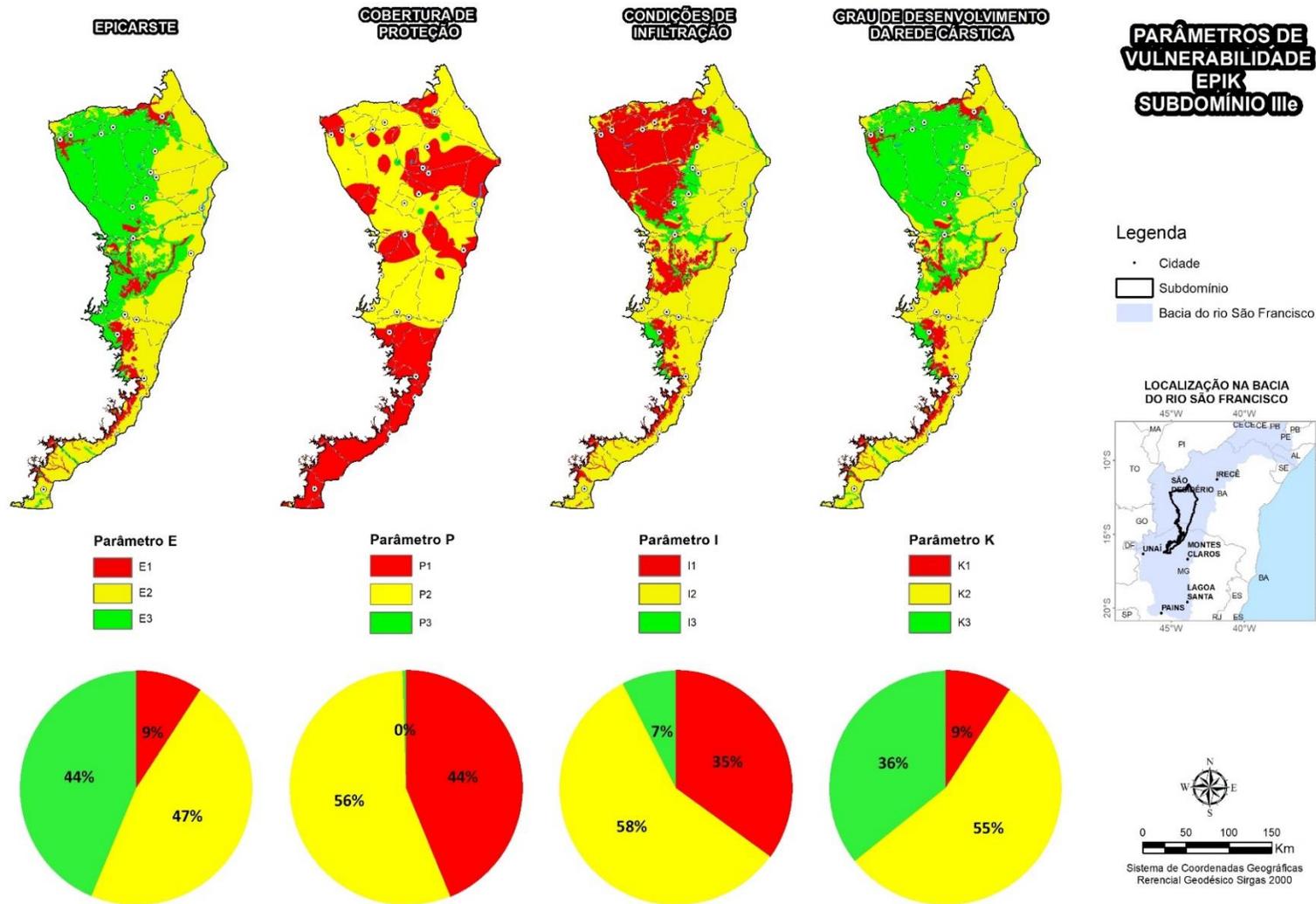


Figura 4.73: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.

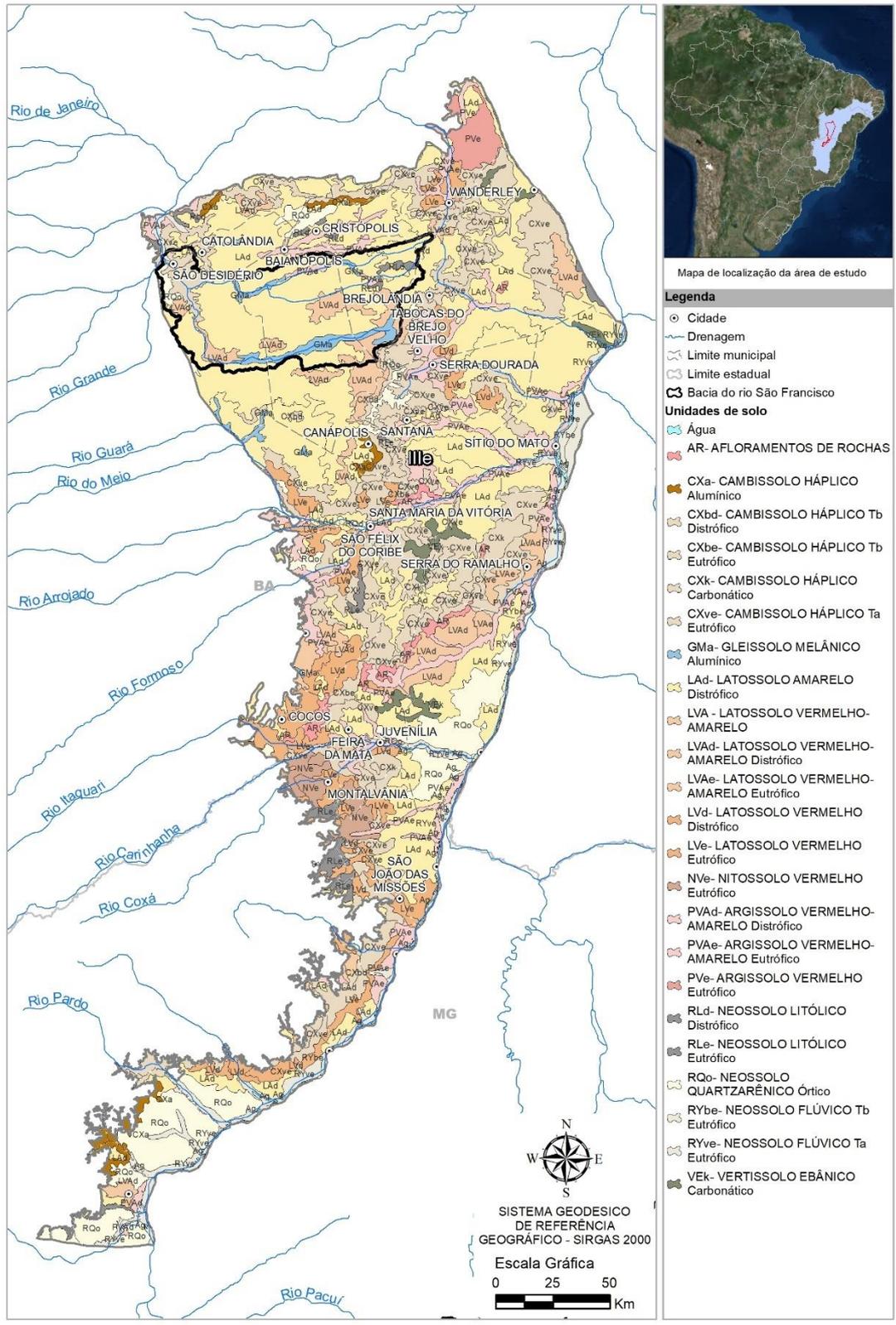


Figura 4.74: Mapa de unidades de solo com a classificação do parâmetro P.

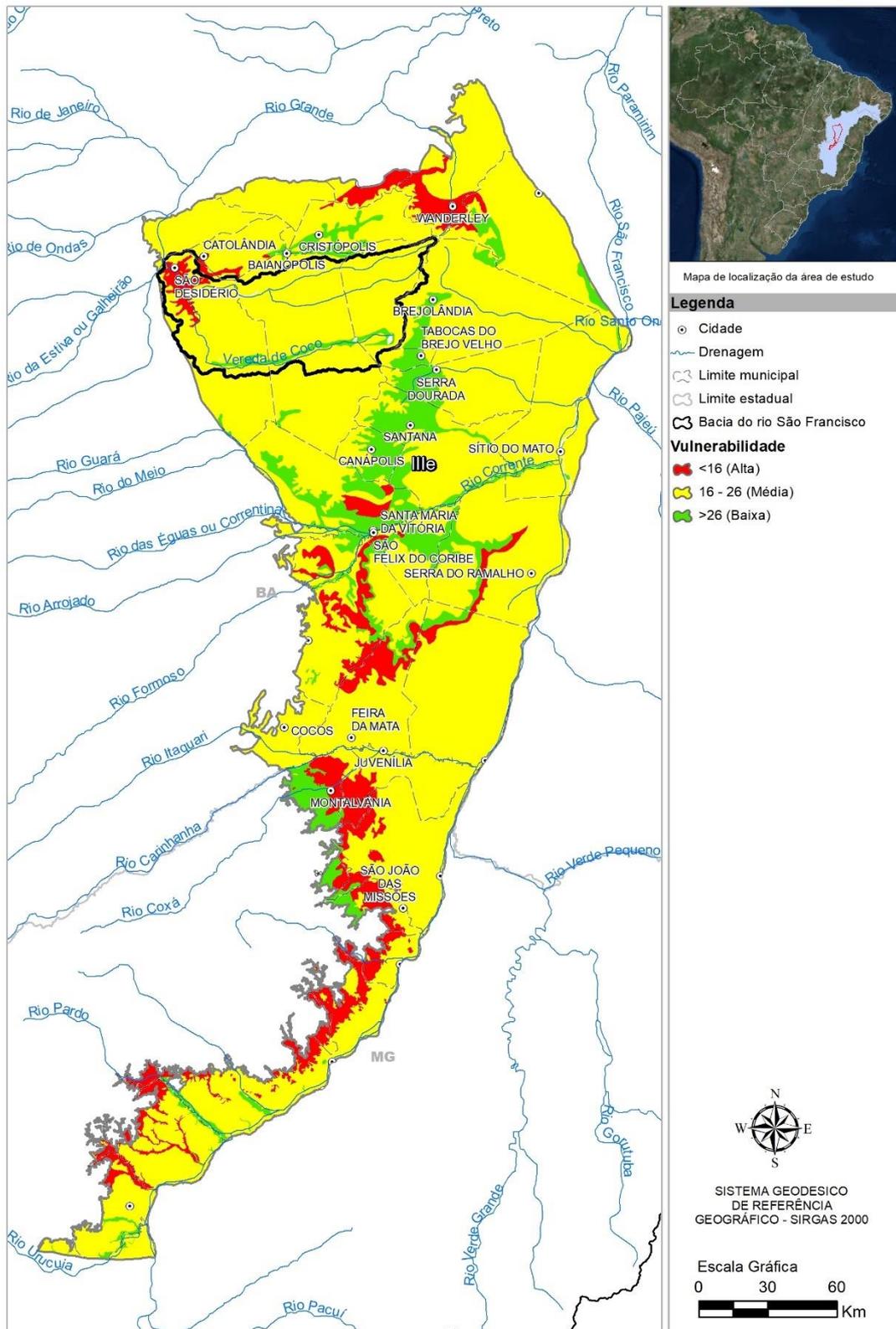


Figura 4.75: Mapa de vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Subdomínio IIIe.

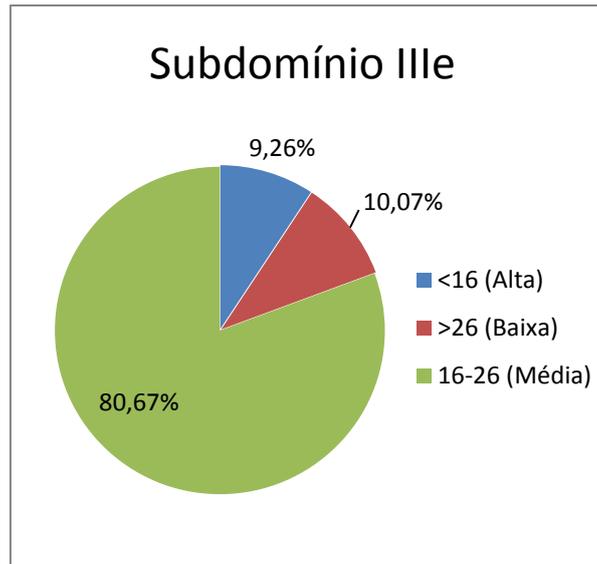


Figura 4.76: Classificação da vulnerabilidade para o Subdomínio IIIe.

4.5.4 Perigo de contaminação

Na Tabela 4.170 estão relacionadas as fontes contaminantes cadastradas no Subdomínio IIIe, com indicação dos respectivos índices Posh.

Tabela 4.170 – Fontes potenciais de contaminação no Subdomínio IIIe.

ATIVIDADE	QUANTIDADE	ÍNDICE POSH
Cemitério	24	Moderado
Posto de combustível	57	Elevado
Lavoura temporária	1.120,37 km ²	Elevado

A distribuição dessas fontes contaminantes no mapa de vulnerabilidade é mostrada na Figura 4.77 onde se pode avaliar o perigo de contaminação no Subdomínio IIIe. Verifica-se, neste mapa, que o Subdomínio IIIe apresenta vulnerabilidade alta em manchas distribuídas de norte a sul, que totalizam cerca de 9,26% da sua área. Ocorre, nessas manchas, perigo de contaminação extremo decorrente da presença de postos de gasolina, lixões, cemitérios e lavouras temporárias. Alto perigo de contaminação ocorre em grandes áreas do subdomínio, correspondentes a vulnerabilidade média (cor amarela) com fontes de contaminação classificadas como elevadas segundo a metodologia POSH. Essas fontes são, essencialmente, postos de combustíveis e áreas de lavoura temporária, essas últimas ocorrendo em 14% do total do subdomínio.

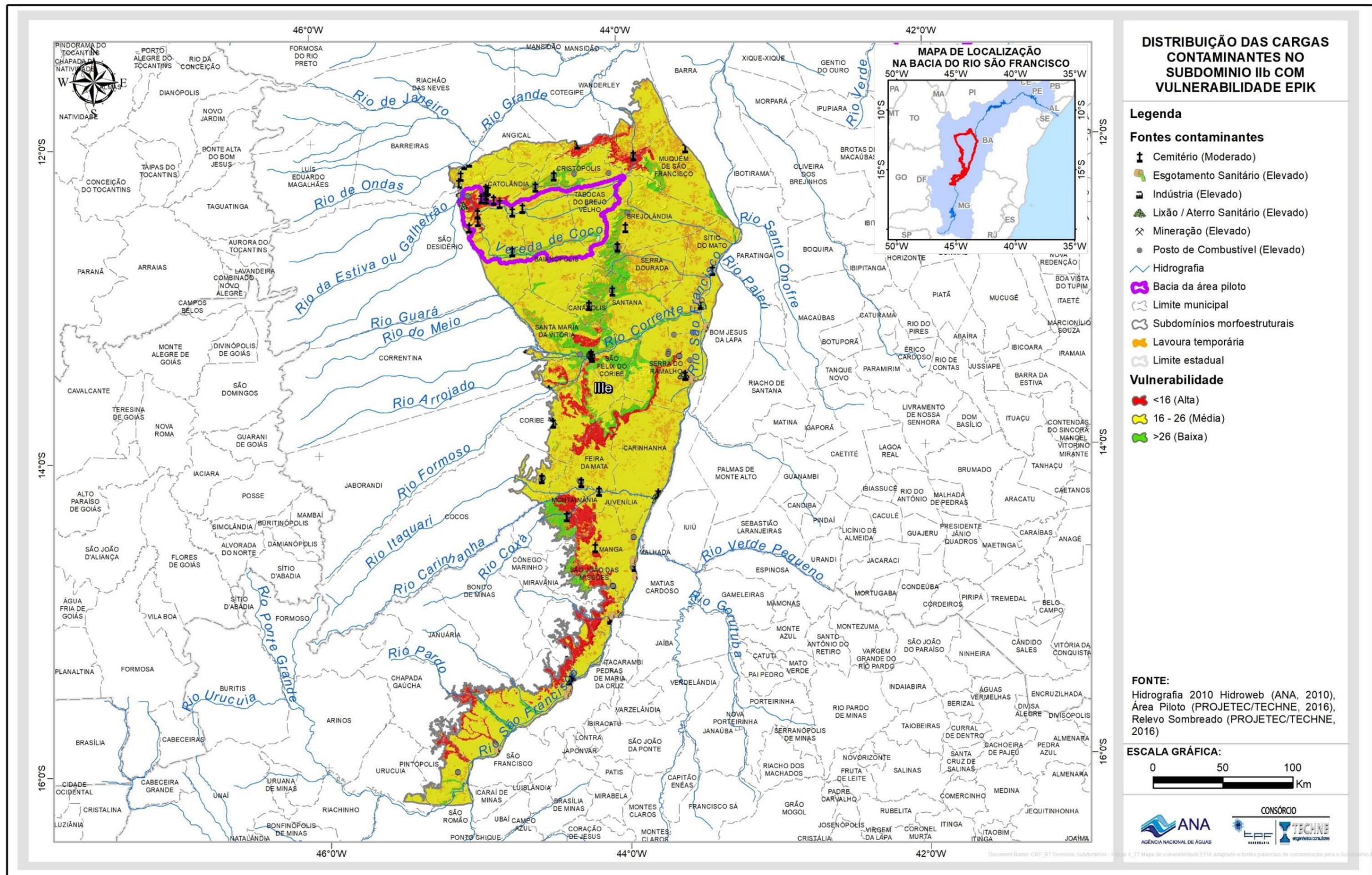


Figura 4.77: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Subdomínio IIIe.

4.5.5 Recarga e zonas de exploração

Começando com um panorama regional da evolução histórica dos níveis de água subterrânea no domínio cárstico em Minas Gerais, a situação da exploração das águas subterrâneas do SAB no Subdomínio IIIe inclui uma estatística descritiva dos dados de poços levantados e catalogados no âmbito do Projeto ANA – Carste São Francisco bem como uma caracterização do regime de funcionamento dos poços e uma estimativa da produção global de água. Para a recarga, foram realizados os cálculos em função das precipitações e o regime fluvial para cada subdomínio. Com os valores de recarga e exploração do subdomínio foi possível realizar o zoneamento de exploração, demonstrado na Figura 6.17.

4.5.5.1 Levantamento e sistematização dos dados

Os dados de poços levantados no Subdomínio IIIe, no âmbito do Projeto foram sistematizados e fazem parte do SIG, que constitui a principal fonte de consulta sobre poços.

4.5.5.1.1 Poços catalogados e cadastrados

A pesquisa hidrogeológica desenvolvida no Subdomínio IIIe baseou-se em dados de 1.738 poços constantes no SIG, dos quais 1234 foram catalogados do SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2010), 87 foram catalogados do sistema de outorgas de água subterrânea do IGAM (2014), 303 foram catalogados da Companhia de Engenharia e Recursos Hídricos da Bahia (CERB), 2 foram catalogados da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) e 112 são novos poços cadastrados, no âmbito do Projeto ANA Carste São Francisco (ANEXO 1.20 – Tabela de poços do Subdomínio IIIe). Para o tratamento estatístico não foram considerados os poços escavados. Desses 1.738 poços excluem-se 14 (12 cisternas, 1 lagoa e 1 rio) que estão hachurados na tabela do ANEXO 1.20. O resultado disso são 1.724 poços: 1.228 catalogados do SIAGAS, 86 catalogados do IGAM, 303 catalogados da CERB, 32 catalogados da COPASA e 105 cadastrados.

4.5.5.1.2 Tratamento estatístico dos poços cadastrados

Na Tabela 4.171 é apresentada a estatística descritiva dos valores numéricos de profundidade, diâmetro do revestimento, nível estático, nível dinâmico e vazão dos poços cadastrados e catalogados no Subdomínio IIIe, localizado na porção noroeste da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

Tabela 4.171 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Subdomínio IIIe.

Parâmetros Estatísticos	Profundidade (m)	Diâmetro da boca(mm)	Nível Estático - NE (m)	Nível Dinâmico - ND (m)	Vazão (m ³ /h)
Média	96,6	155,6	15,9	39,0	14,0
Mediana	95,0	152,4	12,0	30,2	9,9
Desvio Padrão	39,5	21,7	14,8	29,5	16,8
Coefficiente Variação	0,4	0,1	0,9	0,8	1,2
Valor máximo	265,0	381,0	108,2	164,0	306,0
Valor mínimo	11,0	84,0	0,1	0,9	0,1
Nº valores	1603	670	1266	1161	1189

4.5.5.1.3 Profundidade

A profundidade dos poços inventariados no Subdomínio IIIe variou de 11 a 265 m. A profundidade média foi de 96,6 m e se explica pelo fato de que a classe mais frequente (42%) correspondem a poços com profundidade superior a 100 m. Se considerarmos todos os poços com mais de 40 m teremos 1516 poços ou pouco mais de 94% do total no subdomínio IIIe. Já as classes compreendidas entre 0 e 40 m de profundidade possuem uma frequência muito baixa, com apenas 5,43% ou 87 poços de frequência absoluta. A Tabela 4.172 mostra que na classe de 60 a 80 m e na classe de poços entre 40 e 60 m estão localizados, respectivamente, 19% e 18% dos poços em cada, ou seja, a segunda e a terceira classe mais predominante.

Tabela 4.172 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), CERB, COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IIIe.

Classe Profundidade (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤20	6	6	0,00	0,37
20<x≤40	81	87	0,05	5,43
40<x≤60	287	374	0,18	23,33
60<x≤80	297	671	0,19	41,86
80<x≤100	260	931	0,16	58,08
x>100	672	1603	0,42	100,00
Total	1603			

A distribuição da frequência da profundidade dos poços no Subdomínio IIIe pode ser visualizada no diagrama da Figura 4.78.

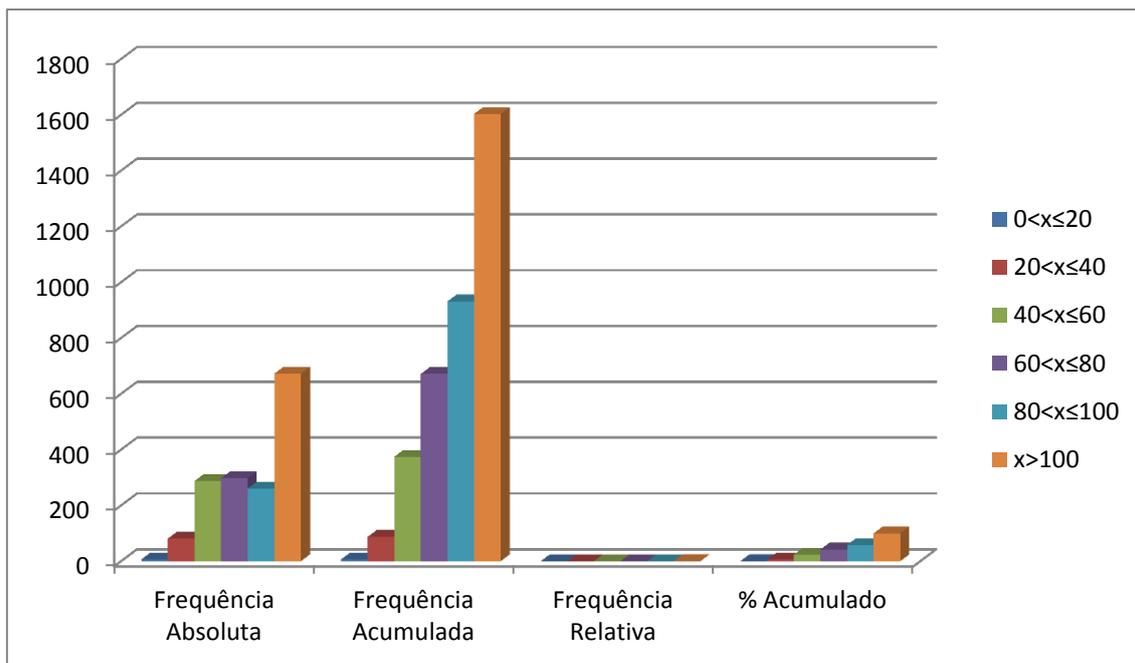


Figura 4.78: Frequências das classes de profundidade dos poços no Subdomínio IIIe.

4.5.5.1.4 Diâmetro da Boca do Poço

De acordo com a Tabela 4.173 e Figura 4.85, no Subdomínio IIIe, existem três classes de diâmetro da boca dos tubos, a primeira com 65 poços até 152 mm e o segundo com 600 poços na classe entre 152 mm e 300 mm. A classe de menor frequência é a de 300 a 450 mm com 5 poços. Nota-se a presença da maioria dos poços concentrada na classe de diâmetro intermediário.

Tabela 4.173 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), CERB, COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IIIe.

Classe Diâmetro da Boca (mm)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 152	65	65	0,10	9,70
152 < x ≤ 300	600	665	0,90	99,25
300 < x ≤ 450	5	670	0,01	100,00
Total	670			

A Figura 4.79 ilustra a distribuição de frequência do diâmetro da Boca dos poços no Subdomínio IIIe.

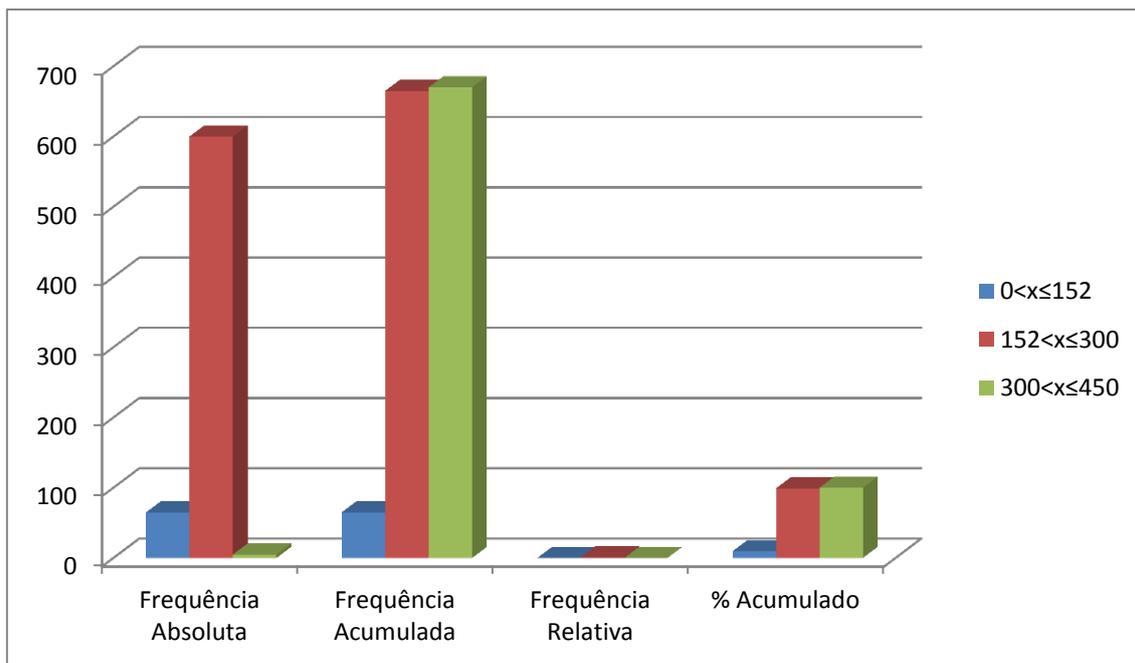


Figura 4.79: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Subdomínio IIIe.

4.5.5.1.5 Nível Estático

De acordo com os dados da Tabela 4.174 e Figura 4.80, observa-se que aproximadamente 72% dos poços apresentam níveis estáticos até 20 m, o que significa que esses níveis são rasos, de modo geral. Na classe de 20 a 30 m encontram-se 15% dos poços, no intervalo de poços acima de 30 m estão 13% do total. A rigor, todos esses níveis, notadamente os mais profundos, não são “estáticos”, já que a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração.

Tabela 4.174 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM, CERB, COPASA e cadastrados no Subdomínio IIIe.

Classe Nível Estático (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 10	558	558	0,44	44,08
10 < x ≤ 20	355	913	0,28	72,12
20 < x ≤ 30	194	1107	0,15	87,44
x > 30	159	1266	0,13	100,00
Total	1266			

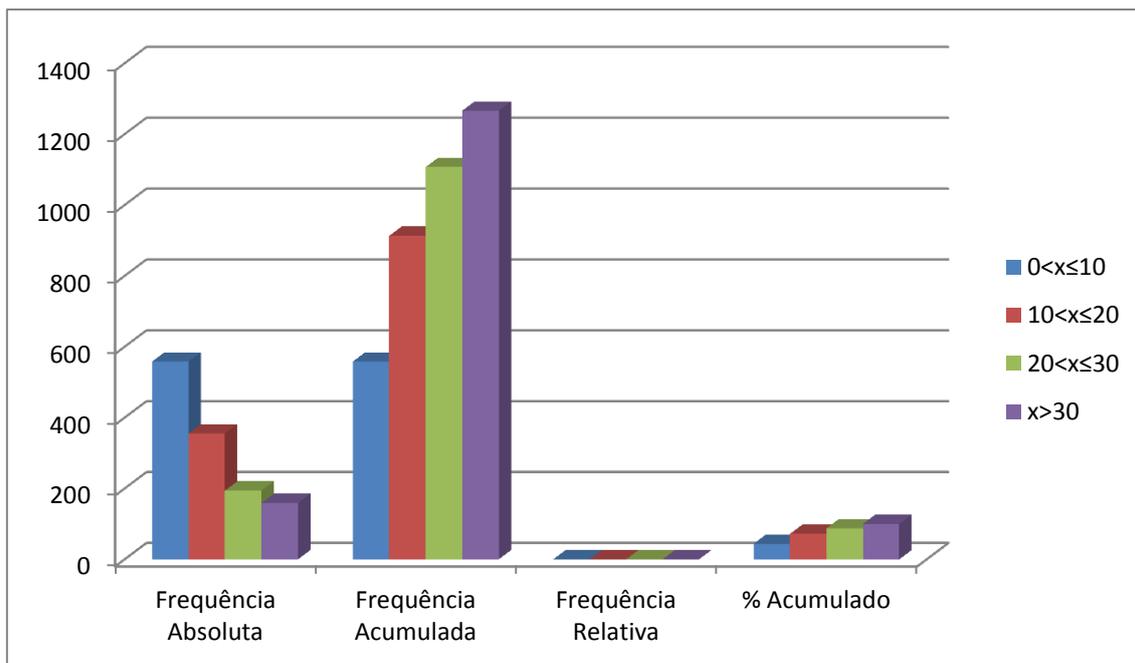


Figura 4.80: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Subdomínio IIIe.

4.5.5.1.6 Nível Dinâmico

Para os níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IIIe, tem-se que a classe menos frequente corresponde ao intervalo entre 30 e 40 m (11%). Secundariamente, 14% dos poços (161/1161) estão no intervalo entre 0 e 10 m, como pode ser observado na Tabela 4.175 e Figura 4.81. Nota-se, finalmente, que a grande maioria dos níveis dinâmicos (457/1161), representando 39%, estão no intervalo de poços com profundidades maiores que 40 m.

Tabela 4.175 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM, CERB, COPASA e cadastrados no Subdomínio IIIe.

Classe Nível Dinâmico (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	161	161	0,14	13,87
10<x≤20	235	396	0,20	34,11
20<x≤30	182	578	0,16	49,78
30<x≤40	126	704	0,11	60,64
x>40	457	1161	0,39	100,00
Total	1161			

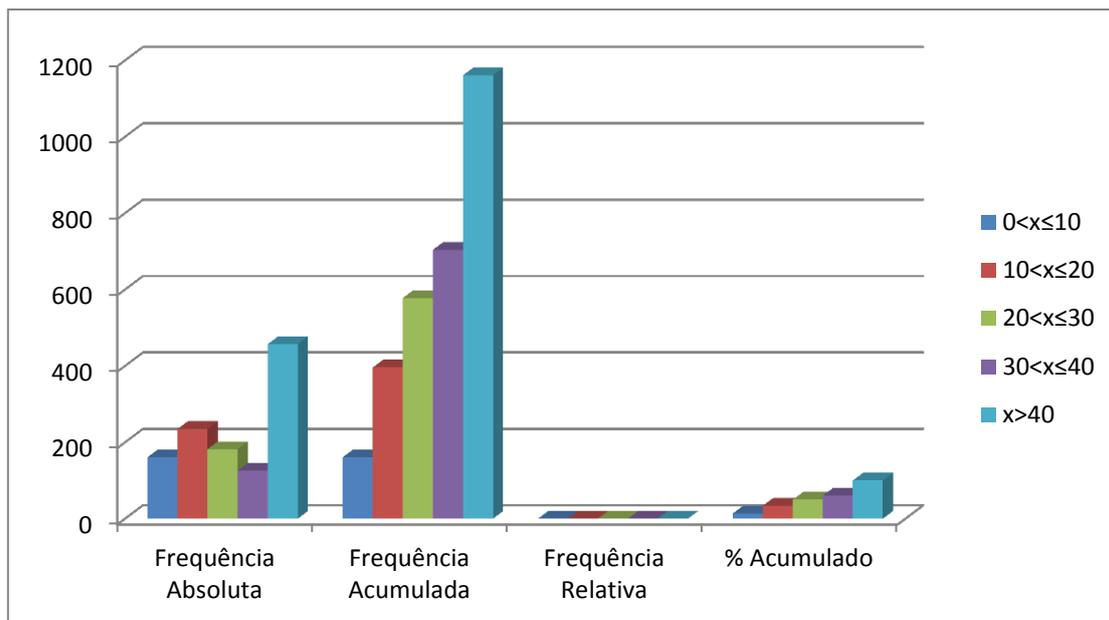


Figura 4.81: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IIIe.

4.5.5.1.7 Vazão

No que se refere à vazão dos poços que exploram o aquífero Bambuí do carste São Francisco no Subdomínio IIIe, verifica-se que do total de poços catalogados e cadastrados (Tabela 4.176) existem 1186 poços com vazão informada. Observa-se que a classe mais frequente é a entre 0 e 10 metros, com aproximadamente 51% e frequência absoluta de 608 poços. Já a de menos frequência é a entre 40 e 50 metros e os maiores que 50 m, cada intervalo com apenas 2% do total.

Tabela 4.176 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM (2014), CERB, COPASA e cadastrados no Subdomínio IIIe.

Classe Vazão (m ³ /h)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	608	608	0,51	51,26
10<x≤20	310	918	0,26	77,40
20<x≤30	157	1075	0,13	90,64
30<x≤40	69	1144	0,06	96,46
40<x≤50	20	1164	0,02	98,15
x>50	22	1186	0,02	100,00
Total	1186			

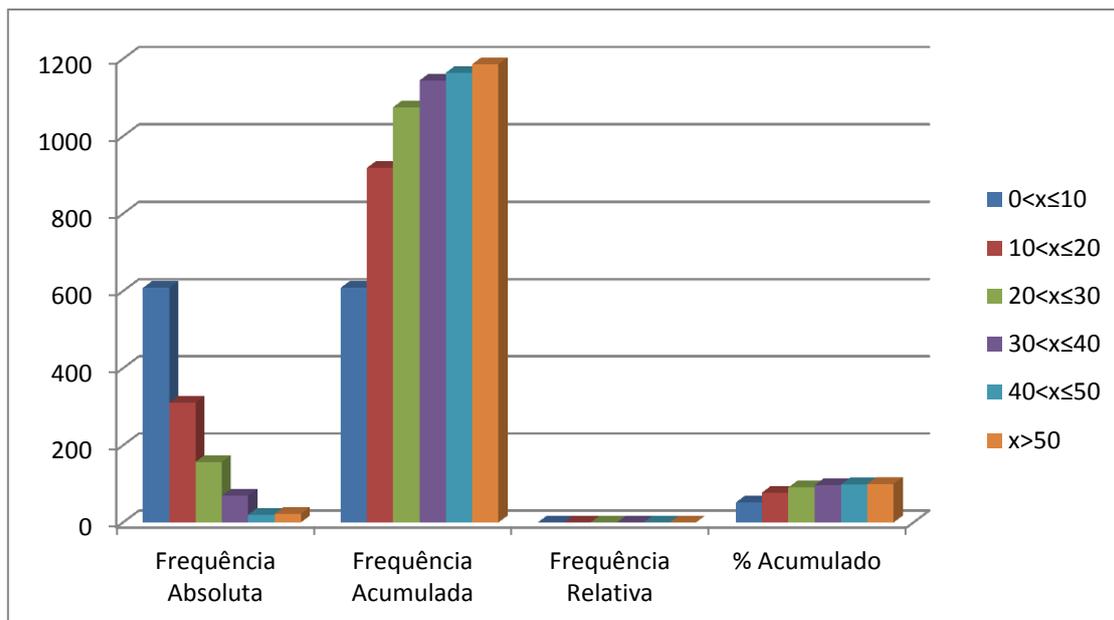


Figura 4.82: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Subdomínio IIIe.

Não obstante, de acordo com as condições operacionais em que se encontram os poços (Tabela 4.177) verifica-se que existem 372 unidades (21,6%) em condições de funcionamento, ou seja, são poços que estão bombeando (11,6%), estão equipados (10,0%) ou parados/não instalado (2,0%), conforme ANEXO 1.20 Tabela de poços do Subdomínio IIIe.

Tabela 4.177 – Situação operacional dos 1.724 poços catalogados e cadastrados no Subdomínio IIIe.

Registros	Bombeando	Equipado	Seco	Parado/ Não Instalado	Sem informação	Em condições de funcionamento
1724	200	172	169	35	1148	372
100%	11,6%	10,0%	9,8%	2,0%	66,6%	21,6%

4.5.5.1.8 Conclusões

Com base nos dados apresentados anteriormente referentes ao Aquífero Bambuí do Carste do São Francisco no Subdomínio IIIe é possível concluir que:

- A profundidade dos poços inventariados no Subdomínio IIIe variou de 11 a 265 m, com média aproximada de 96,6 m, sendo que os poços nos intervalos acima de 40 metros constituem as classes mais frequente (94,57%);
- 44% dos poços possuem níveis estáticos entre 0 e 10 m de profundidade, somados a classe de 10 a 20 m chegam a 1.471 poços ou 72% do total. Vale ressaltar que a rigor esses níveis não são “estáticos”, pois a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração;
- As vazões informadas dos poços (Tabela 4.176) em 51% dos casos são menores ou iguais a 10 m³/h e nos 49% restantes oscilam entre mais de 10 m³/h até 306 m³/h;
- Em termos de condições operacionais (Tabela 4.177) do total de 1.724 poços existem 35 poços parados, 169 não utilizáveis, ainda 1.148 poços sem informação sobre o tema. Dos poços com condições de utilização são: 200 poços bombeando e 172 equipados no subdomínio IIIe;
- No que se refere ao tipo de equipamento instalado nos poços (Tabela 4.178), verificou-se que nos 332 poços com informações sobre bombas, são 167 com bomba submersa, 138 com compressor de ar, 5 com bomba injetora, 1 com bomba turbina, 1 com bomba centrífuga, 18 com pistão acionado a motor e 2 com pistão acionado a roda d'água.

Tabela 4.178 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.

Equipamentos de bombeamento	Nº	Bomba submersa	Compressor	Centrífuga	Injetora	Turbina	Pistão c/ roda d'água	Pistão Motor
Registros	332	167	138	1	5	1	2	18
Percentual	100%	50,3%	41,6%	0,3%	1,5%	0,3%	0,6%	5,4%

4.5.5.2 Regime de Funcionamento dos Poços

Na Tabela 4.179 são mostrados os valores dos parâmetros estatísticos do número de horas por dia em que são bombeados os poços da área estudada, segundo dados do cadastro de outorgas de água subterrânea IGAM (2014).

Existem apenas 156 poços com regime de funcionamento informado e o cálculo do regime médio de funcionamento para todos os 372 poços, em condições de utilização, é feito usando a média ponderada pela frequência do número de horas de bombeamento, nos intervalos de classe, conforme a expressão:

$$\overline{R}_e = \sum_{j=1}^{12} R_{ej} \times w_j$$

Ou seja, o regime médio estimado é dado pela somatória do regime médio ponderado pela frequência relativa ou fator de ponderação.

Tabela 4.179 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Subdomínio IIIe, usando 156 poços com regime informado no cadastro de outorgas (IGAM, 2014).

Classe Regime Informado (h/dia)	Frequência Absoluta Número de Poços n_j	Regime médio informado R_{ej} (h/dia)	Frequência Relativa ou Peso $w_j=n_j/N$	Regime médio ponderado (h/dia) $R_{ej} \times w_j$
0<x≤1	20	0,917	0,128	0,118
1<x≤2	21	1,939	0,135	0,261
2<x≤3	16	2,857	0,103	0,293
3<x≤4	19	3,935	0,122	0,479
4<x≤5	3	4,440	0,019	0,085
5<x≤6	14	5,958	0,090	0,535
6<x≤7	2	7,000	0,013	0,090
7<x≤8	13	8,000	0,083	0,667
8<x≤9	4	0,000	0,026	0,000
9<x≤10	6	10,000	0,038	0,385
10<x≤11	2	0,000	0,013	0,000
11<x≤12	7	12,000	0,045	0,538
12<x≤24	29	19,386	0,186	3,604
Soma	156			7,054

Legenda:

$N = \sum n_j = N = \sum n_j$ = número total de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro de água subterrânea realizado ao longo do projeto.

Frequência Absoluta (n_j): número de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro realizado ao longo do projeto.

Regime Médio Informado (R_{ej}) = Média de horas de funcionamento dos poços em cada intervalo de classe.

Regime médio ponderado em cada intervalo de classe: ($R_{ej} \times w_j$).

Frequência Relativa ou fator de ponderação: $w_j = n_j / N$.

Regime Médio Estimado: $\overline{R}_e = \sum_{j=1}^9 R_{ej} \times w_j$ 8 horas e 7 minutos.

Como visto na Tabela 4.179, o regime médio de funcionamento estimado para os poços no Subdomínio IIIe em 2015 é de 7,054 horas por dia, o que equivale a 7h:03 min.

4.5.5.3 Produção Global dos Poços

Considerando o regime de funcionamento e a vazão média dos diferentes intervalos de classe de vazão apresentados na Tabela 4.180, obtém-se uma produção estimada de 33.887,79 m³/dia, ou 392,2 L/s.

Tabela 4.180 - Produção global estimada, explotada no Subdomínio IIIe.

Classe Vazão (m ³ /h)	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Vazão Média (m ³ /h)	Efetivo de Poços	Vazão Estimada (m ³ /dia)	Vazão Estimada (m ³ /s)	
						372 poços	337 poços
0<x≤1	15	0,04	0,78	17	91,11	0,0011	0,0010
1<x≤2,5	41	0,12	1,97	45	629,74	0,0073	0,0066
2,5<x≤5	42	0,12	4,01	46	1311,91	0,0152	0,0138
5<x≤7,5	51	0,15	6,43	56	2553,50	0,0296	0,0268
7,5<x≤10	44	0,13	8,97	49	3074,89	0,0356	0,0322
10<x≤15	53	0,16	12,78	59	5275,62	0,0611	0,0553
15<x≤30	70	0,21	20,10	77	10954,92	0,1268	0,1149
x>30	21	0,06	61,13	23	9996,11	0,1157	0,1048
Total	337			372	33887,79	0,3922	0,3553

Legenda:

N = número total de poços com vazão informada no SIG

Frequência Absoluta (FA) = número de poços com vazão informada no SIG em cada intervalo de classe.

Frequência Relativa (FR) = FA/N.

Vazão Média (QM) = média dos valores de vazão informada em cada intervalo de classe.

Efetivo de poços = N° P.P. x FR = número de poços produtores (bombeando/equipado) encontrados dentro dos limites do domínio.

Vazão Estimada (QE) m³/dia = QM x RME x Efetivo de poços em cada intervalo de classe.

Vazão Estimada (QE) m³/s = QE (m³/dia) x Quantidade de segundos em um dia (84.600).

Segundo os dados informados, a produção de água para um efetivo de 372 poços em operação no ano de 2015 foi estimada em 0,3922 m³/s conforme Tabela 4.180.

A Tabela 4.181 apresenta a distribuição da produção global dos poços em condições de funcionamento (Tabela 4.177) de acordo com a situação operacional informada (ANEXO 1.20). Como visto na Tabela 4.180, a produção global de água estimada para os 372 poços atinge 0,3922 m³/s. Só com os 337 poços em operação, a exploração extraía 90,59% desse total, ou seja, 0,3553 m³/s.

Tabela 4.181 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Subdomínio IIIe.

Poços	Em condições de funcionamento	Bombeando	Equipado
Número	372	200	172
Percentual	100%	53,76%	46,24%
Vazão (m³/s)	0,3922	0,2108	0,1814

A distribuição espacial dos poços produtores no Subdomínio IIIe é mostrada na Figura 4.83, a qual foi gerada a partir da tabela contida no ANEXO 1.20.

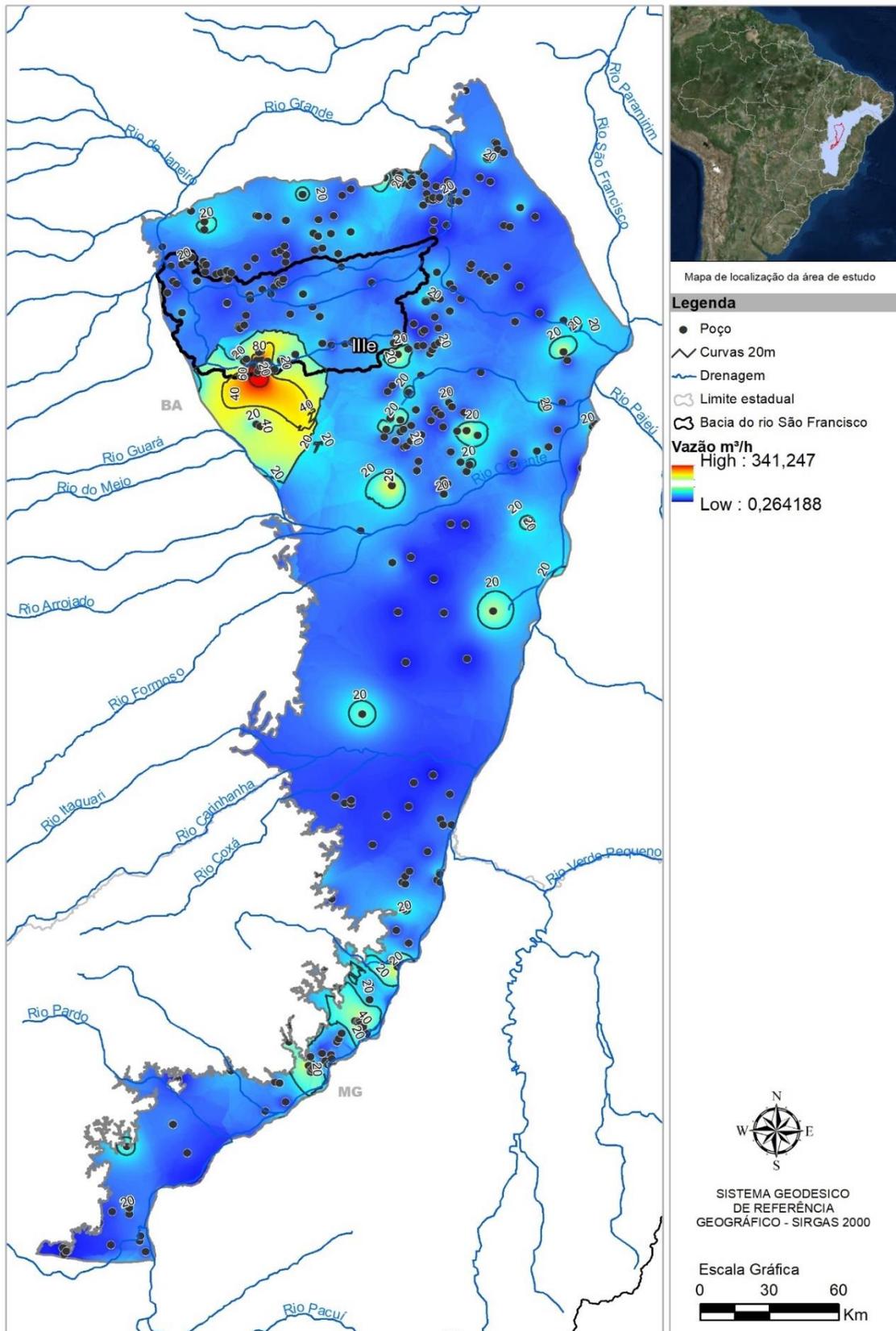


Figura 4.83: Distribuição espacial da produção de 372 poços em operação localizados no Subdomínio IIIe.

4.5.5.4 Recarga no Subdomínio Ille

A Tabela 4.182 apresentada a seguir, identifica quais são as estações utilizadas para os cálculos de recarga, sendo mostradas ainda, outras informações como dimensão da bacia, código e nome da estação, e o período a que se referem os registros de medições de descarga em cada uma delas.

Tabela 4.182 – Informações básicas sobre as estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do Subdomínio Ille.

Código da estação*	Latitude	Longitude	Denominação	Curso d'água	Área (km ²)	Período de monitoramento	Período adotado para cálculo
45770000	-13,4528	-44,5689	Arrojado	Rio Arrojado	5.650,21	1977 - 2015	1977 – 2007
46550000	-12,1525	-45,0094	Barreiras	Rio Grande	17.959,62	1934 - 2015	1934 – 2007
46902000	-11,3553	-43,8456	Boqueirão	Rio Grande	46.884,75	1933 - 2015	1933 – 2007
45220000	-14,4236	-44,4831	Capitânea	Rio Coxá	2.488,86	1967 - 2015	1967 - 2007
45880000	-13,56	-44,2856	Colônia do Formoso	Rio Formoso	9.200,66	1972 - 2015	1972 – 2007
44540000	-14,6514	-44,0925	Faz. Bom Retiro	Rio Japoré	600,19	1974 - 2011	1974 – 2007
46490000	-12,4044	-44,9531	Faz. Coqueiro	Rio São Desidério	6.360,67	1977 - 2015	1977 – 2007
45260000	-14,26	-44,1522	Juvenília	Rio Cariranha	15.971,77	1964 - 2015	1967 – 2007
45210000	-14,2831	-44,4094	Lagoa das Pedras	Rio Cariranha	12.172,97	1969 - 2014	1969 – 2007
45740001	-13,2853	-44,5617	Mocambo	Rio Guará	7.624,77	1977 - 2015	1977 – 2007
45960001	-13,2914	-43,9089	Porto Novo	Rio Corrente	31.409,62	1977 - 2014	1977 – 2007
43880000	-16,2811	-45,4142	Santo Inácio	Rio Urucuia	23.758,98	1962 - 2015	1962 – 2007
46610000	-11,9794	-44,8772	São Sebastião	Rio Grande	33.614,57	1977 - 2014	1977 - 2007
46415000	-12,4306	-45,0856	Sítio Grande	Rio Grande	5.012,81	1977 - 2015	1977 – 2007
46650000	-11,7208	-44,5022	Taguá	Rio Grande	36.564,89	1939 - 2014	1939 – 2007
44250000	-15,4831	-44,7681	Us. do Pandeiros - Montante	Rio Pandeiros	3.718,57	1973 - 2015	1973 - 2007

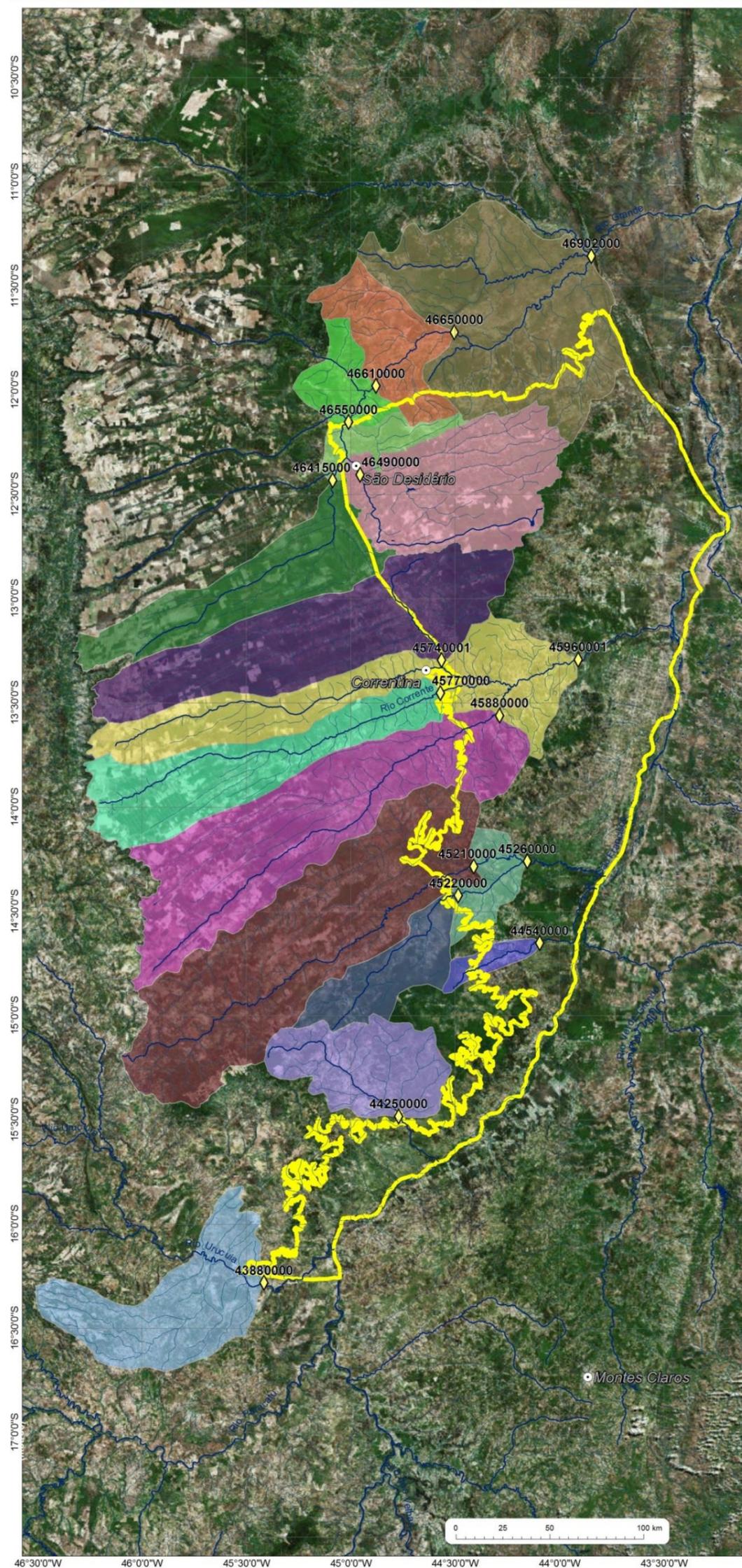
Como se observa na Figura 4.84 apresentada a seguir, a configuração hidrográfica das bacias de interesse revela que uma porção do Subdomínio Ille não pode ser qualificada por estas, o que, no entanto, não prejudicou os cálculos realizados. Ressalta-se que estações analisadas apresentam porções que extrapolam os limites do Subdomínio Ille, tendo sido, portanto, computados somente os volumes interiores de cada uma das bacias em relação às áreas pertencentes a esse subdomínio.

Ainda do ponto de vista geológico, o conteúdo litológico das duas bacias avaliadas mostrou-se distribuído pelas seguintes tipologias Serra da Mamona, Urucuia, São Desidério, Depósitos Aluvionares, Drenagem, Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas, Paraopeba, Garapa, Riacho de Santana – migmatitos, Lagoa do Jacaré, Sete Lagoas - fácies 1, Serra da Saudade, Lagoa do Jacaré, siltito, Januária, Sete Lagoas, Depósitos aluvionares antigos, Santa Fé, Lagoa do Jacaré, calcário, Paraopeba, calcário, Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas, Três

Marias, Areado, Serra de Santa Helena, Sítio Novo, Correntina e Granito Correntina.

A Tabela 4.183 apresentada abaixo indica os percentuais de distribuição de cada uma das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IIIe.

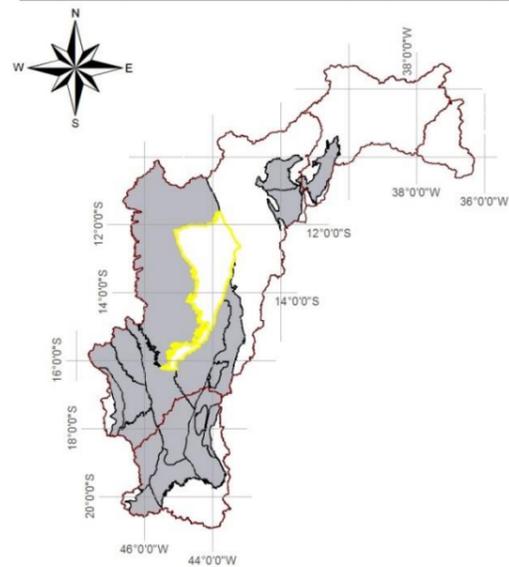
Subdomínio III E – Grupo Bambuí indeformado a parcialmente deformado



Mapas de localização



Mapa de domínios de ocorrência de unidades carbonáticas



Legenda

- ◆ Estação fluviométrica
 - Sedes municipais
 - Zonas de descarga local
 - Zonas de descarga intermediária
- Subdomínio**
- III E (Grupo Bambuí indeformado a parcialmente deformado)
- Limite da bacia hidrográfica**
- 45770000 - Arrojado
 - 46550000 - Barreiras
 - 46902000 - Boqueirão
 - 45220000 - Capitânea
 - 45880000 - Colônia do Formoso
 - 44540000 - Fazenda Bom Retiro
 - 46490000 - Fazenda Coqueiro
 - 45260000 - Juvelínia
 - 45210000 - Lagoa das Pedras
 - 45740001 - Mocambo
 - 45960001 - Porto Novo
 - 43880000 - Santo Inácio
 - 46610000 - São Sebastião
 - 46415000 - Sítio Grande
 - 46650000 - Tagua
 - 44250000 - Usina do Pandeiros - Montante

Figura 4.84: Mapa de localização das 16 bacias hidrográficas consideradas nos cálculos de recarga do Subdomínio III E.

Tabela 4.183 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Subdomínio IIIe.

GEOLOGIA DO SUBDOMÍNIO IIIe			
Unidade Geológica	Área (km ²)	%	Tipologia Litológica
Serra da Mamona	656,01	1,45	Metassiltito, Ardósia, Metarenito, Mármore, Metamarga
Urucuia	11554,38	25,59	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado
São Desidério	1068,13	2,37	Metassiltito, Mármore, Metamarga
Depósitos aluvionares	1092,27	2,42	Areia, Argila, Cascalho, Silte
Drenagem	152,09	0,34	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	8389,02	18,58	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte
Paraopeba	9582,06	21,22	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga
Garapa	68,79	0,15	Filito, Quartzito feldspático
Riacho de Santana - migmatitos	13,46	0,03	Migmatito, Ortognaisse, BIF's, Rocha metamáfica
Lagoa do Jacaré	906,94	2,01	Calcarenito, Siltito, Marga
Sete Lagoas – Fácies 1	4671,24	10,34	Argilito, Silexito, Ritmito, Marga
Serra da Saudade	379,53	0,84	Siltito, Argilito, Arenito, Rocha pelítica
Lagoa do Jacaré, siltito	145,83	0,32	Siltito, Calcário, Ardósia, Argilito
Januária	2,76	0,01	Granito, Quartzito diorito
Sete Lagoas	2194,40	4,86	Rocha metapelítica, Dolomito
Depósitos aluvionares antigos	1061,01	2,35	Depósitos de argila, Depósitos de areia, Depósitos de cascalho
Santa Fé	30,31	0,07	Arenito, Rocha pelítica, Diamictito
Lagoa do Jacaré, calcário	66,34	0,15	Calcário, Marga, Siltito
Paraopeba, calcário	106,24	0,24	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	68,76	0,15	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho
Três Marias	4,88	0,01	Arcóseo, Argilito, Siltito
Areado	16,13	0,04	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito
Serra de Santa Helena	2904,74	6,43	Siltito, Folhelho, Marga
Sítio Novo	0,00	0,00	Quartzito feldspático, Metaconglomerado, Filito
Correntina	0,02	0,00	Ortognaisse, Migmatito, Rocha metaltramáfica
Granito Correntina	20,76	0,05	Quartzito monzonito, Granodiorito, Monzonito, Granito
Total	45156,10	100,00	

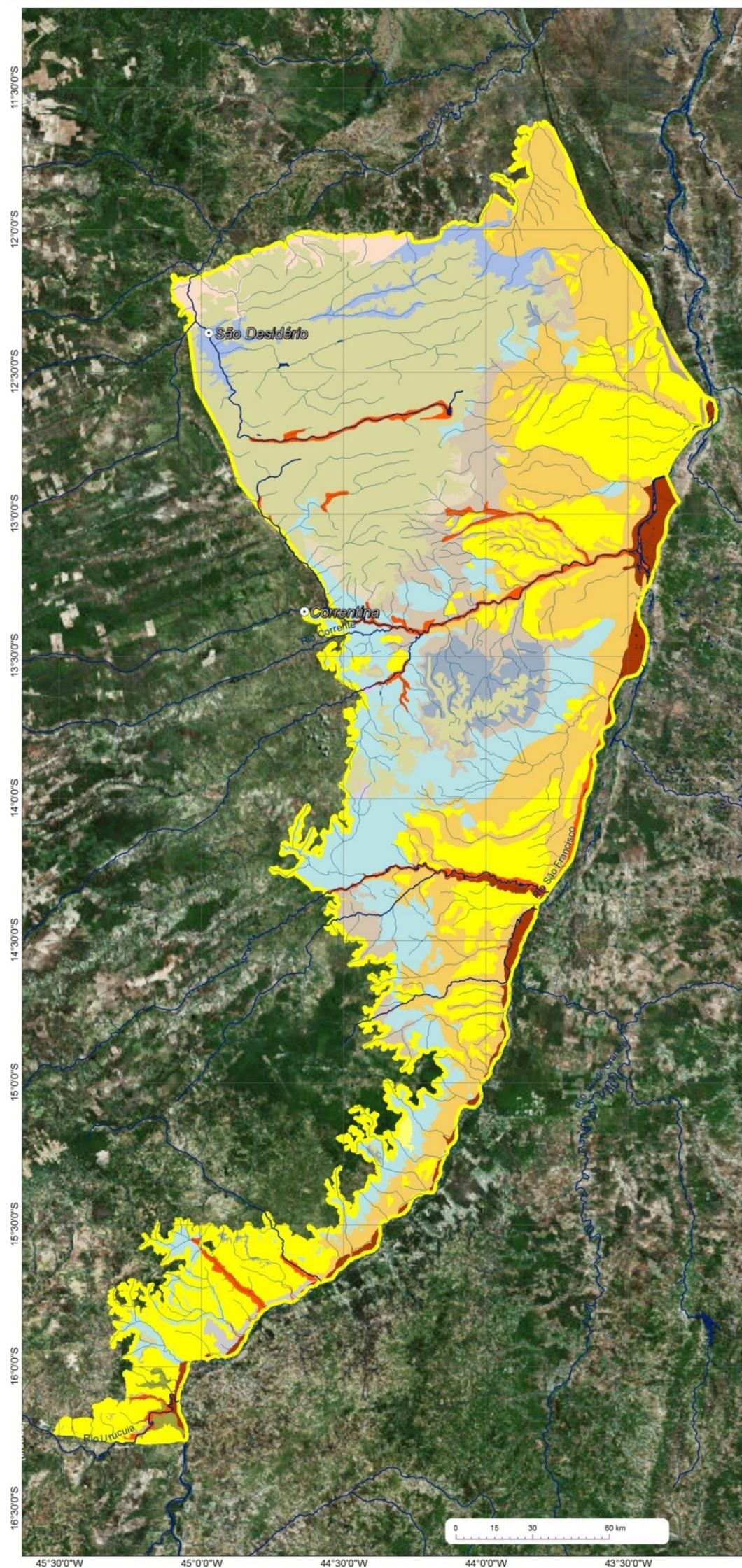
O mapa da Figura 4.85 mostra a distribuição dos tipos de rocha existentes no interior do subdomínio IIIe, bem como sua inserção na bacia do rio São Francisco.

4.5.5.4.1 Resultados

De posse da análise dos hidrogramas de cada um das oito estações fluviométricas, pôde-se estimar os quantitativos referentes às descargas

subterrâneas para cada tipologia litológica, bem como os valores médios de recarga anual e seus respectivos percentuais, quando considerada a média pluviométrica obtida pelas isoietas distribuídas em 16 estações no e em torno do subdomínio IIIe. Esses valores ainda poderão sofrer ajustes quando da identificação e análise de subdomínios vizinhos, quando avaliadas as outras estações existentes.

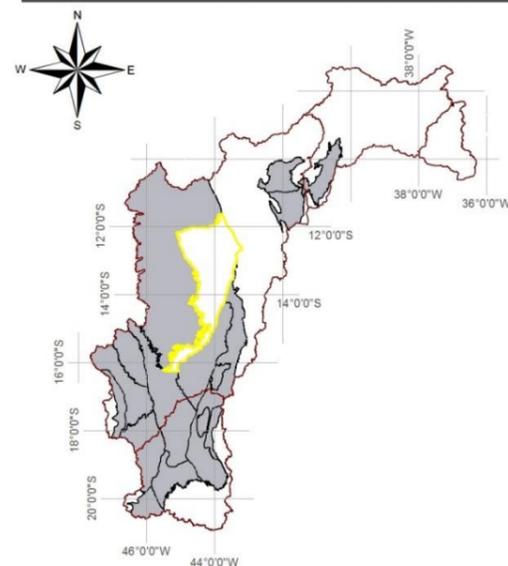
Subdomínio III E – Grupo Bambuí indeformado a parcialmente deformado



Mapas de localização



Mapa de domínios de ocorrência de unidades carbonáticas



Legenda

- Sedes municipais
- Zonas de descarga local
- Zonas de descarga intermediária
- Subdomínio**
- III E (Grupo Bambuí indeformado a parcialmente deformado)
- Unidades Geológicas**
- Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas
- Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas
- Depósitos aluvionares
- Depósitos aluvionares antigos
- Grupo Areado
- Grupo Urucua
- Grupo Santa Fé
- Formação Serra da Mamona
- Subgrupo Paraopeba
- Formação São Desidério
- Formação Serra de Santa Helena
- Formação Lagoa do Jacaré, calcário
- Formação Lagoa do Jacaré
- Formação Lagoa do Jacaré, siltito
- Formação Sete Lagoas - fácies 1
- Formação Serra da Saudade
- Formação Três Marias
- Formação Sete Lagoas
- Subgrupo Paraopeba, calcário
- Formação Sitio Novo
- Unidade Garapa
- Granito Correntina
- Formação Januária
- Complexo Riacho de Santana - migmatitos

Figura 4.85: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Subdomínio III E.

De posse da análise dos hidrogramas das dezesseis estações fluviométricas, pôde-se estimar os quantitativos referentes às descargas subterrâneas para cada tipologia litológica.

Os hidrogramas de cada estação de interesse, os quais serviram para caracterizar os volumes médios que representam as descargas oriundas dos aquíferos permitem visualizar os traçados que representam os filtros adotados nos procedimentos metodológicos (Eckardt 2008), e servem ainda para identificar os volumes médios de referência (Filtros A e B) adotados como o valor de base assumido para o escoamento subterrâneo (recarga), considerando-se todo o período de medição de descargas de cada estação.

Considerando-se que cada tipologia litológica apresenta uma determinada característica hidrogeológica, ou seja, suas propriedades físicas intrínsecas permitem que sua capacidade de armazenamento de água seja variável (entre distintos tipos de rocha), o conjunto de rochas presentes numa dada bacia hidrográfica vai definir o potencial médio de água capaz de ser liberado no tempo, e no espaço físico da bacia hidrográfica, o que, por sua vez, definirá o volume de descarga específica média numa dada seção fluviométrica e, também, se for o caso, por tipologia litológica. Por isso, a análise ano a ano de cada hidrograma, segundo os métodos de aplicação de filtros para separação dos escoamentos superficial e subterrâneo, revela-se como ferramenta importante para o reconhecimento dessas descargas específicas médias, numa dada seção de interesse.

Os resultados finais de descarga subterrânea específica obtidos em cada estação são apresentados nas Tabelas 4.184 a 6.44 seguir.

Tabela 4.184 – Áreas e valores de vazão para a estação Arrojado.

Estação Arrojado	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Sete Lagoas – Fácies 1	Argilito, Silexito, Ritmito, Marga	32,125	0,569	3,173	101,946	8,340
Correntina	Ortognaisse, Migmatito, Rocha metaultramáfica	206,472	3,654	2,116	436,808	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	5371,970	95,076	8,595	46169,548	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	0,603	0,011	6,215	3,749	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	39,041	0,691	10,578	412,975	

Tabela 4.185 – Áreas e valores de vazão para a estação Barreiras.

Estação Barreiras	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Serra da Mamona	Metassiltito, Ardósia, Metarenito, Mármore, Metamarga	249,806	1,318	1,851	462,287	4,250
Riachão das Neves	Metarcóseo, Metassiltito, Metarenito feldspático, Mármore	9,934	0,052	1,983	19,697	
São Desidério	Metassiltito, Mármore, Metamarga	598,665	3,158	2,644	1582,689	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	17288,959	91,188	4,296	74273,542	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	801,184	4,226	7,081	5673,031	
Drenagem		11,070	0,058	0,000	0,000	

Tabela 4.186 – Áreas e valores de vazão para a estação Boqueirão.

Estação Boqueirão	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Sítio Novo	Quartzito feldspático, Metaconglomerado, Filito	76,761	0,164	2,019	155,008	4,088
Serra da Mamona	Metassiltito, Ardósia, Metarenito, Mármore, Metamarga	1121,812	2,393	1,950	2187,226	
Canabravinha	Metamarga, Metadiamicrito, Metassiltito, Quartzito feldspático, Xisto	172,038	0,367	1,532	263,550	
São Desidério	Metassiltito, Mármore, Metamarga	1050,880	2,241	2,785	2927,042	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	31116,139	66,367	4,526	140836,406	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	9606,730	20,490	3,273	31440,494	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	989,805	2,111	2,019	1998,772	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	1768,285	3,772	5,571	9850,499	
Riachão das Neves	Metarcóseo, Metassiltito, Metarenito feldspático, Mármore	971,229	2,072	1,043	1012,549	
Drenagem		11,070	0,024	0,000	0,000	

Tabela 4.187 – Áreas e valores de vazão para a estação Capitânea.

Estação Capitânea	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	0,252	0,010	2,143	0,540	3,223
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	0,820	0,033	2,143	1,758	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	1221,428	49,076	3,086	3768,928	
Lagoa do Jacaré, calcário	Calcário, Marga, Siltito	0,347	0,014	2,314	0,802	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	1109,502	44,579	3,429	3803,957	
Serra Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	31,072	1,248	0,514	15,980	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	125,434	5,040	3,429	430,055	

Tabela 4.188 – Áreas e valores de vazão para a estação Colônia do Formoso.

Estação Colônia do Formoso	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	48,437	0,475	5,216	252,670	6,375
Sete Lagoas – Fácies 1	Argilito, Silexito, Ritmito, Marga	746,359	7,317	2,504	1868,803	
Correntina	Ortognaisse, Migmatito, Rocha metaultramáfica	153,970	1,509	1,669	257,016	
Granito Correntina	Quartzo monzonito, Granodiorito, Monzonito, Granito	54,890	0,538	1,669	91,626	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	8667,934	84,974	6,781	58780,552	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	13,958	0,137	4,903	68,441	
Serra Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	80,690	0,791	1,252	101,020	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	431,979	4,235	8,346	3605,436	
Drenagem		2,442	0,024	0,000	0,000	

Tabela 4.189 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Bom Retiro.

Estação Fazenda Bom Retiro	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	91,560	15,255	1,319	120,805	1,630
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	149,693	24,941	2,522	377,588	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	50,372	8,393	1,824	91,874	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	77,363	12,890	2,328	180,131	
Serra Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	79,518	13,249	0,466	37,030	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	151,679	25,272	1,125	170,698	

Tabela 4.190 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Coqueiro.

Estação Fazenda Coqueiro	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Serra da Mamona	Metassiltito, Ardósia, Metarenito, Mármore, Metamarga	4,487	0,071	1,857	8,331	0,588
São Desidério	Metassiltito, Mármore, Metamarga	491,012	7,720	2,652	1302,336	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	5680,613	89,308	4,310	24483,853	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	173,483	2,727	5,305	920,278	
Drenagem		11,070	0,174	0,000	0,000	

Tabela 4.191 – Áreas e valores de vazão para a estação Juvenília.

Estação Juvenília	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Sete Lagoas – Fácies 1	Argilito, Silexito, Ritmito, Marga	957,088	5,992	2,488	2380,837	6,631
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	380,208	2,380	3,844	1461,689	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	10900,513	68,249	7,350	80115,327	
Depósitos aluvionares antigos	Depósitos de argila, Depósitos de areia, Depósitos de cascalho	3,922	0,025	8,141	31,931	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	109,371	0,685	5,314	581,238	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	1921,702	12,032	6,784	13037,447	
Serra Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	398,933	2,498	1,357	541,298	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	209,678	1,313	3,279	687,552	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	516,647	3,235	9,046	4673,471	
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	195,819	1,226	2,143	419,608	
Lagoa do Jacaré, calcário	Calcário, Marga, Siltito	0,347	0,002	2,314	0,802	
Granito Correntina	Quartzo monzonito, Granodiorito, Monzonito, Granito	11,584	0,073	2,079	24,083	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	212,250	1,329	1,949	413,691	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	153,711	0,962	8,446	1298,241	

Tabela 4.192 – Áreas e valores de vazão para a estação Lagoa das Pedras.

Estação Lagoa das Pedras	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	195,568	1,607	6,497	1270,587	7,914
Sete Lagoas – Fácies 1	Argilito, Silexito, Ritmito, Marga	733,467	6,025	3,119	2287,334	
Granito Correntina	Quartzo monzonito, Granodiorito, Monzonito, Granito	11,584	0,095	2,079	24,083	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	52,051	0,428	4,418	229,956	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	9570,330	78,620	8,446	80830,952	
Depósitos aluvionares antigos	Depósitos de argila, Depósitos de areia, Depósitos de cascalho	0,542	0,004	9,356	5,073	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	5,446	0,045	6,107	33,261	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	785,650	6,454	7,796	6125,169	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	212,250	1,744	1,949	413,691	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	153,711	1,263	8,446	1298,241	
Serra Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	97,846	0,804	1,559	152,568	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	2,116	0,017	3,638	7,699	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	352,402	2,895	10,395	3663,245	

Tabela 4.193 – Áreas e valores de vazão para a estação Mocambo.

Estação Mocambo	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Sete Lagoas – Fácies 1	Argilito, Silexito, Ritmito, Marga	263,430	3,054	0,882	232,343	3,395
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito	110,393	1,280	0,441	48,683	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	7883,591	91,406	2,389	18831,786	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	345,729	4,009	2,940	1016,436	
Correntina	Ortognaisse, Migmatito, Rocha metaultramáfica	21,625	0,251	0,588	12,715	

Tabela 4.194 – Áreas e valores de vazão para a estação Porto Novo.

Estação Porto Novo	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	362,100	1,153	3,550	1285,360	5,208
Sete Lagoas – Fácies 1	Argilito, Silexito, Ritmito, Marga	1916,618	6,102	1,952	3741,924	
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito	175,760	0,560	1,065	187,171	
Correntina	Ortognaisse, Migmatito, Rocha metaltramáfica	580,464	1,848	1,420	824,200	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	26046,047	82,924	5,768	150242,221	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	213,931	0,681	4,171	892,297	
Serra Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	790,265	2,516	1,065	841,572	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	136,431	0,434	2,574	351,114	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	1130,670	3,600	7,099	8027,173	
Granito Correntina	Quartzo monzonito, Granodiorito, Monzonito, Granito	54,890	0,175	1,669	91,626	
Drenagem		2,442	0,008	0,000	0,000	

Tabela 4.195 – Áreas e valores de vazão para a estação Santo Inácio.

Estação Santo Inácio	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	1987,696	8,366	7,529	14965,705	4,571
Santa Fé	Arenito, Rocha pelítica, Diamictito	417,991	1,759	7,529	3147,128	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	3677,002	15,476	5,444	20018,224	
Paraopeba, calcário	Calcário, Dolomito, Marga, Siltito	265,513	1,118	5,792	1537,766	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	5140,196	21,635	6,950	35724,380	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	7943,509	33,434	1,390	11041,485	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	593,671		6,718	3988,483	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	2096,327	8,823	3,012	6313,440	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	1073,906	4,520	9,267	9951,538	
Paranoá	Metarenito arcoseano, Rocha metapelítica	232,783	0,980	3,749	872,785	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	63,793	0,268	4,396	280,420	
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	39,168	0,165	10,198	399,447	
Serra da Saudade	Siltito, Argilito, Arenito	47,363	0,199	1,889	89,448	
Paranoá 3 – Rítmica Quartzítica Intermediária	Metassiltito, Siltito argiloso, Metargilito	35,784	0,151	5,477	195,984	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	18,561	0,078	1,889	35,053	
Paranoá 4 – Rítmica Pelito-carbonatada	Metargilito, Metassiltito, Ardósia, Mármore	125,096	0,527	9,443	1181,273	
Drenagem		0,624	0,003	0,000	0,000	

Tabela 4.196 – Áreas e valores de vazão para a estação São Sebastião.

Estação São Sebastião	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Serra da Mamona	Metassiltito, Ardósia, Metarenito, Mármore, Metamarga	456,132	1,357	1,825	832,654	4,169
Riachão das Neves	Metarcóseo, Metassiltito	576,278	1,714	1,956	1127,117	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	30472,534	90,653	4,238	129133,061	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	141,580	0,421	3,064	433,826	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	1346,932	4,007	5,216	7025,078	
São Desidério	Metassiltito, Mármore, Metamarga	598,665	1,781	2,644	1582,689	
Canabrinha	Metamarga, Metadiamicrito, Metassiltito, Quartzito feldspático, Xisto	11,374	0,034	1,742	19,812	
Drenagem		11,070	0,033	0,000	0,000	

Tabela 4.197 – Áreas e valores de vazão para a estação Sítio Grande.

Estação Sítio Grande	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	4770,832	95,173	4,653	22199,352	4,688
São Desidério	Metassiltito, Mármore, Metamarga	23,860	0,476	2,076	49,534	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	218,121	4,351	5,727	1249,166	

Tabela 4.198 – Áreas e valores de vazão para a estação Taguá.

Estação Taguá	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Serra da Mamona	Metassiltito, Ardósia, Metarenito, Mármore, Metamarga	849,760	2,324	0,973	826,851	2,171
Canabrinha	Metamarga, Metadiamicito, Metassiltito, Quartzito feldspático, Xisto	86,888	0,238	0,765	66,429	
Riachão das Neves	Metarcóseo, Metassiltito, Metarenito feldspático, Mármore	971,229	2,656	1,043	1012,549	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	30897,839	84,501	2,259	69793,428	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	1675,241	4,582	1,633	2736,203	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	1474,201	4,032	2,780	4098,452	
São Desidério	Metassiltito, Mármore, Metamarga	598,665	1,637	2,644	1582,689	
Drenagem		11,070	0,030	0,000	0,000	

Tabela 4.199 – Áreas e valores de vazão para a estação Usina dos Pandeiros.

Estação Usina dos Pandeiros	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Januária	Granito, Quartzo diorito	153,276	4,122	0,959	147,007	4,050
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	0,343	0,009	2,329	0,798	
Uruçuaia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	2685,533	72,219	4,453	11958,550	
Lagoa do Jacaré, calcário	Calcário, Marga, Siltito	1,676	0,045	3,425	5,741	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	3,634	0,098	3,220	11,700	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	639,413	17,195	4,110	2628,256	
Areado	Folhelho, Arenito, Conglomerado, Siltito	10,975	0,295	4,453	48,872	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	223,722	6,016	5,481	1226,124	

4.5.5.4.2 Considerações finais

Diante dos valores encontrados para as recargas dos aquíferos contidos no Subdomínio IIIe, verifica-se a partir da Tabela 4.200, apresentada a seguir, que os valores médios por tipologia litológica é de 1,39 L/s.km², variando entre 0,19 L/s.km² e 3,50 L/s.km² e em termos médios anuais, a média geral para o subdomínio IIIe corresponde a cerca de 28,72 mm/ano.

Tabela 4.200 – Resultados de recarga encontrados para o Subdomínio IIIe.

Unidade	Área (km ²)	Vazão mínima ponderada por litologia (L/s)	Vazão subterrânea específica média (L/s.km ²)	Recarga média anual (mm/ano)
Serra da Mamona	656,01	1142,09	1,74	54,90
Urucuia	11554,38	40410,01	3,50	110,29
São Desidério	1068,13	2438,13	2,28	71,98
Depósitos aluvionares	1092,27	3357,07	3,07	96,93
Drenagem	152,09	0,00	0,00	0,00
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	8389,02	3834,36	0,46	14,41
Paraopeba	9582,06	5132,70	0,54	16,89
Garapa	68,79	0,00	0,00	0,00
Riacho Santana - migmatitos	13,46	0,00	0,00	0,00
Lagoa do Jacaré	906,94	772,62	0,85	26,87
Sete Lagoas – fácies 1	4671,24	3883,77	0,83	26,22
Serra da Saudade	379,53	71,44	0,19	5,94
Lagoa do Jacaré, Siltito	145,83	0,00	0,00	0,00
Januária	2,76	0,00	0,00	0,00
Sete Lagoas	2194,40	1713,00	0,78	24,62
Depósitos aluvionares antigos	1061,01	2856,04	2,69	84,89
Santa Fé	30,31	51,86	1,71	53,96
Lagoa do Jacaré, calcário	66,34	0,00	0,00	0,00
Paraopeba, calcário	106,24	30,77	0,29	9,13
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	68,76	0,00	0,00	0,00
Três Marias	4,88	4,85	0,99	31,31
Areado	16,13	0,00	0,00	0,00
Serra de Santa Helena	2904,74	1527,80	0,53	16,59
Sítio Novo	0,00	0,00	0,00	0,00
Correntina	0,02	0,03	1,42	44,78
Granito Correntina	20,76	37,49	1,81	56,95
				28,72

4.5.5.5 Zoneamento da exploração no Subdomínio IIIe

O zoneamento da exploração é considerado fundamental para a gestão do aquífero e para cumprir essa finalidade foi adotado o seguinte procedimento:

- O ponto de partida para o zoneamento da exploração foi a inserção da área do Subdomínio IIIe, em estudo, no interior de um retângulo compreendido entre os paralelos de 43°W e 45°30'W e entre os meridianos de 11°30'S e 16°30'S, no qual foi feita uma partição em células quadradas de 30' de lado, com área aproximadamente de 3.025 km² (55 km x 55 km), conforme Figura 4.86. Globalmente, o Subdomínio IIIe, com área de 45.180,8 km², foi recoberto por 33 células com áreas variáveis de 1,6 a 3003,3 km².
- Foi então realizado um balanço tendo como vazão de entrada em cada célula a recarga média avaliada por sub-bacia (Tabela 4.201) e como descarga de saída, a vazão informada no cadastro de usuários realizado em 2014 na área do projeto. Verificou-se que o número de poços existentes em condições de operação em cada célula varia bastante estando concentrados principalmente nas células I08, J09 e K07. Isto permitiu obter o mapa de zoneamento da exploração do aquífero em 2014 (Figura 4.86). Esse mapa revela que em todas as células há excedente hídrico e que as retiradas são bem inferiores à recarga.
- Essa conclusão baseada em vazão informada sugere que não há motivos para preocupação nesse subdomínio, notadamente porque a julgar pelo índice de concentração de poços, o resultado é consistente com a realidade.
- Neste sentido, não há prioridade para implementação de um programa de monitoramento automático de níveis e descargas de poços neste subdomínio.

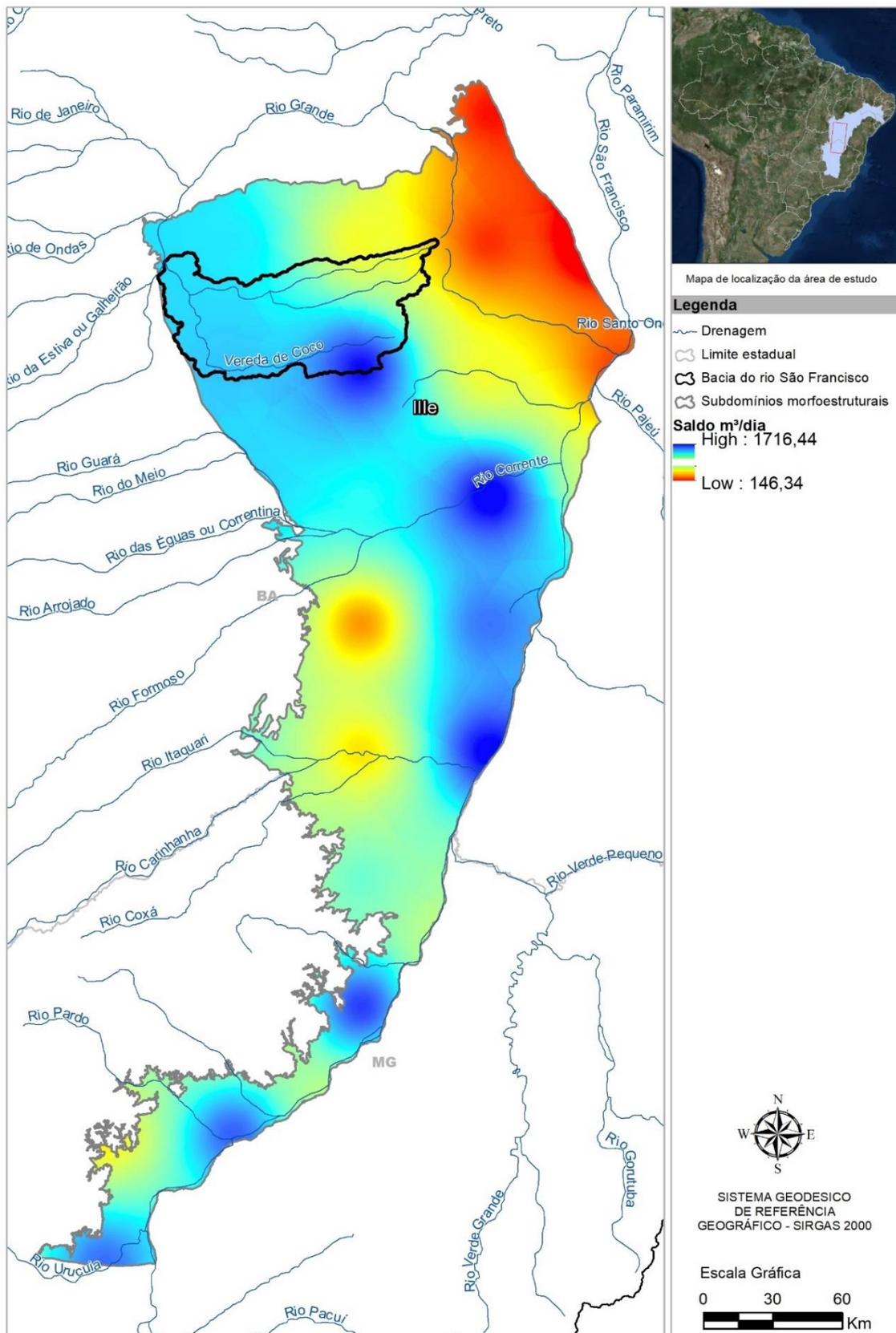


Figura 4.86: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Subdomínio IIIe com excedente hídrico.

Tabela 4.201 – Balanço entre recarga natural e vazão explorada no subdomínio IIIe.

Célula	x	y	Area km ²	Número de Poços	Recarga m ³ /dia	Produção Estimada m ³ /dia	Saldo m ³ /dia
H08	-44,25	-11,75	44,0	7	16.220	710	16.510
H09	-43,75	-11,75	1.001,8	10	166.673	2.474	164.199
I06	-45,25	-12,25	227,0	8	96.933	2.991	93.942
I07	-44,75	-12,25	2.623,0	150	1.118.837	44.567	1.075.271
I08	-44,25	-12,25	2.912,1	155	796.670	50.680	746.991
I09	-43,75	-12,25	2.944,4	133	340.269	26.468	312.801
I10	-43,338	-12,249	485,7	21	90.562	4.074	86.488
J06	-45,25	-12,75	16,6	0	6.121	0	6.121
J07	-44,75	-12,75	2.497,5	46	1.096.365	18.276	1.076.089
J08	-44,25	-12,75	3.003,3	139	1.698.523	38.640	1.658.883
J09	-43,75	-12,75	3.003,3	154	801.174	28.312	771.862
J10	-43,25	-12,75	1.262,4	28	343.883	6.204	336.679
K07	-44,75	-13,25	651,1	23	278.014	3.166	275.848
K08	-44,25	-13,25	2.985,0	185	1.216.794	36.600	1.178.194
K09	-43,75	-13,25	2.997,4	68	1.733.162	16.888	1.716.274
K10	-43,25	-13,25	493,3	17	512.738	3.521	508.217
L07	-44,75	-13,75	39,8	4	15.871	1.448	14.422
L08	-44,25	-13,75	2.848,9	122	514.033	15.723	497.310
L09	-43,75	-13,75	2.545,2	66	1.256.054	17.987	1.236.067
L10	-43,25	-13,75	39,7	0	19.382	0	19.382
M07	-44,75	-14,25	474,4	20	176.567	6.139	171.428
M08	-44,25	-14,25	2.961,3	80	698.184	21.061	677.123
M09	-43,75	-14,25	1.549,1	22	894.132	5.406	887.726
N08	-44,25	-14,75	1.999,2	63	756.872	16.914	738.958
N09	-43,77	-14,73	430,0	21	147.982	7.052	140.930
O06	-45,25	-15,25	5,1	0	2.027	0	2.027
O07	-44,75	-15,25	42,9	3	8.172	2.102	6.069
O08	-44,25	-15,25	1.374,5	85	751.438	38.655	711.783
P06	-45,25	-15,75	1.022,4	15	240.395	5.597	234.799
P07	-44,75	-15,75	1.702,0	25	865.725	5.451	860.275
P08	-44,25	-15,75	161,6	8	45.774	3.477	42.297
Q05	-45,75	-16,25	1,6	0	499	0	499
Q06	-45,25	-16,25	835,0	27	421.115	6.294	414.822

4.5.6 Reservas, potencialidades e exploração

As conceituações de reservas, potencialidades e exploração encontram-se nos tópicos 1.2, 1.3 e 1.4 do Capítulo 1.

4.5.6.1 Reservas permanentes

As reservas permanentes do Subdomínio IIIe do Domínio III – Grupo Bambuí Pouco Deformado foram avaliadas de acordo com o exposto nos itens 1.2.1, 1.2.2 e 1.2.3 do Capítulo 1 do presente relatório. A Tabela 4.202 a seguir sintetiza os valores utilizados e os resultados obtidos.

Tabela 4.202 – Reserva permanente do Subdomínio IIIe

Subdomínio IIIe do Domínio III								
Unidade Geológica	Área (km ²)	%	Litologia predominante	P (m)	NE (m)	μ_e	b (m)	RP (hm ³)
São Desidério	2136,26	7,70	Metassiltito, Mármore, Metamarga	77,00	13,00	0,090	64,00	12.304,86
Paraopeba	10650,19	38,40	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	84,00	11,00	0,070	73,00	54.422,47
Lagoa do Jacaré	1975,07	7,12	Calcarenito, Siltito, Marga	61,00	9,00	0,120	52,00	12.324,44
Sete Lagoas – Fácies 1	5739,37	20,69	Argilito, Silexito, Ritmito, Marga	98,00	11,00	0,060	87,00	29.959,51
Sete Lagoas	3262,53	11,76	Rocha metapelítica, Dolomito	91,00	7,00	0,110	84,00	30.145,78
Serra de Santa Helena	3972,87	14,32	Siltito, Folhelho, Marga	104,00	11,00	0,030	93,00	11.084,31
Total	27.736,29	100,00					Reserva permanente total	150.241,36

P = prof. média dos poços NE = nível est. médio μ_e = poros efetiva b = espes. saturada média RP = Res. Perman.

4.5.6.4 Exploração

O conceito de exploração de água subterrânea, aqui adotado, é discutido no item 1.4 do presente relatório.

Uma análise bastante detalhada da produção dos poços do Subdomínio IIIe foi apresentada acima no item 4.5.5.3. Os números obtidos nessa análise serão aqui reproduzidos.

4.5.6.4.1 Exploração efetiva

A exploração efetiva é avaliada em 33.887,79 m³/dia ou 12,4 hm³/ano para um regime médio de 7,054 horas/dia de bombeamento.

4.5.6.4.2 Exploração instalada

Considerando-se regime de bombeamento contínuo, chega-se a uma exploração instalada de 42,1 hm³/ano.

5 Domínio IV

Abrange uma faixa alongada e estreita que atravessa a porção central de Minas Gerais até o sul da Bahia, englobando as localidades de Sete Lagoas, Curvelo, Montes Claros, Janaúba e Bom Jesus da Lapa (Figura 5.1). Corresponde ao compartimento estrutural leste da bacia do São Francisco definida por Allkmin e Martins-Neto (2001), onde afloram rochas carbonáticas e pelito-carbonáticas do Grupo Bambuí. Este Domínio IV corresponde, a parte do subdomínio 6 e à porção mais oriental do subdomínio 5.

Apresenta como características principais a presença de deformação pela influência da faixa de dobramentos Araçuaí, com dobramentos e foliação indicando esforços de leste para oeste. Segundo os autores acima citados, toda a deformação da cobertura pré-cambriana é isolada do embasamento por um deslocamento basal, que aflora ao longo de todo o limite sul do compartimento e também em várias janelas estruturais no interior do cinturão. Outra característica marcante desse domínio é a presença de uma clivagem plano-axial cuja expressão e penetrabilidade aumentam progressivamente em direção a leste. A mesma tendência observa-se para o metamorfismo das rochas, que é observado principalmente no extremo leste do domínio.

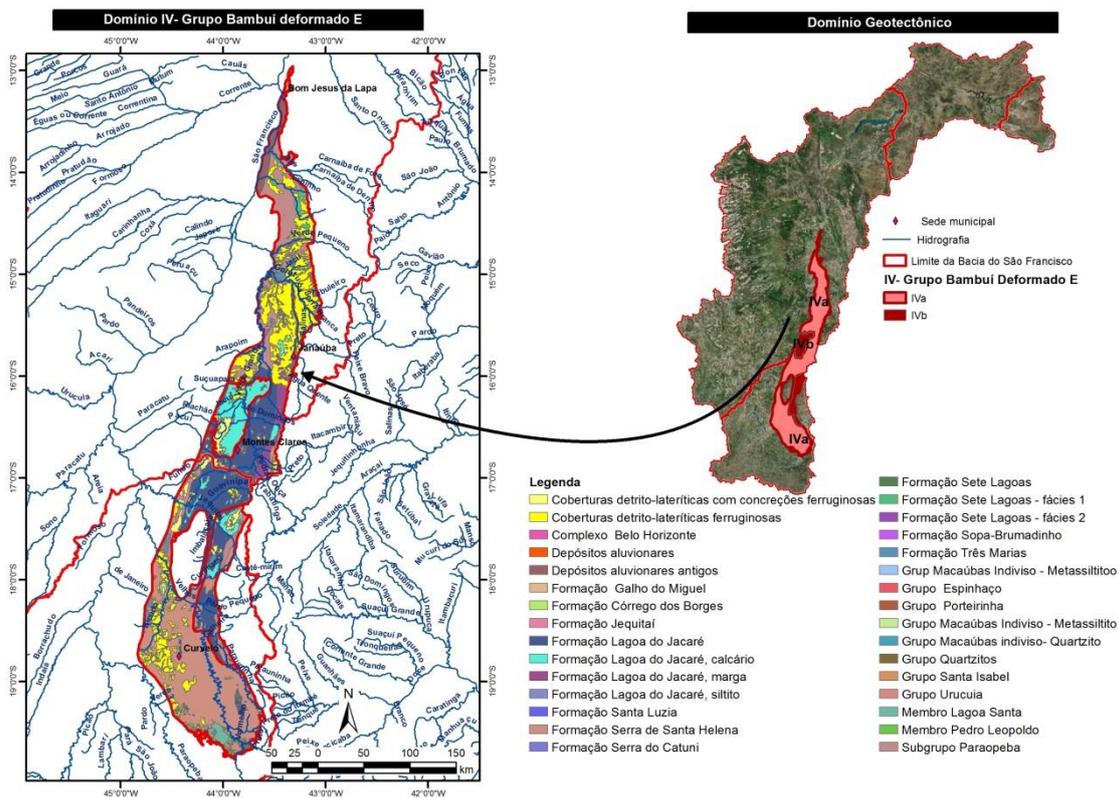


Figura 5.1: Localização do Domínio IV – Grupo Bambuí Deformado E.

O domínio foi subdividido em duas partes, explicadas nos capítulos correspondentes.

5.1 Subdomínio IVa

O subdomínio IVa abrange as áreas mapeadas como Subgrupo Paraopeba indiviso, aflorante ou sob coberturas cenozoicas.

5.1.1 Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação

Neste item tem-se o levantamento do uso do solo, das estruturas cársticas e das fontes de contaminação realizado para a área regional, conforme descrito no capítulo de Metodologia, e recortados aqui para o Subdomínio IVa.

Na Tabela 5.1 tem-se as fontes contaminantes do Subdomínio IVa.

Tabela 5.1 – Fontes contaminantes do Subdomínio IVa.

Subdomínio IVa – Fontes contaminantes	
Cemitério	52
Esgotamento sanitário	4
Indústria	26
Lixão / Aterro sanitário	29
Posto de combustível	280
Total:	391

O quantitativo de estruturas cársticas para o subdomínio IVa foi de 1086 cavidades e 347 dolinas, e estão exibidas na Figura 5.2.

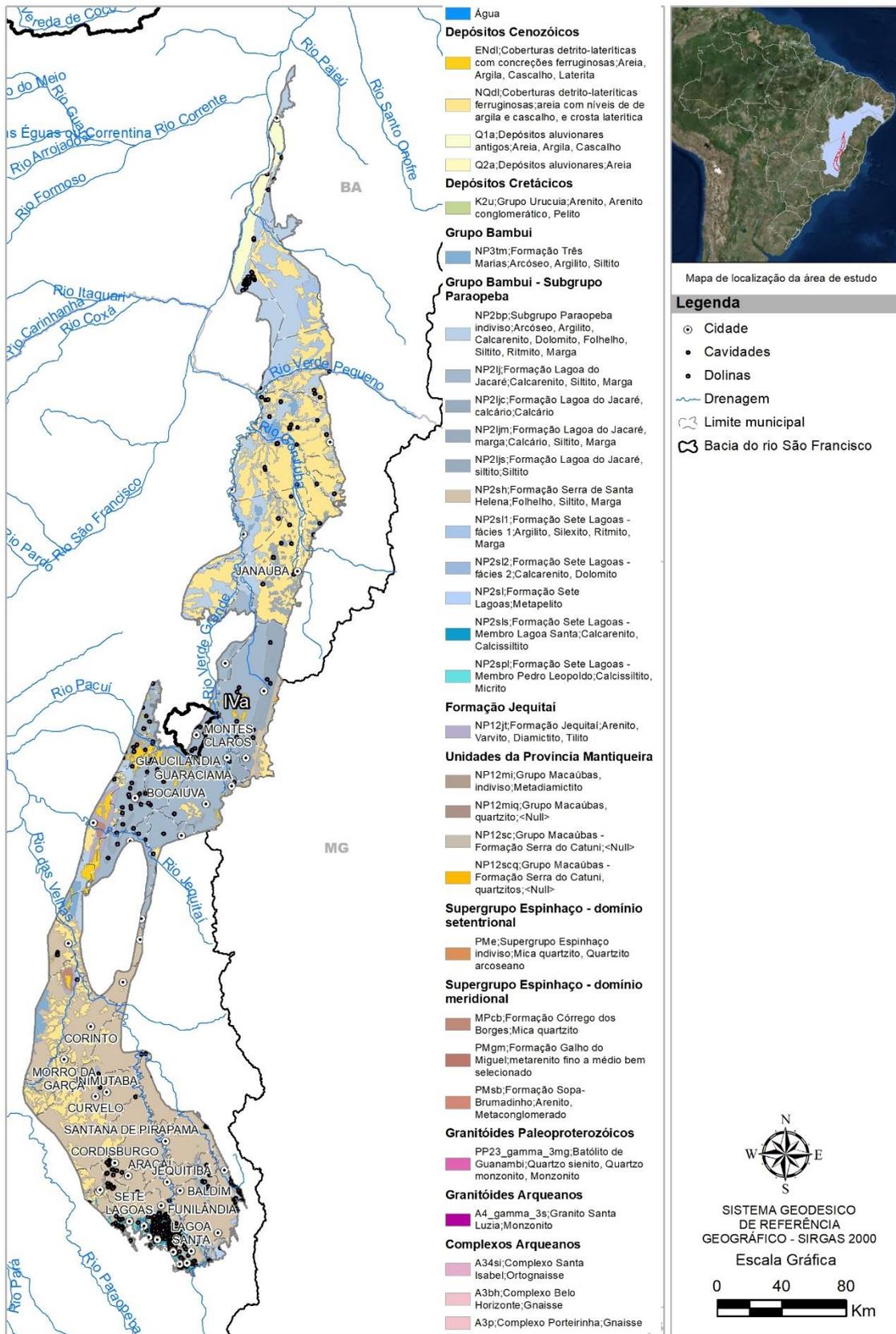


Figura 5.2: Mapa de estruturas cársticas do Subdomínio IVa.

As áreas das diferentes classes de uso do solo do subdomínio IVa são quantificadas conforme mostrado na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Áreas de uso do solo do Subdomínio IVa.

Classes de uso do solo	Área em km ²
Área urbanizada	100,50
Campestre	13.978,47
Corpo d'água continental	63,68
Florestal	19.322,53
Lavoura temporária	1.264,76
Sem informação	71,28
Total:	34.801,23

A distribuição percentual das áreas das classes de uso do solo no subdomínio IVa é mostrada na Figura 5.3.

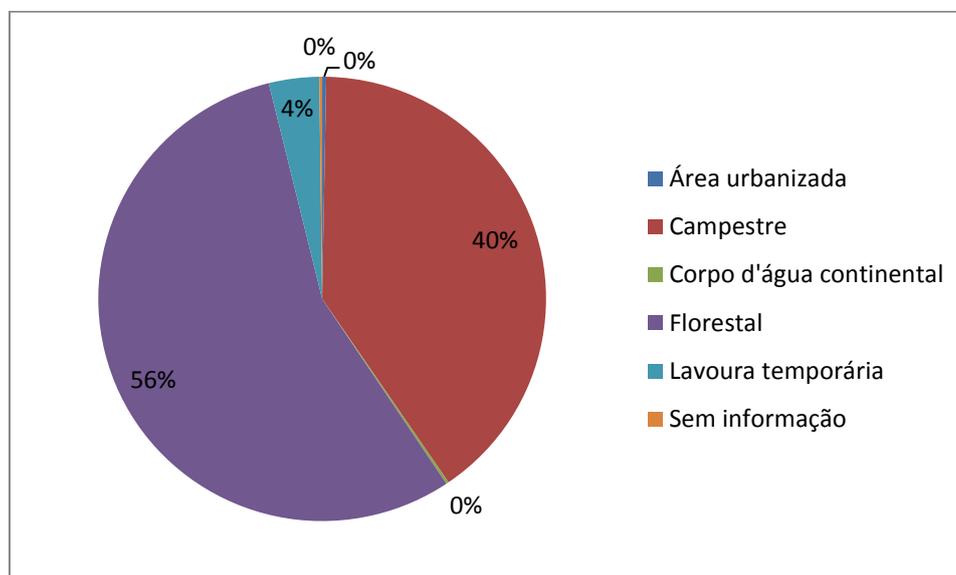


Figura 5.3: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Subdomínio IVa.

A maior porcentagem encontra-se na classe Florestal, com 56% da área total de 34.801,23 km², ou seja, 19.322,53 km². Em seguida, a maior área foi identificada como Campestre com 40% ou 13.978,47 km²; a classe Lavoura Temporária representa 2% ou 1.264,76 km²; as demais classes, como Corpo de Água Continental, Área Urbanizada e Sem Informação, representam valor menor que 1%, respectivamente com 63,68 km², 100,50km² e 71,28 km².

O mapa do uso do solo acrescido dos possíveis pontos de contaminação e estruturas cársticas, para o subdomínio IVa, pode ser observado na Figura 5.4.

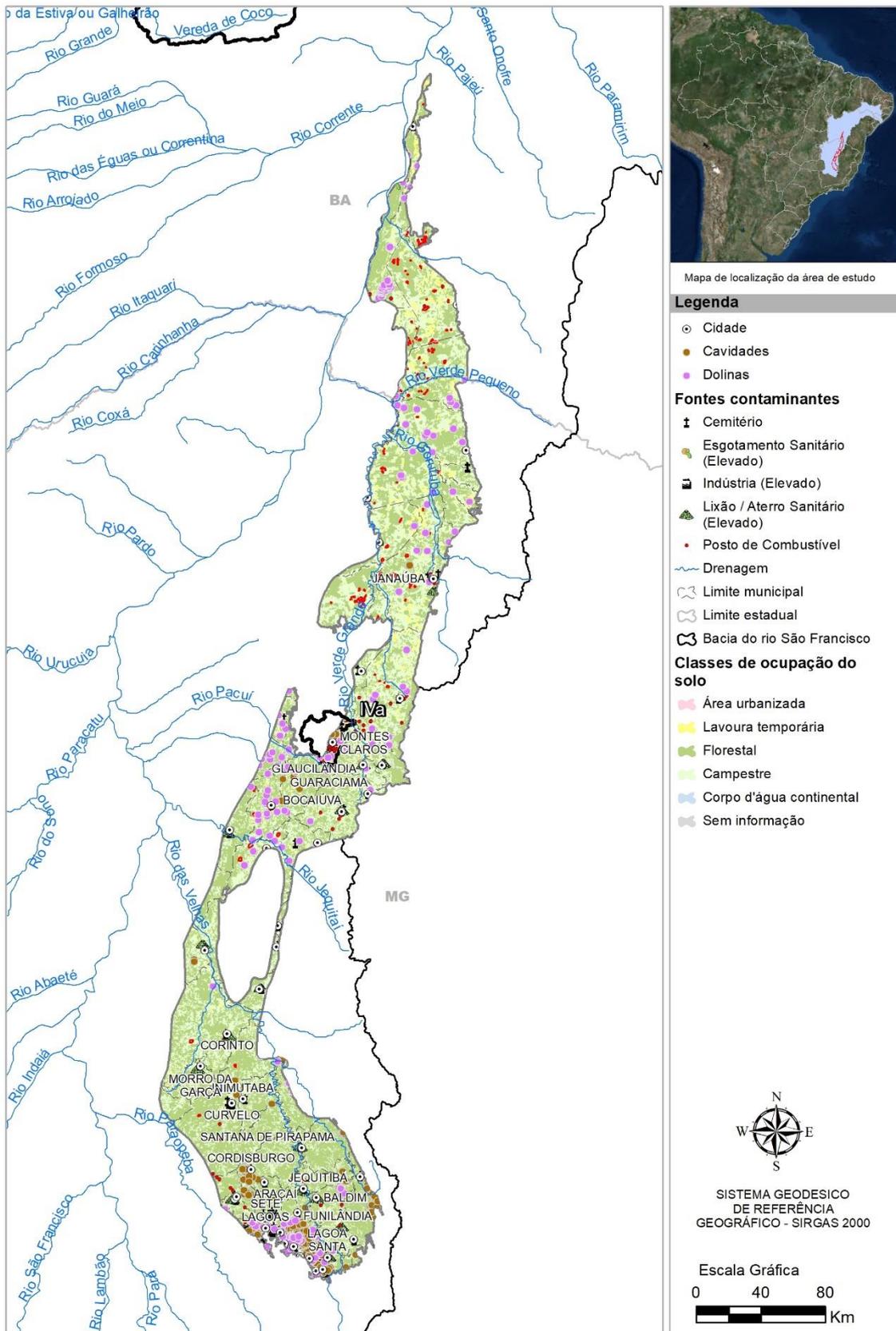


Figura 5.4: Uso e ocupação do solo no Subdomínio IVa.

5.1.2 Levantamento socioeconômico e demandas hídricas

Para a realização de um estudo correto das demandas hídricas de uma localidade, se faz necessário o estudo de parâmetros socioeconômicos e populacionais.

A interpretação dos parâmetros de rendimento e taxa de alfabetização, auxiliam no entendimento do grau de desenvolvimento econômico de uma região, e a partir daí, torna-se possível correlacioná-los à necessidade de água no local. A Tabela 5.3 apresenta tais parâmetros para o subdomínio IVa.

Tabela 5.3 - Dados socioeconômicos do Subdomínio IVa.

Rendimento (R\$)	Estado	Alfabetização (%)	IDHM
895,84	MG	90,7	0,70
448,45	BA	74,4	0,59

O subdomínio IVa inclui áreas dos estados de Minas Gerais e Bahia. Apresentou, em 2010, rendimento médio da população cerca de 19% menor que a média do estado de Minas Gerais, e cerca de 45% menor que a média do estado da Bahia. Comparado ao salário mínimo do ano em questão (510,00 reais), o rendimento na porção de Minas Gerais é 76% maior. Na porção do subdomínio situada na Bahia, este rendimento fica cerca de 12% abaixo do valor do salário mínimo.

No tocante à taxa de alfabetização, o subdomínio IVa apresenta taxas abaixo da média tanto em Minas Gerais (92,30%), como na Bahia (84,60%).

No caso do rendimento, tem-se a consideração do peso proporcional de adultos potencialmente receptores de renda no domicílio, diante do cenário em que crianças e idosos tendem a não gerar renda. Sabendo que o rendimento é obtido pela divisão da receita domiciliar pelo número de integrantes do domicílio, um rendimento baixo pode ser entendido como receita familiar baixa e/ou alto número de integrantes da família, assim como um rendimento alto pode significar uma receita familiar alta e/ou um baixo número de integrantes da família.

Analogamente, a taxa de alfabetização contribui para análise das condições de vida populacional, proporcionando o entendimento do bem estar familiar. Essa taxa de alfabetização tende a ser mais baixa em localidades de menor rendimento, indicando menor oportunidade de acesso ao conhecimento.

Dessa forma, compreender o nível de qualidade de vida constitui um fundamento para gerar dados acerca do rendimento e taxa de alfabetização regional, de forma que uma menor qualidade de vida é relacionada a um menor rendimento e menor taxa de alfabetização, o que assinala menor demanda hídrica no local, ao passo que uma maior qualidade de vida é relacionada a um maior rendimento e maior taxa de alfabetização, assinalando uma maior demanda hídrica.

Quando consideramos o IDHM, é possível obter uma análise mais robusta, haja vista que tal índice pondera longevidade, educação e renda, simultaneamente. Nesse âmbito, o Índice de Desenvolvimento Humano em

2010 para o subdomínio IVa, em Minas Gerais, foi de 0,70, classificando-se na faixa de Desenvolvimento Humano alto (IDHM entre 0,700 e 0,799). Na Bahia o IDHM foi de 0,59, classificando-se na faixa de Desenvolvimento Humano Baixo (IDHM entre 0,500 e 0,599). Pode-se concluir que, no estado de Minas Gerais, o subdomínio IVa possui rendimento, taxa de alfabetização e IDHM altos, e na Bahia apresenta rendimento, taxa de alfabetização e IDHM baixos, o que indica uma demanda hídrica um pouco maior para o estado de Minas Gerais, se comparado ao estado da Bahia.

O subdomínio IVa representa 47,2% do PIB e cerca de 46% da população do total dos subdomínios de Minas Gerais, e representa 2% do PIB e cerca de 4% da população do total de subdomínios da Bahia. Quando analisado o PIB per capita, o subdomínio IVa apresenta um valor na média da área de influência total em Minas Gerais, e muito abaixo da média da área de influência total na Bahia (Tabela 5.4).

Essa situação mostra que a região de Minas Gerais neste subdomínio é mais desenvolvida econômica e industrialmente, enquanto que na região da Bahia há um baixo desenvolvimento econômico e industrial.

Esse cenário pode ser ainda confirmado diante do confronto desse PIB per capita com o PIB per capita dos estados, chegando a ser 23% menor que o do estado de Minas Gerais (20.592,16), 57% menor que o do estado da Bahia (11.966,08), ressaltando um nível menor de produção na região da Bahia, se comparado com a região de Minas Gerais.

Tabela 5.4 – PIB do Subdomínio IVa.

PIB	UF	População	PIB per capita
26.063.971,00	MG	1.634.810	15.943,12
319.676,00	BA	62.484	5.116,13

5.1.2.1 Aspectos sanitários dos municípios

O estudo dos aspectos sanitários da região servirá para o monitoramento da qualidade da água, identificando as deficiências que mais influenciam em problemas ambientais. Foram avaliados quatro pontos importantes: formas de abastecimento, tipos de esgotamento sanitário nos domicílios, destino do lixo e quantitativo de domicílios que recebem ou não energia elétrica.

- **Abastecimento**

A porcentagem de abastecimento por rede geral, ou seja, com tratamento de água, no subdomínio IVa é superior em 89,8% à taxa de abastecimento do estado de Minas Gerais (86,28%), e é muito inferior, em 62,7%, à taxa do estado da Bahia (80,34%). As fontes mais frequentes de abastecimento são poços, rios, açudes, e outros, o que caracteriza uma área menos urbanizada.

A Tabela 5.5 apresenta a distribuição das fontes de abastecimento no subdomínio IVa.

Tabela 5.5 – Fontes de abastecimento no subdomínio IVa.

Formas de abastecimento	MG %	BA %
Rede geral	89,8	62,7
Poço ou nascente na propriedade	3,9	5,4
Poço ou nascente fora da propriedade	3,9	14
Rio, açude, lago ou igarapé	1,1	3,1
Poço ou nascente na aldeia	0	0
Poço ou nascente fora da aldeia	0	0
Outra	1,3	14,8

- **Esgotamento sanitário**

Neste subdomínio, apenas 1,6% dos domicílios não possuem nem banheiro nem sanitário no estado de Minas Gerais, mostrando-se com taxa próxima a do estado (1,26%). No estado da Bahia esse percentual é de 21,2%, superior ao do estado (7,92%). A porcentagem de esgoto que não é transportado pela rede geral, não é posto em redes pluviais e nem tratado em fossa séptica é muito alta, em ambos os estados, apontando para grande impacto no meio ambiente desta região.

A Tabela 5.6 abaixo apresenta as porcentagens da existência de banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário no subdomínio IVa.

Tabela 5.6 – Existência de banheiro ou sanitário no subdomínio IVa.

Tipos de esgotamento sanitário	Quantitativo MG (%)	Quantitativo BA (%)
Banheiro de uso exclusivo do domicílio	96,1	75,2
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	73,2	13,5
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - outro	26,8	86,5
Sanitário	2,3	3,6
Sanitário - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	33,7	12,9
Sanitário - outro escoadouro	66,3	87,1
Sem banheiro e sem sanitário	1,6	21,2

- **Destino do lixo**

Com o estudo realizado, foi possível verificar que o trecho mineiro do subdomínio IVa possui um sistema de coleta e destinação do lixo similar à média de todo o estado de Minas Gerais. No estado da Bahia, por sua vez, esse sistema se mostra muito abaixo da média do estado. Em números gerais, 87,1% do lixo no subdomínio é coletado em Minas Gerais (87,63%) e apenas 46,2% do lixo no subdomínio é coletado na Bahia (65,58%). Nas porções mineira e baiana do subdomínio 12,9% e 53,8% do lixo, respectivamente, possuem destino indefinido. Esses são índices muito altos que podem indicar uma destinação incorreta, com riscos de contaminação do solo e das águas.

A Tabela 5.7 apresenta as porcentagens de destinação do lixo no subdomínio IVa.

Tabela 5.7 – Destinos do lixo no subdomínio IVa.

Destino do lixo	Quantitativo MG (%)	Quantitativo BA (%)
Coletado	87,1	46,2
Coletado por serviço de limpeza	97,8	77,3
Coletado em caçamba de serviço de limpeza	2,2	22,7
Outro destino	12,9	53,8

- **Energia Elétrica**

Neste quesito, pode-se identificar que na porção mineira do subdomínio IVa 99,40% da população recebe energia elétrica, o que fica na média do estado. Na Bahia, 89,70% dos domicílios recebem energia elétrica, o que fica um pouco abaixo da média do estado. Cerca de 10,30% dos domicílios, com efeito, ainda não recebem energia elétrica.

5.1.2.2 Demandas Hídricas

O estudo das demandas visa ao conhecimento da necessidade de água de uma determinada região, e aliado ao conhecimento das potencialidades e disponibilidades hídricas, se torna um dos elementos essenciais para a realização de seu balanço hídrico, além de constituir um instrumento valioso para o planejamento e estabelecimento das prioridades de uma política de uso dos recursos hídricos.

O levantamento das demandas hídricas foi feito tanto para o cenário atual (2010) como para cenários futuros (2015, 2020, 2025 e 2030).

- **População urbana e rural**

Analisando o subdomínio IVa pode-se observar que no estado de Minas Gerais, a maior parte da população é urbana, com uma taxa de crescimento positiva de 1,57%, a taxa de crescimento da população rural é negativa igual a 0,87%. Já no estado da Bahia, observa-se uma maior população rural, com taxa de crescimento pequena e negativa de 0,51%, e com taxa de crescimento da população urbana positiva de 2,34% como pode ser observado na Tabela 5.8.

Tabela 5.8 – População e demanda para abastecimento humano (2010).

UF	População	2010	Demanda (m ³ /dia)	Taxa de crescimento (%)
MG	Rural	197.299	38.897	-0,87
	Urbana	1.407.214	485.910	1,57
BA	Rural	34.785	5.616	-0,51
	Urbana	26.007	5.060	2,34

Este aumento da população urbana e diminuição da população rural indica um processo de urbanização da região. O processo de urbanização é decorrente do desenvolvimento econômico e distribuição de trabalho, intimamente ligado à industrialização.

O crescimento populacional neste subdomínio, aumenta a competição pelos mesmos recursos naturais, para suprimento das necessidades humanas, e, ao mesmo tempo, a produção de poluição. Tudo isso pode implicar na degradação de muitos recursos naturais e aumento de epidemias. Podemos notar que a demanda hídrica rural é muito menor que demanda hídrica urbana.

- **Dessedentação animal**

No estado de Minas Gerais, o subdomínio IVa representa 19,4% de bovinos, 2,2% de bubalinos, 25,1% de equinos, 13,6% de asininos, 33,4% de muares, 33,8% de caprinos, 34,5% de ovinos, 14,2% de suínos e 37,4% de aves do somatório total das cabeças de todos os subdomínios do estado. No estado da Bahia, o subdomínio IVa representa 7% de bovinos, 0% de bubalinos, 7% de equinos, 1% de asininos, 5% de muares, 2% de caprinos, 3% de ovinos, 7% de suínos e 5% de aves do somatório total das cabeças de todos os subdomínios do estado. O quantitativo de cabeças e o consumo da dessedentação de animais estão na Tabela 5.9.

Tabela 5.9 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.

Rebanhos	Nº de cabeças MG	Nº de cabeças BA
Bovinos	1.306.384	174.660,52
Bubalinos	156	-
Equinos	58.869	8.070,84
Asininos	511	193,91
Muares	6.298	655,26
Caprinos	11.598	8.688,81
Ovinos	23.679	14.267,55
Suínos	130.161	14.696,93
Aves	4.873.754	148.290,43
Demanda para dessedentação animal (m ³ /dia)	1.410.253,39	189.002,09

- **Irrigação**

O subdomínio IVa apresentou, em 2010, uma estimativa de área irrigada, no estado de Minas Gerais, de 26.354 hectares. A partir dos dados de área irrigada e com o coeficiente de demanda unitária adotado, de 0,4 L/s.ha, foi possível converter a área irrigada em demanda hídrica, que foi estimada em 910.811 m³/dia.

No estado da Bahia, a estimativa de área irrigada do subdomínio IVa, em 2010, foi de 2.646 hectares, e a partir dos dados da área irrigada e com o coeficiente de demanda unitária adotado, de 0,4 L/s.ha, foi possível converter a área irrigada em demanda hídrica, que foi estimada em 91.451 m³/dia.

- **Indústria**

A demanda de recursos hídricos das indústrias, para o subdomínio IVa, demonstra ser pequena em relação à demanda de abastecimento da população, sendo igual a 348,43 m³/dia para o estado de Minas Gerais, e igual a 1,82 m³/dia, para o estado da Bahia. Pode-se concluir a partir deste dados que a porção do subdomínio que se encontra em Minas Gerais é mais desenvolvida comercialmente e industrialmente que a parte do estado da Bahia.

5.1.2.3 Demandas futuras (2015, 2020, 2025, 2030)

- **População urbana e rural**

A Tabela 5.10 a seguir apresenta as projeções feitas, para a população urbana e rural no subdomínio IVa. Os coeficientes de retirada de água per capita, também definido na metodologia, foram aplicados às populações projetadas nos referidos anos, de forma a obterem-se as demandas para abastecimento urbano e rural para o subdomínio IVa.

Tabela 5.10 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.

UF	População/Ano	2015	2020	2025	2030
MG	Rural	191.532	186.166	182.070	179.318
	Urbana	1.484.315	1.544.653	1.590.712	1.800.978
	Demanda hídrica rural (m³/dia)	38.647	37.656	36.899	36.391
	Demanda hídrica urbana (m³/dia)	516.215	539.863	557.914	570.043
BA	Rural	34.150	33.686	33.367	33.190
	Urbana	28.956	30.382	31.363	31.906
	Demanda hídrica rural (m³/dia)	5.562	5.523	5.496	5.481
	Demanda hídrica urbana (m³/dia)	5.582	5.965	6.732	6.885

- **Dessedentação animal**

Devido à falta de dados mais recentes foi necessário projetar o número de cabeças por espécie, admitindo a mesma taxa de crescimento linear obtida entre os anos de 1996 e 2006. Assim, foi possível estimar o número de cabeças por espécie para 2010 e da mesma forma se procedeu para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030. Uma vez aplicada a taxa de crescimento linear, estimou-se o número de cabeças por espécie para o subdomínio IVa, e o consumo para dessedentação animal. Ambos apresentados nas Tabelas 5.11 e 5.12.

Tabela 5.11 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio IVa em Minas Gerais.

Rebanhos	Nº de cabeças por ano (MG)			
	2015	2020	2025	2030
Bovinos	1.315.727	1.325.136	1.334.613	1.344.157
Bubalinos	157	158	159	160
Equinos	59.290	59.714	60.141	60.571
Asininos	515	518	522	526
Muares	6.343	6.388	6.434	6.480
Caprinos	11.681	11.764	11.849	11.933
Ovinos	23.848	24.018	24.190	24.363
Suínos	131.092	132.029	132.973	133.924
Aves	4.908.608	4.943.712	4.979.066	5.014.673
Demanda para dessedentação (m³/dia)	1.420.338,67	1.430.496,07	1.440.726,11	1.451.029,31

Tabela 5.12 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio IVa na Bahia.

Rebanhos	Nº de cabeças por ano (BA)			
	2015	2020	2025	2030
Bovinos	186.093,43	198.274,72	211.253,37	225.081,58
Bubalinos	-	-	-	-
Equinos	8.599,14	9.162,03	9.761,75	10.400,74
Asininos	206,61	220,13	234,54	249,89
Muares	698,15	743,85	792,54	844,42
Caprinos	9.257,56	9.863,54	10.509,19	11.197,10
Ovinos	15.201,47	16.196,53	17.256,72	18.386,31
Suínos	15.658,96	16.683,96	17.776,06	18.939,64
Aves	157.997,22	168.339,39	179.358,54	191.098,97
Demanda para dessedentação (m³/dia)	201.373,78	214.555,29	228.599,63	243.563,29

- **Irrigação**

De posse da demanda atual para agricultura em 2010, deu-se prosseguimento às metodologias, já aplicadas, para os demais anos que compõem o horizonte deste estudo. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 5.13.

O resultado dessas projeções consiste nas áreas irrigadas a serem consideradas no futuro. Assim, utilizando-se dos coeficientes de demanda para agricultura, obtêm-se a demanda hídrica futura para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030.

Tabela 5.13 – Projeção da área e demanda para irrigação no subdomínio IVa.

Área irrigada (ha) / Ano	UF	2015	2020	2025	2030
	MG	25.137	23.975	22.868	21.811
	BA	3.377	5.310	5.501	6.021
Demanda para irrigação MG (m ³ /dia)		868.727	828.588	790.303	753.787
Demanda para irrigação BA (m ³ /dia)		116.717	148.964	190.120	242.647

- **Indústria**

Para demanda relacionada à indústria, de forma semelhante ao que foi feito para calcular a de 2010, projetaram-se os PIBs secundários para o subdomínio. Essa projeção teve como base uma taxa de crescimento linear obtida através da comparação entre os PIBs de 2002 e 2012.

Ao aplicar o coeficiente de consumo específico para classe 900 (genérica), equivalente a 0,02713 m³/US\$, como definido na metodologia, inferiram-se as demandas industriais para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030 (Tabela 5.14).

Tabela 5.14 – Projeção da demanda hídrica industrial para o subdomínio IVa.

UF	Demanda Industrial (m ³ /dia)			
	2015	2020	2025	2030
MG	381,38	410,16	425,72	435,45
BA	2,08	2,32	2,45	2,53

Pelos dados obtidos, pode-se concluir que no subdomínio IVa, a porção pertencente ao estado de Minas Gerais é mais desenvolvida industrialmente, inferindo uma maior demanda hídrica em relação à porção pertencente ao estado da Bahia.

5.1.3 Vulnerabilidade

A vulnerabilidade foi avaliada de acordo com a metodologia EPIK comentada no item 1.6 do presente relatório.

A classificação dos parâmetros E, P, I e K, é mostrada na Figura 5.5. Essa classificação mostra os seguintes resultados:

- Parâmetro E – Epicarste: 4% de epicarste franco, 62% de epicarste encoberto (classe E2) e 34% ausente (classe E3).
- Parâmetro P – Cobertura de proteção: 48% para a classe P1, 49% para a classe P2 e 3% para a classe P3.
- Parâmetro I – Condições de infiltração: 6% para a classe I1, 62% para a classe I2 e 33% para a classe I3.

- Parâmetro K – Grau de desenvolvimento da rede cárstica: 5% para a classe K1, 59% para a classe K2 e 36% para a classe K3.

Na definição das classes do parâmetro P foi muito útil o mapa das unidades de solo, mostrado na Figura 5.6.

Com os diferentes parâmetros zoneados, foi possível elaborar o mapa de vulnerabilidade (ver item 1.6), mostrado na Figura 5.7. A partir desse mapa quantificam-se percentualmente, na Figura 5.8, as classes de vulnerabilidade.

Como se pode observar na Figura 5.8, o Domínio IVa apresenta vulnerabilidade baixa em 35% da sua área, vulnerabilidade média em 60% e vulnerabilidade alta nos restantes 5%.

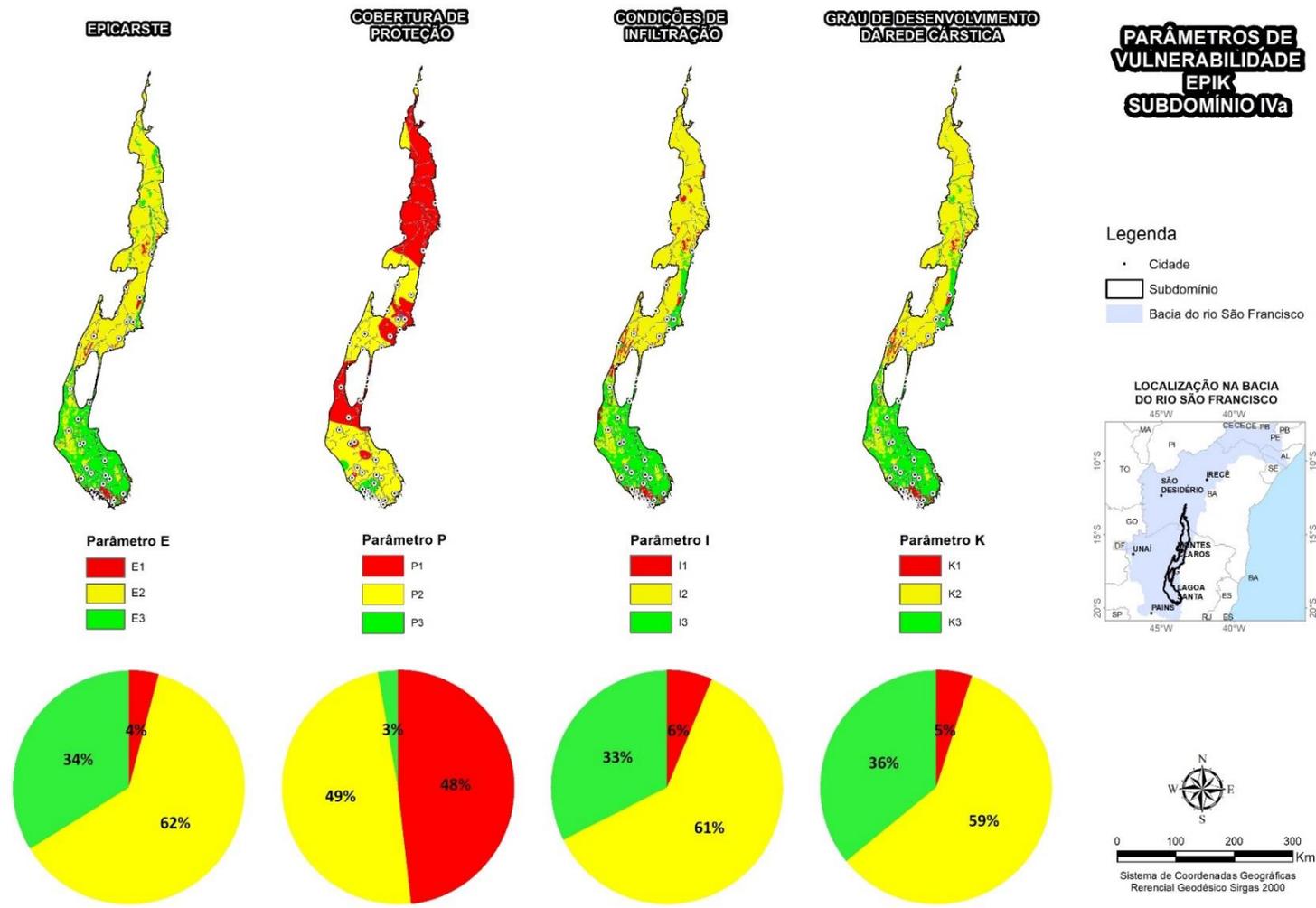


Figura 5.5: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.

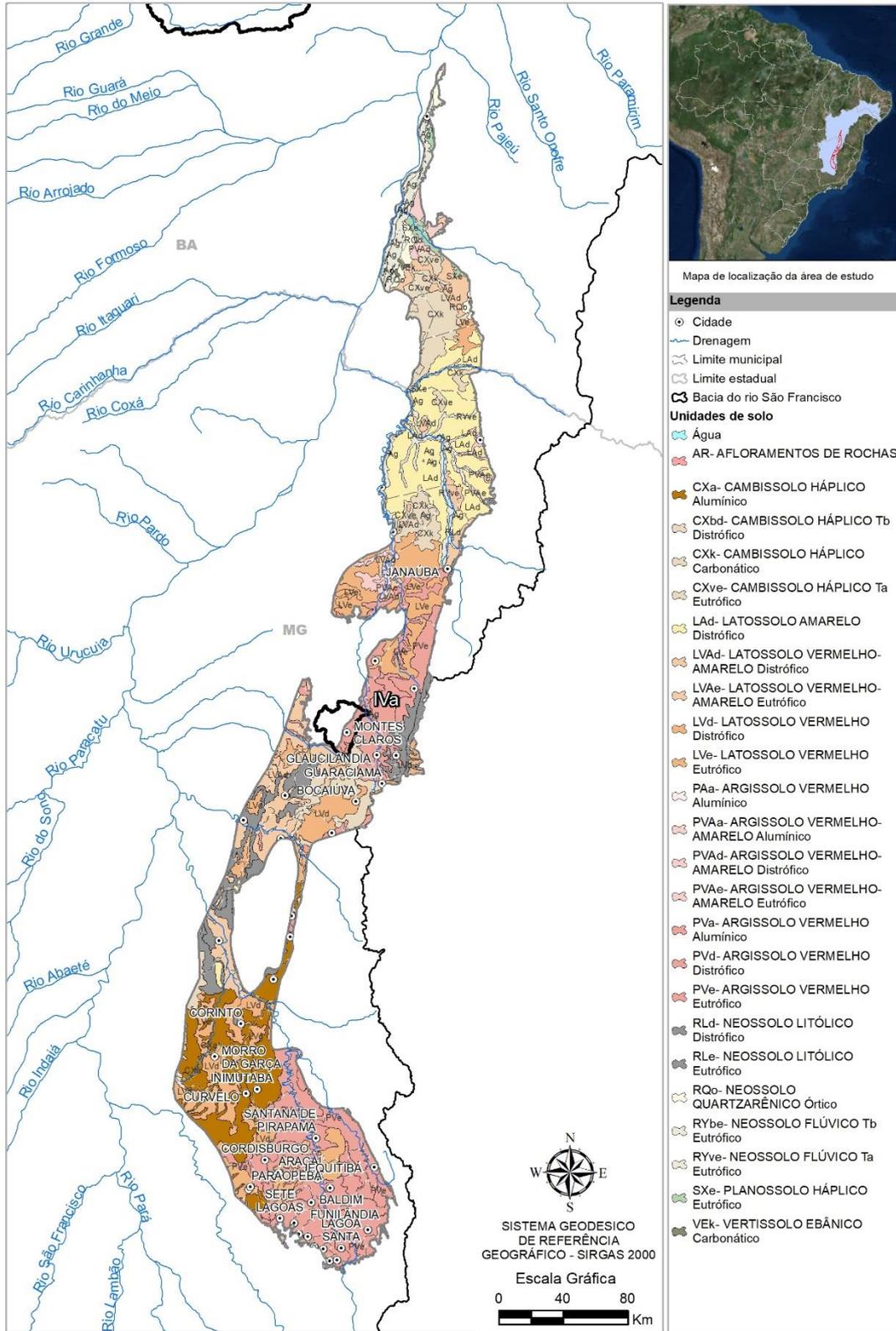


Figura 5.6: Mapa de unidades de solo com a classificação do parâmetro P

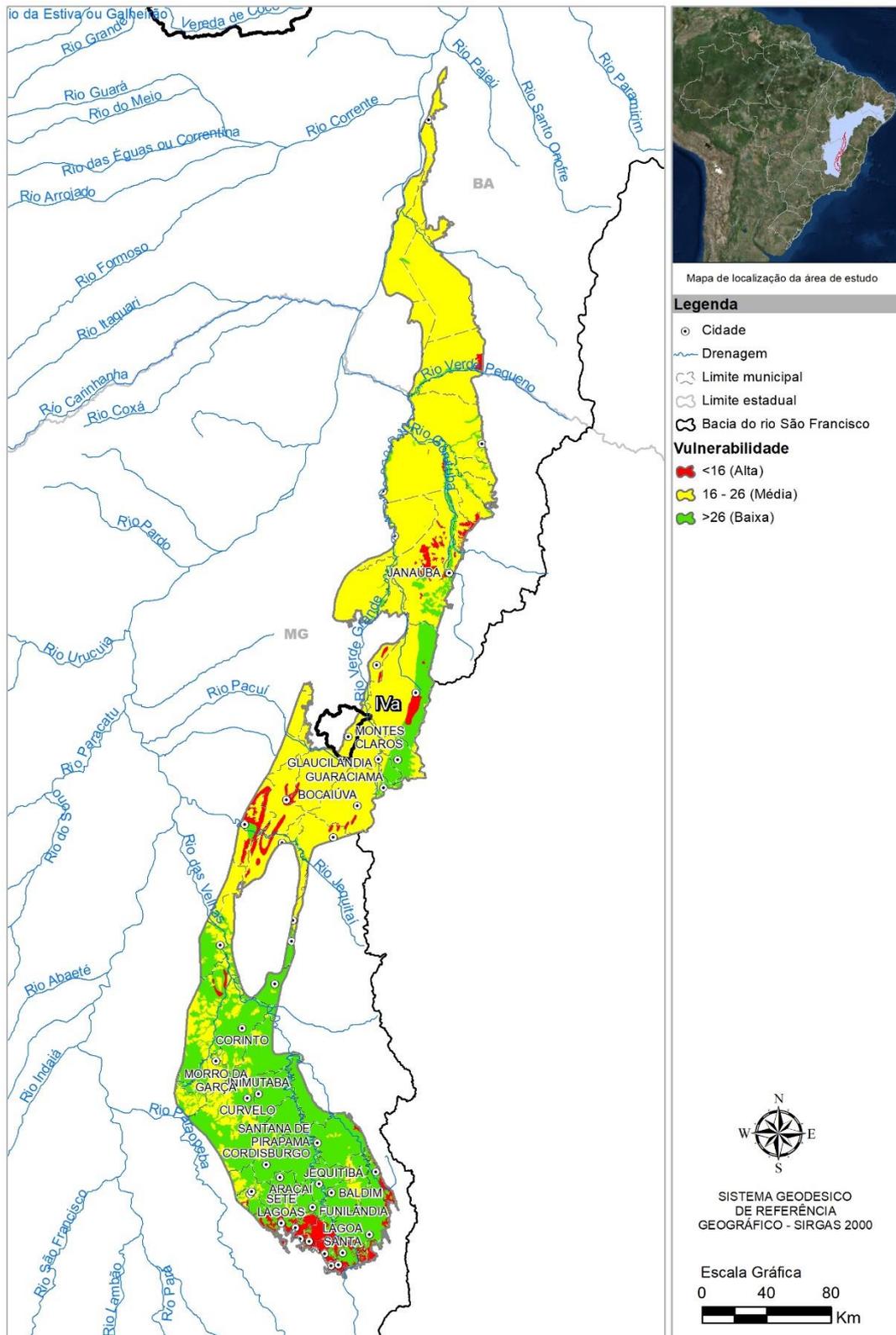


Figura 5.7: Vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Subdomínio IVa.

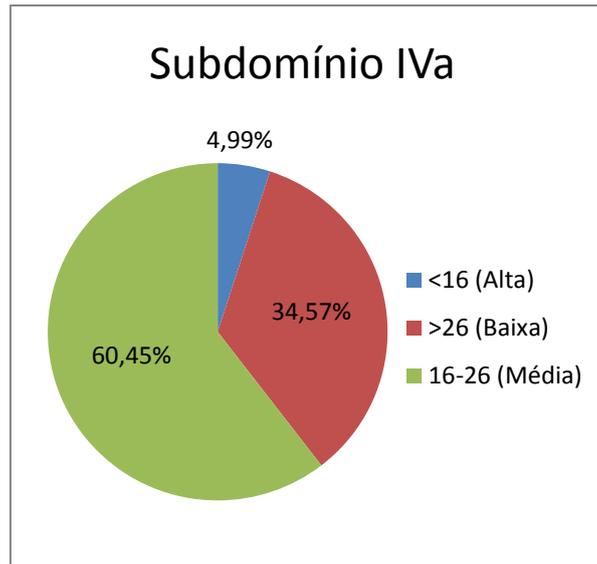


Figura 5.8: Classificação da vulnerabilidade para o Subdomínio IVa.

5.1.4 Perigo de contaminação

Na Tabela 5.15 estão relacionadas às fontes contaminantes cadastradas no Subdomínio IVa, com indicação dos respectivos índices Posh.

Tabela 5.15 – Fontes potenciais de contaminação do subdomínio IVa.

ATIVIDADE	QUANTIDADE	ÍNDICE POSH
Cemitério	52	Moderado
Posto de combustível	280	Elevado
Lavoura temporária	1.244,65 km ²	Elevado

A distribuição dessas fontes contaminantes no mapa de vulnerabilidade é mostrada na Figura 5.9 onde se pode avaliar o perigo de contaminação no Subdomínio IVa. Verifica-se, no mapa da Figura 5.10, que o Subdomínio IVa apresenta perigo extremo de contaminação apenas em sua parte central, em função de algumas ocorrências localizadas de lixões, postos de gasolina e cemitérios. Pequenas áreas de alto perigo de contaminação se distribuem nas partes central e norte do subdomínio, coincidentes com áreas de vulnerabilidade média (cor amarela). As fontes contaminantes aí são postos de combustíveis e lavouras temporárias, estas últimas ocupando apenas 4% da área do subdomínio.

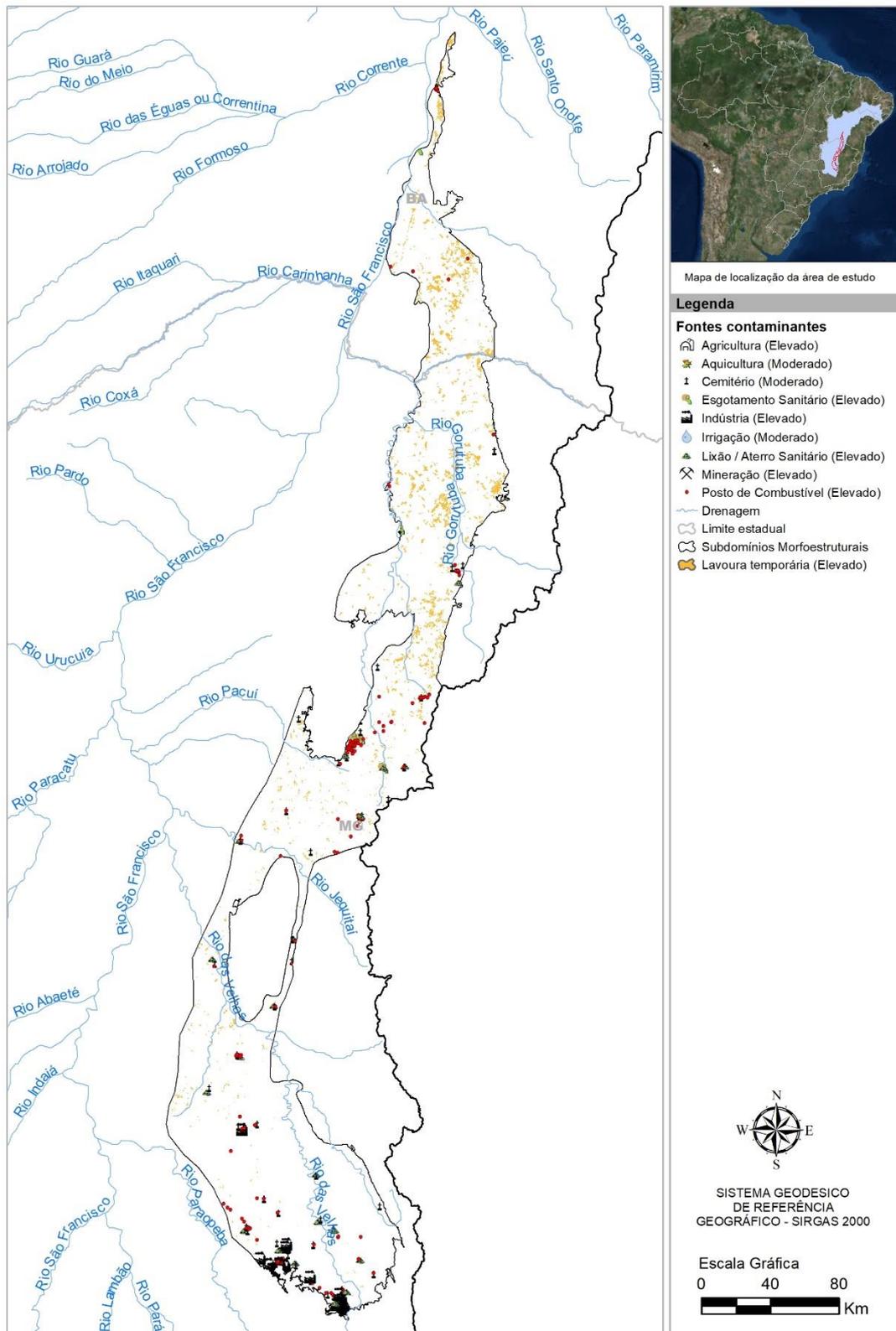


Figura 5.9: Distribuição das cargas contaminantes no Subdomínio IVa com classificação POSH.

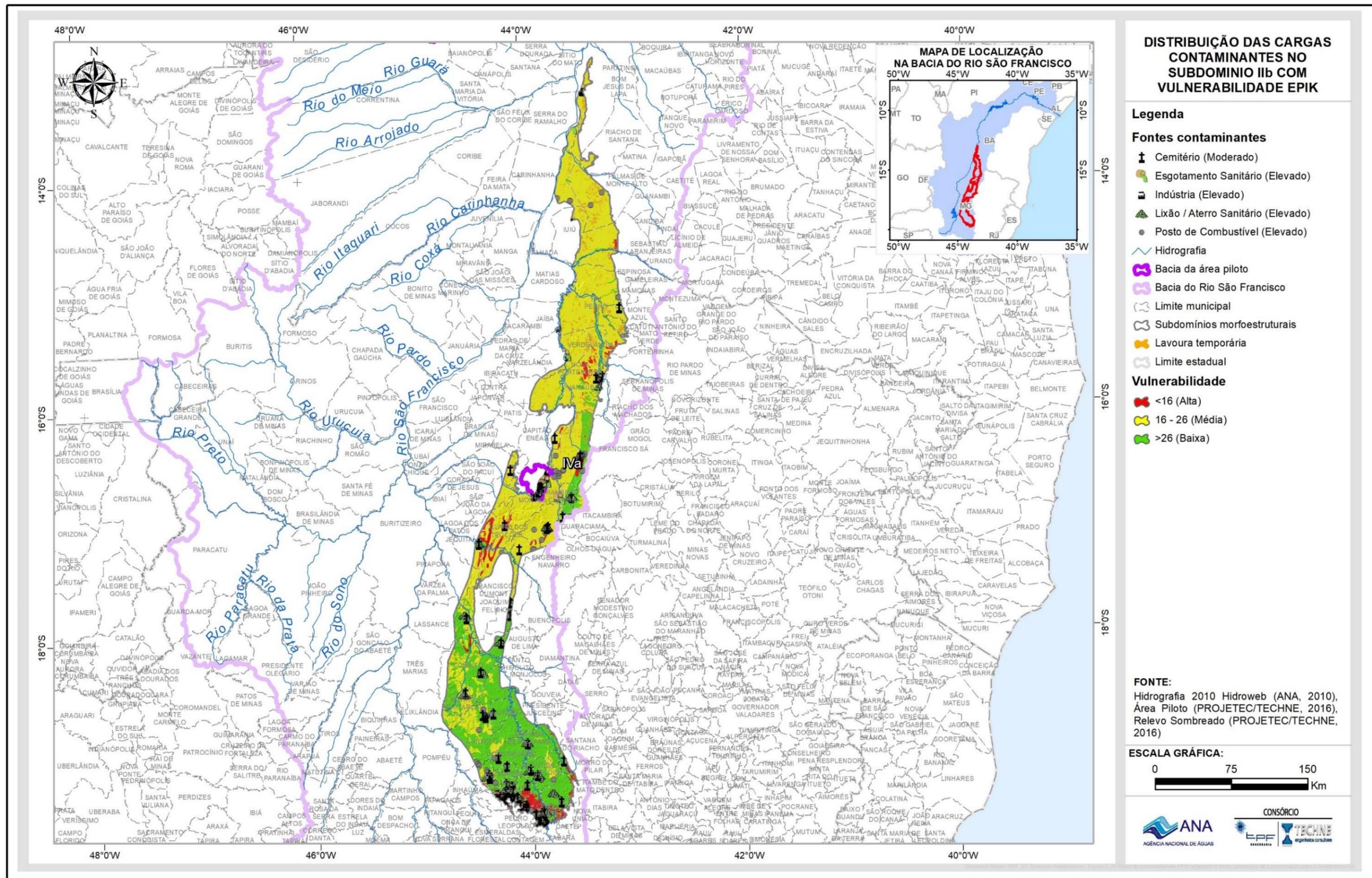


Figura 5.10: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Subdomínio IVa.

5.1.5 Recarga e zonas de exploração

Começando com um panorama regional da evolução histórica dos níveis de água subterrânea no domínio cárstico em Minas Gerais, a situação da exploração das águas subterrâneas do SAB no Subdomínio IVa inclui uma estatística descritiva dos dados de poços levantados e catalogados no âmbito do Projeto ANA – Carste São Francisco bem como uma caracterização do regime de funcionamento dos poços e uma estimativa da produção global de água. Para a recarga, foram realizados os cálculos em função das precipitações e o regime fluvial para cada subdomínio. Com os valores de recarga e exploração do subdomínio foi possível realizar o zoneamento de exploração, demonstrado na Figura 5.19.

5.1.5.1 Levantamento e sistematização dos dados

Os dados de poços levantados no Subdomínio IVa, no âmbito do Projeto foram sistematizados e fazem parte do SIG, que constitui a principal fonte de consulta sobre poços.

5.1.5.1.1 Poços catalogados e cadastrados

A pesquisa hidrogeológica desenvolvida no Subdomínio IVa baseou-se em dados de 6.685 poços constantes no SIG, dos quais 4.755 foram catalogados do SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2010), 1.486 foram catalogados do sistema de outorgas de água subterrânea do IGAM (2014), 21 foram catalogados da Companhia de Engenharia e Recursos Hídricos da Bahia (CERB), 299 foram catalogados da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) e 124 são novos poços cadastrados, no âmbito do Projeto ANA Carste São Francisco (ANEXO 12.21 – Tabela de poços do Subdomínio IVa, Volume 3). Para o tratamento estatístico não foram considerados os poços escavados. Desses 6.685 poços excluem-se 187 (163 cisternas, 14 lagoas, 1 barragem e 9 nascentes) que estão hachurados na tabela do ANEXO 12.21 (Volume 3). O resultado disso são 6.498 poços: 4.612 catalogados do SIAGAS, 1.475 catalogados do IGAM, 21 catalogados da CERB, 299 catalogados da COPASA e 91 cadastrados.

5.1.5.1.2 Tratamento estatístico dos dados dos poços

Na Tabela 5.16 é apresentada a estatística descritiva dos valores numéricos de profundidade, diâmetro do revestimento, nível estático, nível dinâmico e vazão dos poços cadastrados e catalogados no Subdomínio IVa, localizado na porção noroeste da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

Tabela 5.16 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Subdomínio IVa.

Parâmetros Estatísticos	Profundidade (m)	Diâmetro da boca(mm)	Nível Estático - NE (m)	Nível Dinâmico - ND (m)	Vazão (m ³ /h)
Média	88,1	159,4	17,6	35,6	21,7
Mediana	82,0	152,4	13,0	31,0	10,0
Desvio Padrão	32,3	25,5	19,0	24,4	36,2
Coeficiente Variação	0,4	0,2	1,1	0,7	1,7
Valor máximo	396,0	406,4	494,0	324,0	478,8
Valor mínimo	7,0	6,0	0,2	1,0	0,1
Nº valores	4689	5297	4203	3704	4164

5.1.5.1.2.1 Profundidade

A profundidade dos poços inventariados no Subdomínio IVa variou de 7 a 396 m. A profundidade média foi de 88,1 m e se explica pelo fato de que a classe mais frequente (29%) correspondem a poços com profundidade entre 60 e 80 m. Se considerarmos todos os poços com mais de 40 m teremos 4.567 poços ou pouco mais de 97% do total no subdomínio IVa. Já as classes compreendidas entre 0 e 40 m de profundidade possuem uma frequência muito baixa, com apenas 2,60% ou 122 poços de frequência absoluta. A Tabela 5.17 mostra que na classe de 80 a 100 m e na classe de poços maiores que 100 m estão localizados, respectivamente, 28% e 24% dos poços em cada, ou seja, a segunda e a terceira classe mais predominante.

Tabela 5.17 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), CERB, COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IVa.

Classe Profundidade (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤20	13	13	0,00	0,28
20<x≤40	109	122	0,02	2,60
40<x≤60	775	897	0,17	19,13
60<x≤80	1363	2260	0,29	48,20
80<x≤100	1305	3565	0,28	76,03
x>100	1124	4689	0,24	100,00
Total	4689			

A distribuição da frequência da profundidade dos poços no Subdomínio IVa pode ser visualizada no diagrama da Figura 5.11.

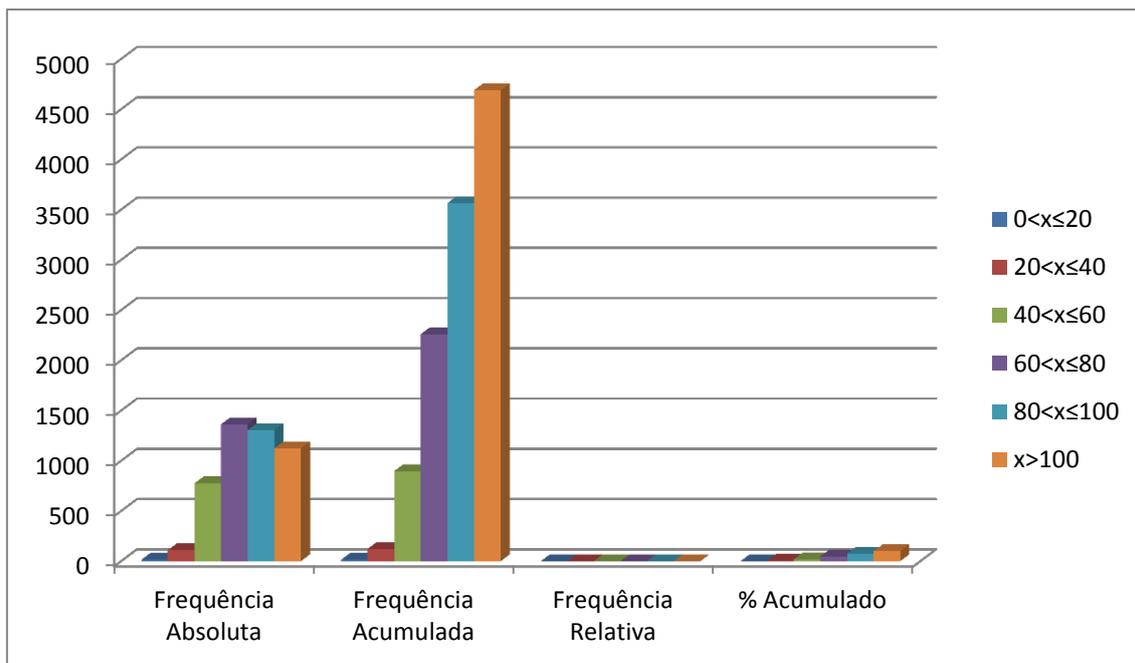


Figura 5.11: Frequências das classes de profundidade dos poços no Subdomínio IVa.

5.1.5.1.2.2 Diâmetro da Boca do Poço

De acordo com a Tabela 5.18 e Figura 5.12, no Subdomínio IVa, existem três classes de diâmetro da boca dos poços, a primeira com 1.511 poços até 152 mm e a segunda com 3.773 poços na classe entre 152 mm e 310 mm. A classe de menor frequência é a de 300 a 450 mm com 13 poços. Nota-se a presença da maioria dos poços concentrada na classe de diâmetro intermediário.

Tabela 2.18 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), CERB, COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IVa.

Classe Diâmetro da Boca (mm)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 152	1511	1511	0,29	28,53
152 < x ≤ 300	3773	5284	0,71	99,75
300 < x ≤ 450	13	5297	0,00	100,00
Total	2185			

A Figura 5.12 ilustra a distribuição de frequência do diâmetro da Boca dos poços no Subdomínio IVa.

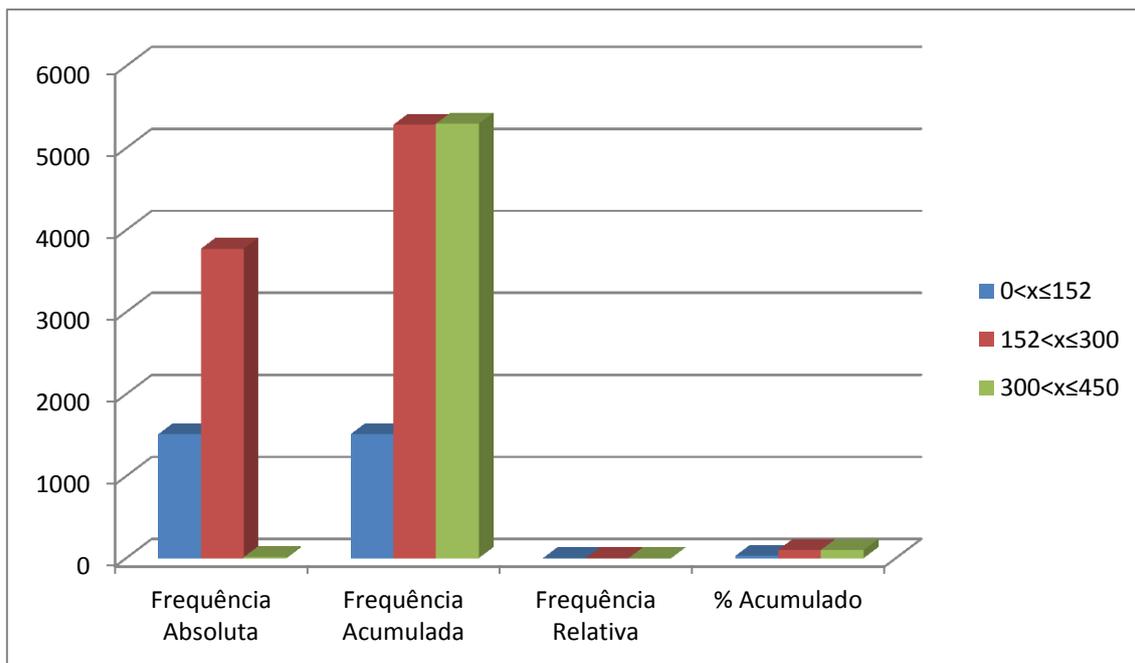


Figura 5.12: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Subdomínio IVa.

5.1.5.1.2.3 Nível Estático

De acordo com os dados da Tabela 5.19 e Figura 5.13, observa-se que aproximadamente 68% dos poços apresentam níveis estáticos até 20 m, o que significa que esses níveis são rasos, de modo geral. Na classe de 20 a 30 m encontram-se 15% dos poços, e no intervalo de poços acima de 30 m estão 17% do total. A rigor, todos esses níveis, notadamente os mais profundos, não são “estáticos”, já que a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração.

Tabela 5.19 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM, CERB, COPASA e cadastrados no Subdomínio IVa.

Classe Nível Estático (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 10	1720	1720	0,41	40,92
10 < x ≤ 20	1149	2869	0,27	68,26
20 < x ≤ 30	638	3507	0,15	83,44
x > 30	696	4203	0,17	100,00
Total	4203			

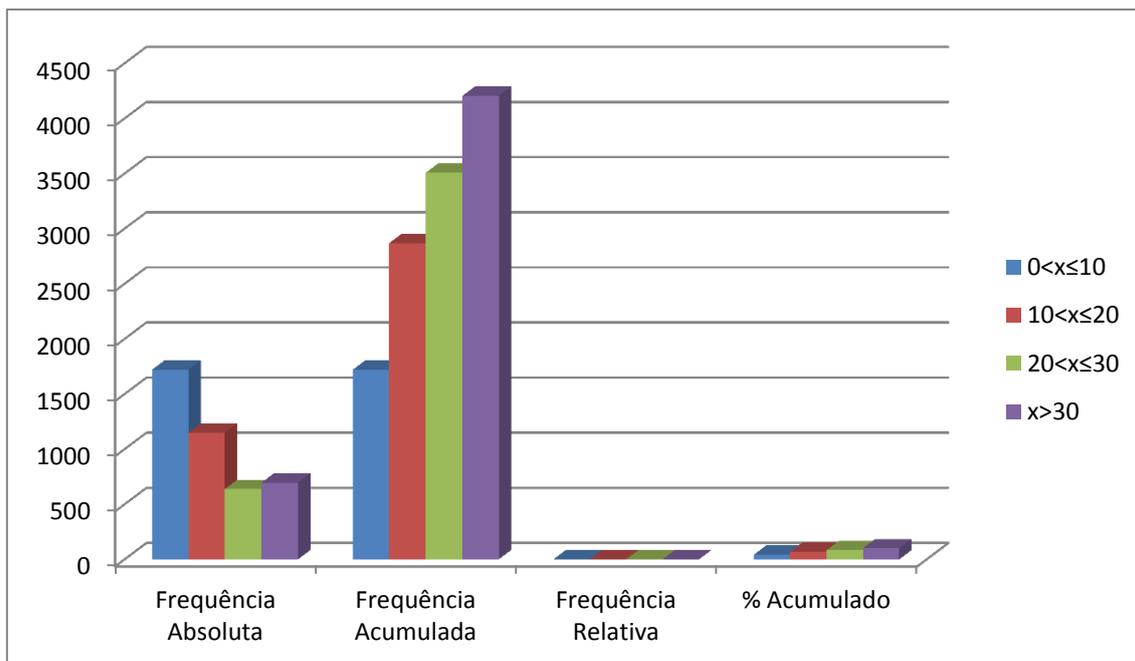


Figura 5.13: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Subdomínio IVa.

5.1.5.1.2.4 Nível Dinâmico

Para os níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IVa, tem-se que a classe menos frequente corresponde ao intervalo entre 0 e 10 m (9%). Secundariamente, 19% dos poços (698/3704) estão no intervalo entre 20 e 30 m, como pode ser observado na Tabela 5.20 e Figura 5.14. Nota-se, finalmente, que a grande maioria dos níveis dinâmicos (1210/3704), representando 33%, está no intervalo de poços com profundidades maiores que 40 m.

Tabela 5.20 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM, CERB, COPASA e cadastrados no Subdomínio IVa.

Classe Nível Dinâmico (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	334	334	0,09	8,28
10<x≤20	757	1091	0,20	26,81
20<x≤30	698	1789	0,19	42,12
30<x≤40	705	2494	0,19	58,02
x>40	1210	3704	0,33	100,00
Total	3704			

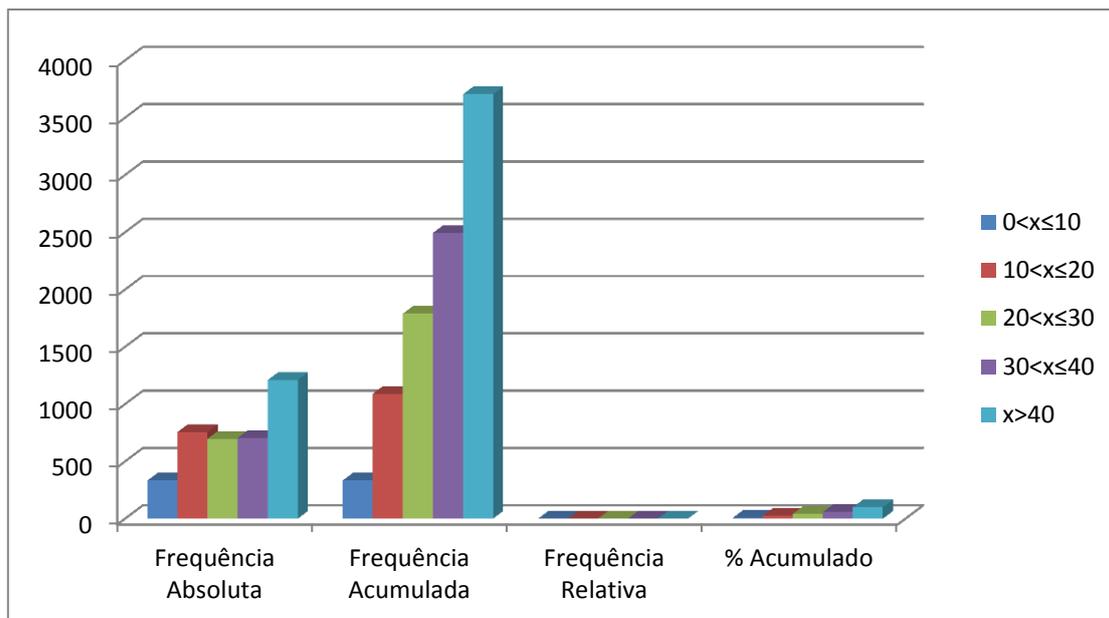


Figura 5.14: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IVa.

5.1.5.1.2.5 Vazão

No que se refere à vazão dos poços que exploram o Aquífero Bambuí do carste São Francisco no Subdomínio IVa, verifica-se que do total de poços catalogados e cadastrados (Tabela 5.21 e Figura 5.15) existem 4.164 poços com vazão informada. Observa-se que a classe mais frequente é a entre 0 e 10 metros, com aproximadamente 51% e frequência absoluta de 2.136 poços. Já a de menor frequência é a entre 40 e 50 metros, com apenas 3% do total.

Tabela 5.21 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, IGAM (2014), CERB, COPASA e cadastrados no Subdomínio IVa.

Classe Vazão (m ³ /h)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	2136	2136	0,51	51,30
10<x≤20	952	3088	0,23	74,16
20<x≤30	358	3446	0,09	82,76
30<x≤40	197	3643	0,05	87,49
40<x≤50	115	3758	0,03	90,25
x>50	406	4164	0,10	100,00
Total	4164			

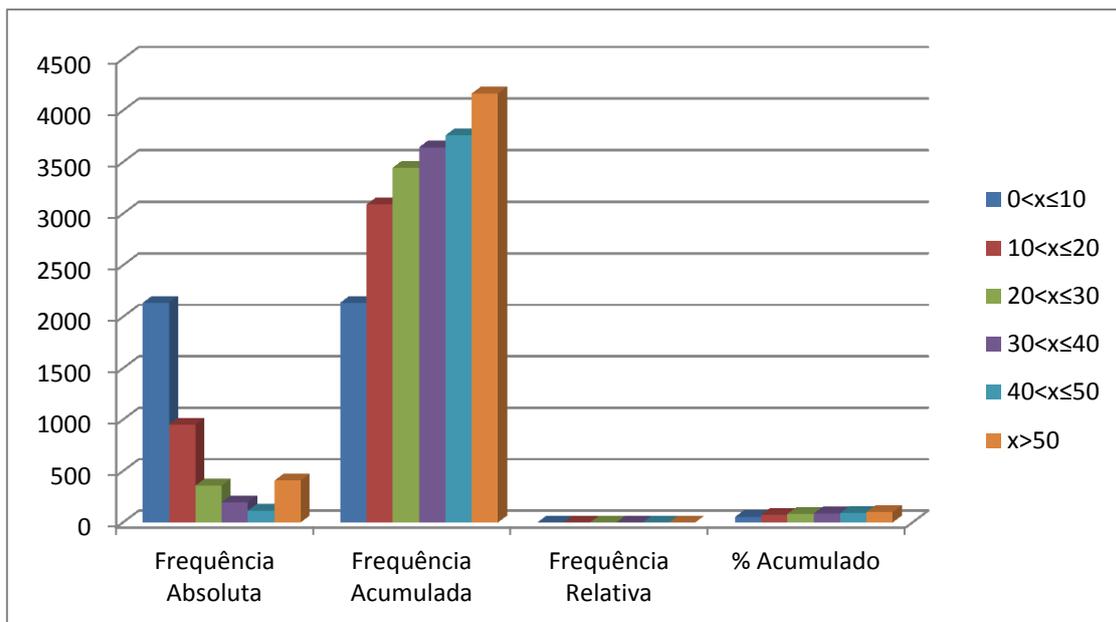


Figura 5.15: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Subdomínio IVa.

Não obstante, de acordo com as condições operacionais em que se encontram os poços (Tabela 5.22) verifica-se que existem 4.657 unidades (71,7%) em condições de funcionamento, ou seja, são poços que estão bombeando (24,1%), estão equipados (47,6%) ou parados/não instalado (11%), conforme ANEXO 12.21.

Tabela 5.22 – Situação operacional dos 1.724 poços catalogados e cadastrados no Subdomínio IVa.

Registros	Bombeando	Equipado	Seco	Parado/ Não Instalado	Sem informação	Em condições de funcionamento
6498	1.564	3.093	156	713	972	4.657
100%	24,1%	47,6%	2,4%	11,0%	14,9%	71,7%

5.1.5.1.3 Conclusões

Com base nos dados apresentados anteriormente referentes ao Aquífero Bambuí do Carste do São Francisco no Subdomínio IVa é possível concluir que:

- A profundidade dos poços inventariados no Subdomínio IVa variou de 7 a 396 m, com média aproximada de 88,1 m, sendo que os poços nos intervalos acima de 40 metros constituem as classes mais frequente (98%);
- 41% dos poços possuem níveis estáticos entre 0 e 10 m de profundidade, somados a classe de 10 a 20 m chegam a 2.869 poços ou 68% do total. Vale ressaltar que a rigor esses níveis não são “estáticos”, pois a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração;
- As vazões informadas dos poços (Tabela 5.21) em 51% dos casos são menores ou iguais a 10 m³/h e nos 49% restantes oscilam entre mais de 10 m³/h até 478,8 m³/h;
- Em termos de condições operacionais (Tabela 5.22) do total de 6.498 poços existem 713 poços parados, 156 não utilizáveis, ainda 972 poços sem informação sobre o tema. Dos poços com condições de utilização são: 1.564 poços bombeando e 3.093 equipados no subdomínio IVa;
- No que se refere ao tipo de equipamento instalado nos poços (Tabela 5.23), verificou-se que nos 2.869 poços com informações sobre bombas, são 1.974 com bomba submersa, 1 com bomba turbina, 107 com bomba centrífuga, 767 com compressores de ar, 4 com cata-ventos, 11 com bombas injetoras, 1 com bomba manual, 3 com bomba pistão e 1 com bomba sarilho.

Tabela 5.23 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.

Equipamentos de bombeamento	Nº	Bomba submersa	Turbina	Centrífuga	Compressor	Cata-vento	Injetora	Manual	Pistão	Sarilho
Registros	2.869	1.974	1	107	767	4	11	1	3	1
Percentual	100	68,8	0,03	3,7	26,7	0,1	0,4	0,03	0,1	0,03

5.1.5.2 Regime de Funcionamento dos Poços

Na Tabela 5.24 são mostrados os valores dos parâmetros estatísticos do número de horas por dia em que são bombeados os poços da área estudada, segundo dados do cadastro de outorgas de água subterrânea IGAM (2014).

Existem apenas 1.174 poços com regime de funcionamento informado e o cálculo do regime médio de funcionamento para todos os 4.657 poços, em condições de utilização, é feito usando a média ponderada pela frequência do número de horas de bombeamento, nos intervalos de classe, conforme a expressão:

$$\overline{R_e} = \sum_{j=1}^{12} R_{ej} \times w_j$$

Ou seja, o regime médio estimado é dado pela somatória do regime médio ponderado pela frequência relativa ou fator de ponderação.

Tabela 5.24 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Subdomínio IVa, usando 1.174 poços com regime informado no cadastro de outorgas (IGAM, 2014).

Classe Regime Informado (h/dia)	Frequência Absoluta Número de Poços n_j	Regime médio informado R_{ej} (h/dia)	Frequência Relativa ou Peso $w_j=n_j/N$	Regime médio ponderado (h/dia) $R_{ej} \cdot w_j$
0<x≤1	130	0,727	0,111	0,081
1<x≤2	135	1,721	0,115	0,198
2<x≤3	101	2,732	0,086	0,235
3<x≤4	83	3,796	0,071	0,268
4<x≤5	48	4,732	0,041	0,193
5<x≤6	69	5,869	0,059	0,345
6<x≤7	24	6,810	0,020	0,139
7<x≤8	64	7,879	0,055	0,430
8<x≤9	24	8,663	0,020	0,177
9<x≤10	61	9,926	0,052	0,516
10<x≤11	24	10,691	0,020	0,219
11<x≤12	52	11,966	0,044	0,530
12<x≤24	359	17,028	0,306	5,207
Soma	1174			8,537

Legenda:

$N = \sum n_j = N = \sum n_j$ = número total de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro de água subterrânea realizado ao longo do projeto.

Frequência Absoluta (n_j): número de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro realizado ao longo do projeto.

Regime Médio Informado (R_{ej}) = Média de horas de funcionamento dos poços em cada intervalo de classe.

Regime médio ponderado em cada intervalo de classe: ($R_{ej} \times w_j$).

Frequência Relativa ou fator de ponderação: $w_j = n_j / N$.

Regime Médio Estimado: $\overline{R_e} = \sum_{j=1}^9 R_{ej} \times w_j$ 8 horas e 7 minutos.

Como visto na Tabela 5.24, o regime médio de funcionamento estimado para os poços no Subdomínio IVa em 2015 é de 8,537 horas por dia, o que equivale a 8h:32 min.

6.1.5.3 Produção Global dos Poços

Considerando o regime de funcionamento e a vazão média dos diferentes intervalos de classe de vazão apresentados na Tabela 2.25, obtém-se uma produção estimada de 863.429,76 m³/dia, ou 8.993,4 L/s.

Tabela 2.25 - Produção global estimada, explorada no Subdomínio IVa.

Classe Vazão	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Vazão Média	Efetivo de	Vazão Estimada	Vazão Estimada (m³/s)
--------------	---------------------	---------------------	-------------	------------	----------------	-----------------------

(m ³ /h)			(m ³ /h)	Poços	(m ³ /dia)	4.657 poços	3.040 poços
0<x≤1	56	0,01842105	0,721	86	528,03	0,006	0,004
1<x≤2,5	218	0,07171053	1,85	334	5.274,32	0,061	0,040
2,5<x≤5	525	0,17269737	3,986	804	27.367,46	0,317	0,207
5<x≤7,5	421	0,13848684	6,262	645	34.477,29	0,399	0,260
7,5<x≤10	420	0,13815789	8,875	643	48.747,86	0,564	0,368
10<x≤15	438	0,14407895	12,636	671	72.380,51	0,838	0,547
15<x≤30	481	0,15822368	21,197	737	133.339,07	1,543	1,007
x>30	481	0,15822368	72,092	737	453.492,48	5,249	3,426
Total	3.040	1		4.657	775.607,02	8,98	5,86

Legenda:

N = número total de poços com vazão informada no SIG

Frequência Absoluta (FA) = número de poços com vazão informada no SIG em cada intervalo de classe.

Frequência Relativa (FR) = FA/N.

Vazão Média (QM) = média dos valores de vazão informada em cada intervalo de classe.

Efetivo de poços = N° P.P. x FR = número de poços produtores (bombeando/equipado) encontrados dentro dos limites do domínio.

Vazão Estimada (QE) m³/dia = QM x RME x Efetivo de poços em cada intervalo de classe.

Vazão Estimada (QE) m³/s = QE (m³/dia) x Quantidade de segundos em um dia (84.600).

Segundo os dados informados, a produção de água para um efetivo de 4.657 poços em operação no ano de 2015 foi estimada em 8,98 m³/s conforme Tabela 5.25.

A Tabela 5.26 apresenta a distribuição da produção global dos poços em condições de funcionamento (Tabela 2.22) de acordo com a situação operacional informada. Como visto na Tabela 2.25, a produção global de água estimada para os 4.657 poços atinge 8,98 m³/s. Só com os 3.040 poços em operação, a exploração extraía 65,3% desse total, ou seja, 5,86 m³/s.

Tabela 5.26 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Subdomínio IVa.

Poços	Em condições de funcionamento	Bombeando	Equipado
Número	4.657	1.564	3.093
Percentual	100%	33,58%	66,42%
Vazão (m³/s)	8,98	3,015	5,965

A distribuição espacial dos poços produtores no Subdomínio IVa é mostrada na Figura 5.16.

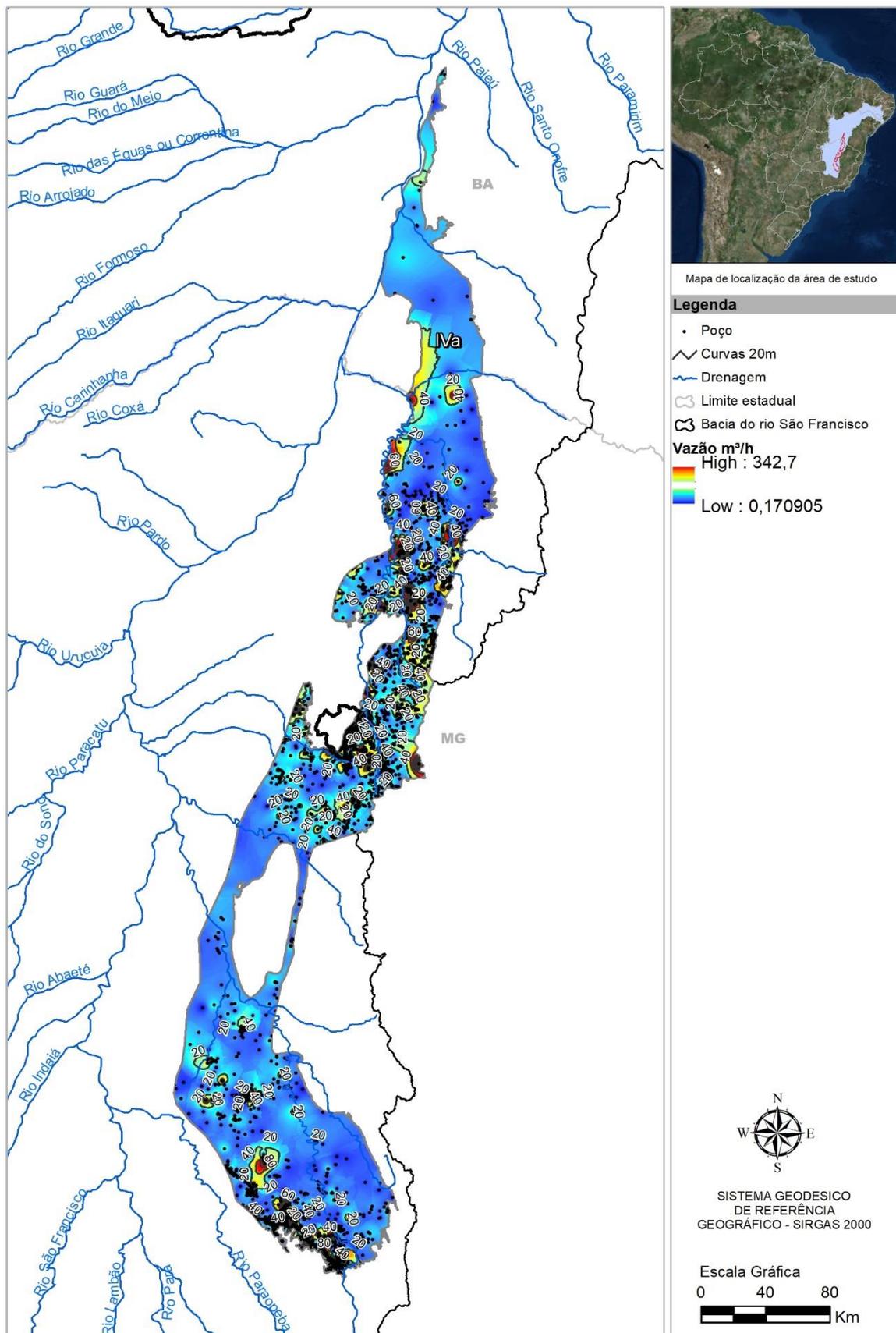


Figura 5.16: Distribuição espacial da produção de 4.657 poços em operação localizados no Subdomínio IVa.

5.1.5.4 Recarga no Subdomínio IVa

A Tabela 5.27 apresentada a seguir, identifica quais são as estações fluviométricas utilizadas para os cálculos de recarga, sendo mostradas ainda, outras informações como dimensão da bacia, código e nome da estação, e o período a que se referem os registros de medições de descarga em cada uma delas.

Tabela 5.27 – Informações básicas sobre as estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do Subdomínio IVa.

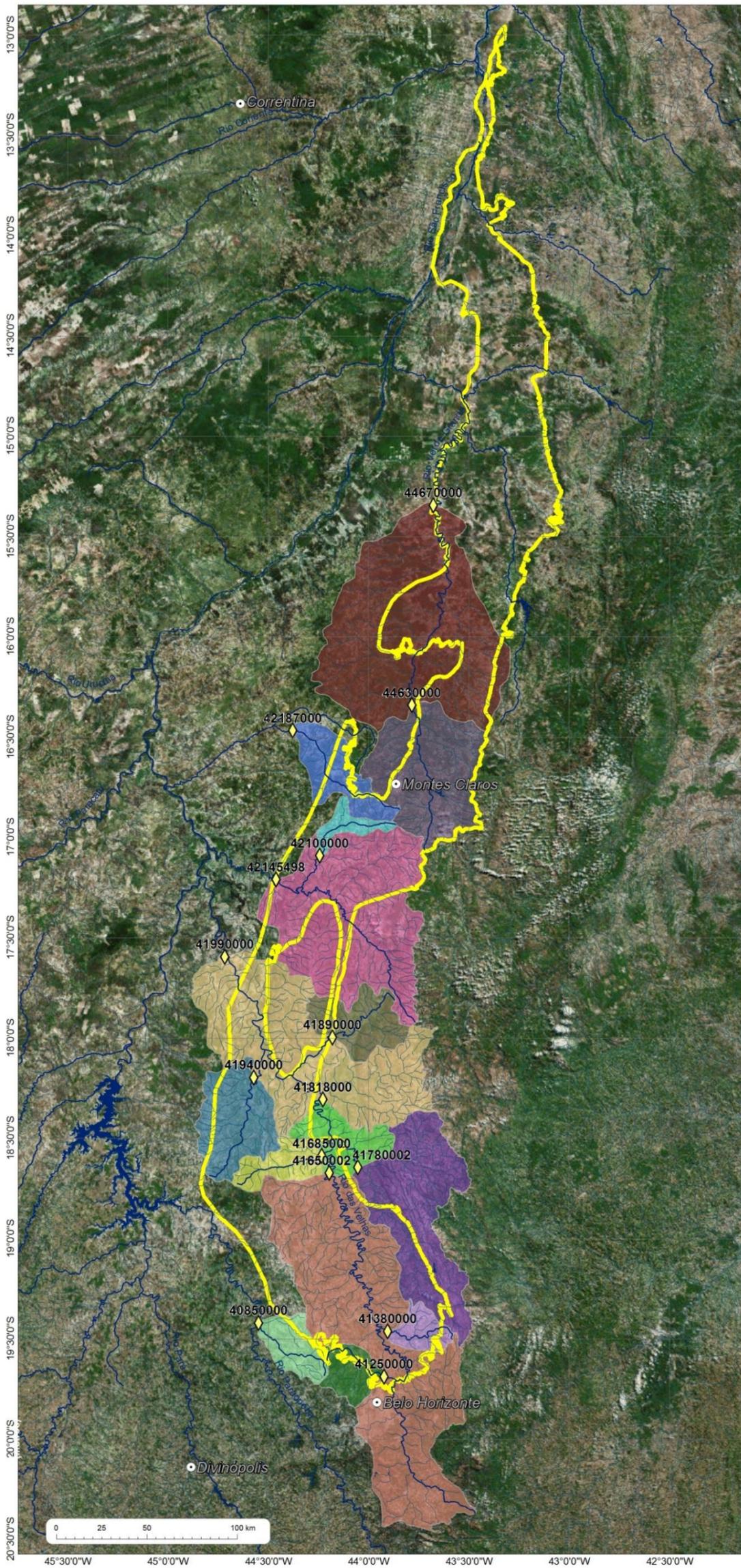
Código da estação*	Latitude	Longitude	Denominação	Curso d'água	Área (km ²)	Período de monitoramento	Período adotado para cálculo
44630000	-16,3406	-43,7831	Capitão Enéas	Rio Verde Grande	3.541,31	1976 - 2015	1976 - 2007
42100000	-17,0911	-44,2414	Claro dos Poções	Rio São Lamberto	447,13	1973 - 2010	1973 - 2004
44670000	-15,3431	-43,6756	Colônia do Jaíba	Rio Verde Grande	12175,09	1962 - 2015	1962 - 2007
41890000	-17,9964	-44,1775	Estação de Curumataí	Rio Curumataí	1.371,80	1965 - 2014	1965 - 2007
42145498	-17,2094	-44,4600	Fazenda Umburana – Montante	Rio Jequitaí	6.369,88	1977 - 2015	1977 - 2007
41380000	-19,4619	-43,9036	Ponte Preta	Rio Jaboticatubas	576,00	1943 - 2015	1943 - 2005
40850000	-19,4231	-44,5478	Ponte da Taquara	Rib. dos Macacos	881,92	1967 - 2015	1967 - 2007
41940000	-18,1961	-44,5700	Ponte do Bicudo	Rio do Bicudo	2.033,22	1965 - 2015	1965 - 2007
41650002	-18,6728	-44,1939	Ponte do Licínio – Jusante	Rio das Velhas	9.569,23	1976 - 2015	1976 - 2005
41685000	-18,5875	-44,2319	Ponte do Picão	Rib. do Picão	847,48	1965 - 2015	1965 - 2007
42187000	-16,4669	-44,3761	Ponte dos Ciganos	Rio Pacuí	1.372,41	1973 - 2015	1973 - 2007
41780002	-18,6450	-44,0506	Presidente Juscelino – Jusante	Rio Parauninha	3.994,53	1978 - 2015	1978 - 2007
41818000	-18,3061	-44,2258	Santo Hipólito – (ANA/CEMIG)	Rio das Velhas	1.223,06	1938 - 2015	1938 - 2007
41250000	-19,6872	-43,9206	Vespasiano	Rib. da Mata	723,06	1938 - 2015	1938 - 2006
41990000	-17,5947	-44,7139	Várzea da Palma	Rio das Velhas	6.478,07	1938 - 2015	1938 - 2006

Como se observa na Figura 5.17 apresentada a seguir, a configuração hidrográfica das quinze bacias de interesse revela que uma porção do Subdomínio IVa não pode ser qualificada por estas, o que, no entanto, não prejudicou os cálculos realizados. Ressalta-se ainda que a maioria das estações analisadas apresente porções que extrapolam os limites do Subdomínio IVa, tendo sido, portanto, computados somente os volumes interiores de cada uma das bacias em relação às áreas pertencentes a esse subdomínio.

Ainda do ponto de vista geológico, o conteúdo litológico das duas bacias avaliadas mostrou-se distribuído pelas seguintes tipologias: Lagoa do Jacaré, Lagoa do Jacaré, siltito, Lagoa do Jacaré, marga, Lagoa do Jacaré, calcário, Coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas, Serra do Catuni, Coberturas detrítico-lateríticas com concreções ferruginosas, Três Marias, Paraopeba, Depósitos Aluvionares, Sete Lagoas, Macaúbas, indiviso, Serra de Santa Helena, Jequitaí, Córrego dos Borges, Quartzitos, Urucuia, Lagoa Santa, Pedro Leopoldo, Belo Horizonte, Santa Luzia, Sete Lagoas - fácies 1, Batólito de Guanambi, Porteirinha, Depósitos aluvionares antigos e Drenagem.

A Tabela 5.28 apresentada abaixo indica os percentuais de distribuição de cada uma das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IVa.

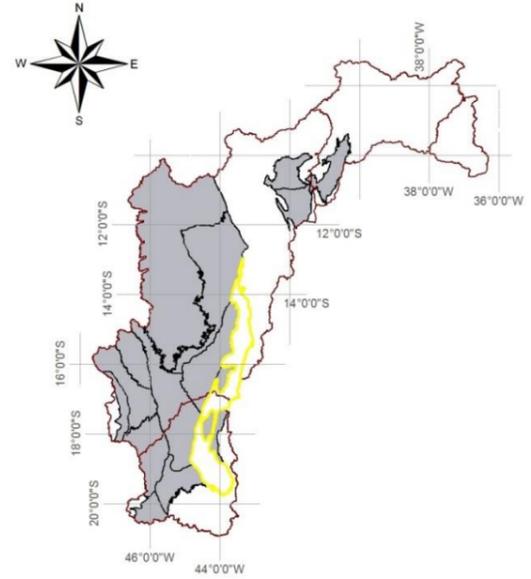
Subdomínio IVA – Grupo Bambuí indeformado a parcialmente deformado



Mapas de localização



Mapa de domínios de ocorrência de unidades carbonáticas



Legenda

- ◆ Estação fluviométrica
 - Sedes municipais
 - Zonas de descarga local
 - Zonas de descarga intermediária
- Subdomínio**
- Subdomínio IVA – Grupo Bambuí indeformado a parcialmente deformado
- Limite bacia hidrográfica**
- 44630000 - Capitão Eneás
 - 42100000 - Claro dos Poções
 - 44670000 - Colônia do Jaíba
 - 41890000 - Estação de Curimatai
 - 42145498 - Fazenda Umbrana - Montante
 - 41380000 - Ponte Preta
 - 40850000 - Ponte da Taquara
 - 41940000 - Ponte do Bicudo
 - 41650002 - Ponte do Licínio - Jusante
 - 41685000 - Ponte do Picão
 - 42187000 - Ponte dos Ciganos
 - 41780002 - Presidente Juscelino - Jusante
 - 41818000 - Santo Hipólito (ANA/CEMIG)
 - 41250000 - Vespasiano
 - 41990000 - Várzea da Palma

Figura 5.17: Mapa de localização das 15 bacias hidrográficas consideradas nos cálculos de recarga do Subdomínio IVa.

Tabela 5.28 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Subdomínio IVa.

GEOLOGIA DO SUBDOMÍNIO IVa			
Unidade Geológica	Área (km ²)	%	Tipologia Litológica
Lagoa do Jacaré	6068,03	17,44	Calcarenito, Siltito, Marga
Lagoa do Jacaré, siltito	19,80	0,06	Siltito, Calcário, Ardósia, Argilito
Lagoa do Jacaré, marga	1001,47	2,88	Marga, Siltito, Calcário
Lagoa do Jacaré, calcário	547,58	1,57	Calcário, Marga, Siltito
Coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas	8032,18	23,09	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte
Serra do Catuni	128,99	0,37	Metadiamicrito, Metassiltito, Quartzito, Formação ferrífera bandada (BIF'S)
Coberturas detrítico-lateríticas com concreções ferruginosas	677,92	1,95	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho
Três Marias	442,79	1,27	Arcóseo, Argilito, Siltito
Paraopeba	4683,39	13,46	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga
Depósitos aluvionares	753,08	2,16	Areia, Argila, Cascalho, Silte
Sete Lagoas	205,27	0,59	Rocha metapelítica, Dolomito
Macaúbas, indiviso	6,10	0,02	Metadiamicrito
Serra de Santa Helena	10000,28	28,75	Siltito, Folhelho, Marga
Jequitaiá	299,32	0,86	Diamictito, Arenito, Varvito, Marga
Córrego dos Borges	102,88	0,30	Filito, Metaconglomerado
Quartzitos	9,94	0,03	
Drenagem	107,14	0,31	
Urucuia	11,04	0,03	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado
Lagoa Santa	420,57	1,21	Calcarenito, Calcissiltito, Milonito, Brecha, Marga
Pedro Leopoldo	250,46	0,72	Calcissiltito, Micrito, Milonito, Marga, Calcarenito, Mármore calcítico
Belo Horizonte	1,99	0,01	Gnaiss, Granodiorito, Migmatito
Santa Luzia	3,94	0,01	Metagrauvaca, Rocha metapelítica, Aglomerado, Tufo lapíli, Metaconglomerado, Formação ferrífera bandada (BIF'S)
Sete Lagoas – Fácies 1	371,15	1,07	
Batólito de Guanambi	0,00	0,00	
Porteirinha	0,63	0,00	
Depósitos aluvionares antigos	642,59	1,85	Areia, Argila, Cascalho, Silte
Total	34788,53	100,00	

O mapa da Figura 5.18 mostra a distribuição dos tipos de rocha existentes no interior do subdomínio IVa, bem como sua inserção na bacia do rio São Francisco.

5.1.5.4.1 Resultados

De posse da análise dos hidrogramas de cada um das oito estações fluviométricas, pôde-se levantar os quantitativos referentes às descargas subterrâneas para cada tipologia litológica, bem como os valores médios de recarga anual e seus respectivos percentuais, quando considerada a média pluviométrica obtida pelas isoietas distribuídas em 15 estações no e em torno do subdomínio IVa. Esses valores ainda poderão sofrer ajustes quando da identificação e análise de subdomínios vizinhos, quando avaliadas as outras estações existentes.

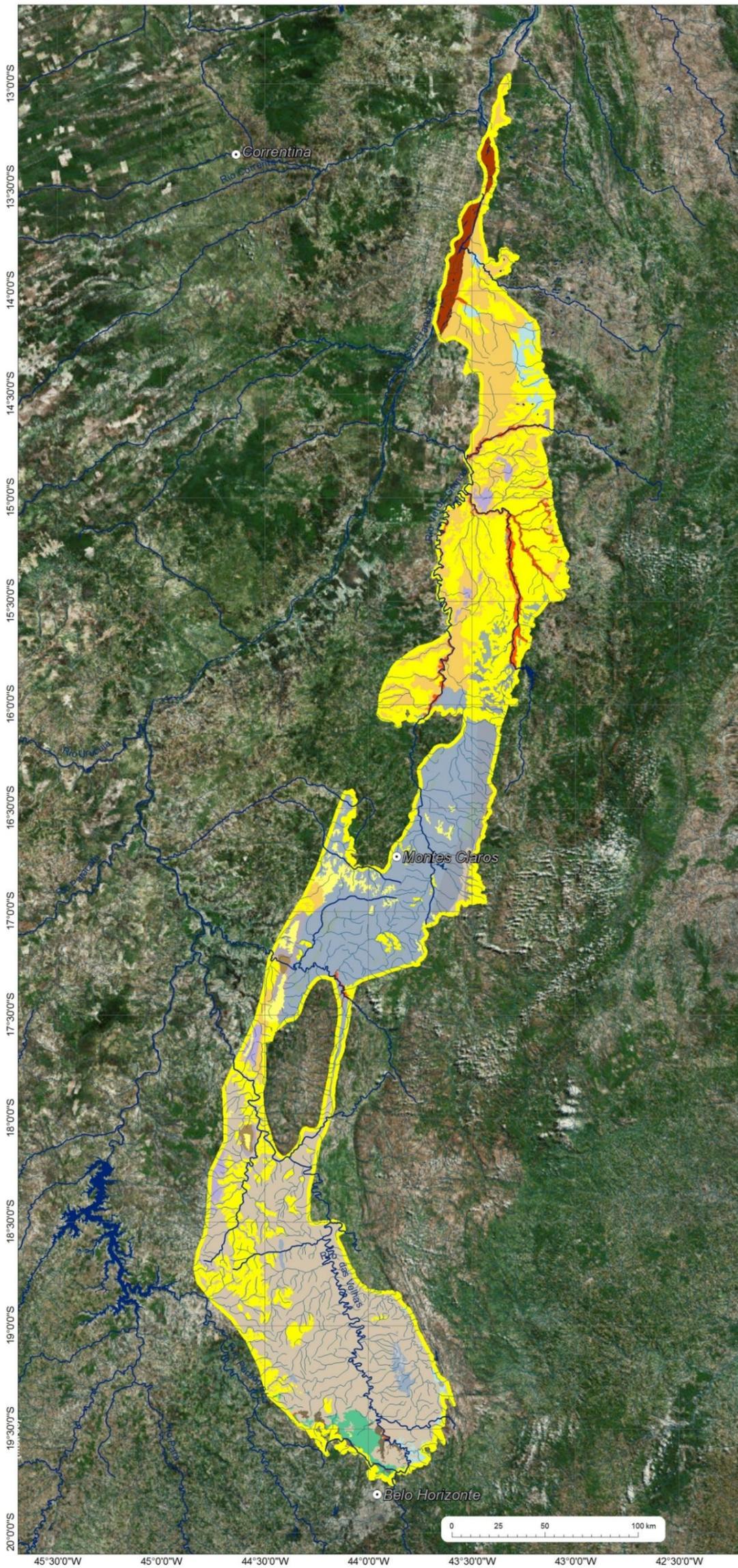
De posse da análise dos hidrogramas das 15 estações fluviométricas, pôde-se levantar, os quantitativos referentes às descargas subterrâneas para cada tipologia litológica.

Os hidrogramas de cada estação de interesse, os quais serviram para caracterizar os volumes médios que representam as descargas oriundas dos aquíferos permitem visualizar os traçados que representam os filtros adotados nos procedimentos metodológicos (Eckardt 2008), e servem ainda para identificar os volumes médios de referência (Filtros A e B) adotados como o valor de base assumido para o escoamento subterrâneo (recarga), considerando-se todo o período de medição de descargas de cada estação.

Considerando-se que cada tipologia litológica apresenta uma determinada característica hidrogeológica, ou seja, suas propriedades físicas intrínsecas permitem que sua capacidade de armazenamento de água seja variável (entre distintos tipos de rocha), o conjunto de rochas presentes numa dada bacia hidrográfica vai definir o potencial médio de água capaz de ser liberado no tempo, e no espaço físico da bacia hidrográfica, o que, por sua vez, definirá o volume de descarga específica média numa dada seção fluviométrica e, também, se for o caso, por tipologia litológica. Por isso, a análise ano a ano de cada hidrograma, segundo os métodos de aplicação de filtros para separação dos escoamentos superficial e subterrâneo, revela-se como ferramenta importante para o reconhecimento dessas descargas específicas médias, numa dada seção de interesse.

Os resultados finais de descarga subterrânea específica obtidos em cada estação são apresentados nas Tabelas 5.29 a 5.43 seguir.

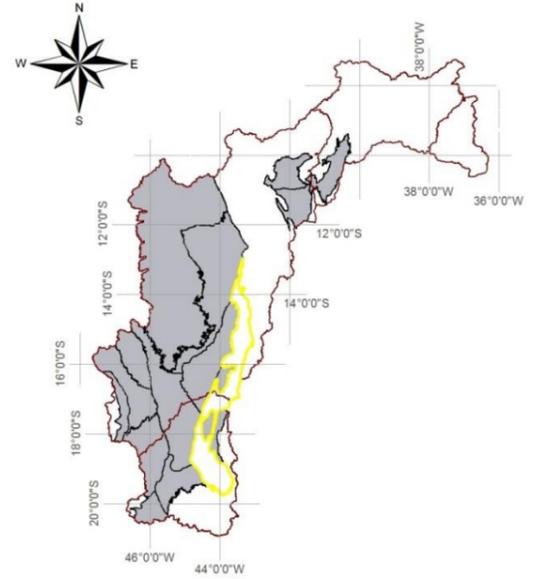
Subdomínio IVA – Grupo Bambuí indeformado a parcialmente deformado



Mapas de localização



Mapa de domínios de ocorrência de unidades carbonáticas



Legenda

- Sedes municipais
 - Zonas de descarga local
 - Zonas de descarga intermediária
- Subdomínio**
- Subdomínio IVA – Grupo Bambuí indeformado a parcialmente deformado
- Unidades Geológicas**
- Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas
 - Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas
 - Depósitos aluvionares
 - Depósitos aluvionares antigos
 - Grupo Uruçua
 - Subgrupo Paraopeba
 - Formação Sete Lagoas - fácies 1
 - Formação Jequitai
 - Formação Lagoa do Jacaré
 - Formação Lagoa do Jacaré, calcário
 - Formação Lagoa do Jacaré, marga
 - Formação Lagoa do Jacaré, siltito
 - Formação Três Marias
 - Formação Serra do Catuni
 - Grupo Macaúbas Indiviso - Metassiltito
 - Grupo Quartzitos
 - Formação Serra de Santa Helena
 - Formação Sete Lagoas
 - Membro Lagoa Santa
 - Membro Pedro Leopoldo
 - Formação Santa Luzia
 - Grupo Porteirinha
 - Complexo Belo Horizonte
 - Formação Córrego dos Borges
 - Batólito de Guanambi

Figura 5.18: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IVA.

Tabela 5.29 – Áreas e valores de vazão para a estação Capitão Enéas.

Estação Capitão Enéas	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	1761,648	49,746	0,501	882,612	0,51
Lagoa do Jacaré, siltito	Siltito, Calcário, Ardósia, Argilito	23,014	0,6499	0,301	6,918	
Quartzitos		9,055	0,2557	0,363	3,289	
Lagoa do Jacaré, marga	Marga, Siltito, Calcário	449,755	12,7	0,301	135,201	
Lagoa do Jacaré, calcário	Calcário, Marga, Siltito	800,601	22,607	0,676	541,502	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	172,251	4,864	0,589	101,402	
Serra do Catuni	Metadiamicrito, Metassiltito, Quartzito, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	102,632	2,8981	0,363	37,280	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	105,215	2,9711	0,752	79,071	
Serra Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	107,458	3,0344	0,150	16,151	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	2,638	0,0745	1,002	2,643	
Drenagem		7,047	0,199	0,000	0,000	

Tabela 5.30 – Áreas e valores de vazão para a estação Claro dos Poções.

Estação Claro dos Poções	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	362,598	81,094	2,179	790,237	2,313
Lagoa do Jacaré, calcário	Calcário, Marga, Siltito	16,856	3,770	2,724	45,920	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	54,018	12,081	3,269	176,589	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	13,660	3,055	1,580	21,583	

Tabela 5.31 – Áreas e valores de vazão para a estação Colônia do Jaíba.

Estação Colônia do Jaíba	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	2909,696	23,899	0,465	1353,751	0,482
Lagoa do Jacaré, siltito	Siltito, Calcário, Ardósia, Argilito	744,642	6,116	0,233	173,225	
Quartzitos		29,213	0,240	0,337	9,854	
Serra do Catuni	Metassiltito	33,871	0,278	0,337	11,425	
Riacho dos Machados	Xisto, Ortoanfíbolito	0,498	0,004	0,081	0,041	
Lagoa do Jacaré, marga	Marga, Siltito, Calcário	937,197	7,698	0,279	261,621	
Rio Gorutuba	Granodiorito, Granito	13,572	0,111	0,186	2,526	
Urucuaia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	753,660	6,190	0,756	569,797	
Lagoa do Jacaré, calcário	Calcário, Marga, Siltito	2146,937	17,634	0,628	1348,481	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	2070,560	17,007	0,547	1131,923	
Serra do Catuni	Metadiamicítico, Metassiltito, Quartzito, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	307,575	2,526	0,337	103,748	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	221,215	1,817	0,698	154,382	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	21,563	0,177	0,174	3,762	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	110,689	0,909	0,140	15,450	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	1705,038	14,004	0,337	575,126	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	162,112	1,332	0,931	150,847	
Drenagem		7,047	0,058	0,000	0,000	

Tabela 5.32 – Áreas e valores de vazão para a estação Curimataí.

Estação Curimataí	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	100,309	7,312	7,245	726,772	2,934
Jequitai	Diamictito, Arenito, Varvito, Tilito	43,301	3,157	3,780	163,685	
Macaúbas indiviso - Quartzito	Quartzito, Metassiltito	3,819	0,278	3,780	14,438	
Galho do Miguel	Argilito	389,288	28,378	1,575	613,159	
Córrego Bandeira	Filito, Metassiltito	17,344	1,264	1,260	21,854	
Santa Rita	Metassiltito, Filito	72,609	5,293	1,575	114,364	
São João da Chapada		0,078	0,006	4,410	0,344	
Macaúbas, indiviso	Metadiamictito	53,121	3,872	3,150	167,339	
Córrego dos Borges	Filito, Metaconglomerado	179,693	13,099	1,575	283,030	
Córrego Pereira	Mica quartzito, Quartzito	2,590	0,189	4,568	11,829	
Lagoa do Jacaré, calcário	Calcário, Marga, Siltito	144,368	10,524	7,875	1136,957	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	1,186	0,086	7,403	8,782	
Macaúbas Indiviso - Metassiltito	Metassiltito, Xisto, Quartzito	2,984	0,218	4,095	12,221	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	6,802	0,496	1,890	12,857	
Sopa-Brumadinho	Metaconglomerado, Arenito, Rocha pelítica	0,379	0,028	5,355	2,032	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	316,466	23,070	1,764	558,274	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	37,455	2,730	4,725	176,984	

Tabela 5.33 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Umburana.

Estação Fazenda Umburana – Montante	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	3234,562	47,448	2,595	8394,830	1,992
Jequitaiá	Diamictito, Arenito, Varvito, Tilito	289,434	4,246	1,254	363,072	
Macaúbas indiviso - Quartzito	Quartzito, Metassiltito	34,439	0,505	1,254	43,201	
Galho do Miguel	Argilito	953,187	13,982	0,519	494,772	
Santa Rita	Metassiltito, Filito	93,597	1,373	1,254	117,410	
Duas Barras	Metarenito, Metaconglomerado	1,047	0,015	1,254	1,313	
Córrego dos Borges	Filito, Metaconglomerado	193,236	2,835	0,303	58,510	
Lagoa do Jacaré, calcário	Calcário, Marga, Siltito	563,375	8,264	2,163	1218,465	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	281,458	4,129	2,033	572,212	
Macaúbas indiviso - Metassiltito	Metassiltito, Xisto, Quartzito	32,150	0,472	1,038	33,376	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	586,043	8,597	2,595	1520,988	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	52,232	0,766	0,649	33,890	
Sopa-Brumadinho	Metaconglomerado, Arenito, Rocha pelítica	19,212	0,282	1,298	24,931	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	66,395	0,974	0,433	28,720	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	349,604	5,128	1,254	438,551	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	67,041	0,983	3,460	231,993	

Tabela 5.34 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte Preta.

Estação Ponte Preta	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	0,061	0,011	15,912	0,970	4,893
Macaúbas indiviso - Quartzito	Quartzito, Metassiltito	24,701	4,288	8,302	205,067	
Galho do Miguel	Argilito	8,881	1,542	9,686	86,016	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	15,959	2,771	16,604	264,984	
Macaúbas, indiviso	Metadiamicrito	22,967	3,987	6,918	158,890	
Sopa-Brumadinho	Metaconglomerado, Arenito, Rocha pelítica	17,360	3,014	11,761	204,170	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	470,373	81,662	3,874	1822,352	
Belo Horizonte	Gnaisse, Granodiorito, Migmatito	15,697	2,725	4,843	76,017	

Tabela 5.35 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte da Taquara.

Estação Ponte da Taquara	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	44,646	5,062	17,492	780,947	7,260
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	148,712	16,862	3,498	520,256	
Lagoa Santa	Calcarenito, Calcissiltito, Milonito, Brecha, Marga	16,843	1,910	20,291	341,751	
Pedro Leopoldo	Calcissiltito, Micrito, Milonito, Marga, Calcarenito, Mármore calcítico	34,388	3,899	18,891	649,635	
Belo Horizonte	Gnaisse, Granodiorito, Migmatito	631,004	71,549	6,297	3973,527	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	6,324	0,717	25,189	159,302	

Tabela 5.36 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte do Bicudo.

Estação Ponte do Bicudo	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Jequitai	Diamictito, Arenito, Carvito, Tilito	11,132	0,547	3,298	36,715	3,311
Córrego dos Borges	Filito, Metaconglomerado	11,427	0,562	1,374	15,703	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	506,304	24,902	6,459	3270,243	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	67,110	3,301	8,246	553,362	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Silito	408,300	20,081	1,649	673,334	
Serra de Santa Helena	Silito, folhelho, Marga	1026,148	50,469	1,539	1579,423	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Silito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	2,800	0,138	4,123	11,544	

Tabela 5.37 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte do Licínio.

Estação Ponte do Licínio	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Itabirito, Dolomito, Filito	121,638	1,151	15,063	1832,277	6,496
Cauê	Xisto, Metagrauvaca, Metatufo	93,785	0,887	17,323	1624,622	
Sabará	Quartzito ferruginoso, Filito, Dolomito	132,062	1,249	2,636	348,126	
Cercadinho	Metarenito, Rocha metapelítica, Metagrauvaca, Rocha calcissilicática	64,758	0,613	12,051	780,382	
Nova Lima, associação resedimentada	Siltito, Calcário, Ardósia, Argilito	718,278	6,796	6,025	4327,855	
Lagoa do Jacaré, siltito	Argilito	12,250	0,116	8,285	101,488	
Galho do Miguel	Rocha metapelítica, Dolomito	29,746	0,281	6,778	201,632	
Sete Lagoas	Metadiamictito	110,696	1,047	14,310	1584,071	
Macaúbas, indiviso	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila	23,242	0,220	7,532	175,054	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Rocha metaultramáfica, Rocha metamáfica	265,728	2,514	17,699	4703,227	
Rochas metaultramáficas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	2,046	0,019	3,013	6,163	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Metaconglomerado, Arenito, Rocha pelítica	18,257	0,173	18,829	343,769	
Sopa-Brumadinho	Siltito, Folhelho, Marga	64,544	0,611	12,804	826,406	
Serra de Santa Helena	Calcarenito, Calcissiltito, Milonito, Brecha, Marga	4972,312	47,045	4,218	20971,853	
Lagoa Santa	Rocha metapelítica, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	404,743	3,829	21,842	8840,308	
Associação química-pelítica-Nova Lima	Filito, Metaconglomerado	45,927	0,435	4,218	193,706	
Caraça	Dolomito, Mármore, Itabirito, Filito	135,896	1,286	4,519	614,114	

Tabela 5.37 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte do Licínio – Continuação.

Estação Ponte do Licínio	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
Gandarela	Conglomerado, Arenito conglomerático, Arenito, Diamictito, Lamito	60,845	0,576	15,063	916,523	
Depósitos aluvionais e coluviais	Calcissiltito, Micrito, Milonito, Marga, Calcarenito, Mármore calcítico	5,702	0,054	27,114	154,602	
Pedro Leopoldo	Granito, Granito gnaisse, Granodiorito	225,342	2,132	15,063	3394,390	
Caeté	Itabirito, Dolomito, Xisto, Filito	284,503	2,692	5,272	1499,945	
Itabira	Gnaisse, Granodiorito, Migmatito	35,259	0,334	15,063	531,121	
Belo Horizonte	Serpentinito, Metagabro, Xisto	1595,364	15,094	5,272	8411,011	
Nova Lima, associação vulcânica máfica-ultramáfica	Filito, Dolomito, Xisto	232,865	2,203	3,013	701,544	
Piracicaba	Granito	182,762	1,729	3,766	688,251	
Coelho	Filito, xisto, Quartzito ferruginoso, Metaconglomerado	3,005	0,028	5,272	15,842	
Cambotas	Monzonito	11,338	0,107	6,025	23,722	
Santa Luzia	Metagrauvaca, Rocha metapelítica, Aglomerado, Tufo lapíli, Metaconglomerado, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	3,937	0,037	6,025	23,722	
Nova Lima, associação vulcanoclástica		63,407	0,600	7,532	477,559	
Santa Paula	Granito	1,384	0,013	0,000	0,000	
General Carneiro	Metaconglomerado	5,036	0,048	5,272	26,550	
Maquiné, associação aluvionar	Filito, Metaconglomerado	101,092	0,956	8,285	837,530	
Itacolomi	Rocha metapelítica, Metagrauvaca, Metarenito, Metaconglomerado	1,833	0,017	4,519	8,285	
Maquiné, associação costeira	Filito, Dolomito, Quartzito, Mármore dolomítico	3,815	0,036	9,791	37,349	

Tabela 5.37 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte do Licínio – Continuação.

Estação Ponte do Licínio	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
Fecho do funil	Gnaisse	45,395	0,430	5,272	239,330	
Bonfim	Quartzito	0,158	0,001	6,025	0,950	
Tabuões	Granito, Granodiorito	18,902	0,179	9,038	170,840	
Bação	Tonalito	409,009	3,870	6,025	2464,410	
Samambaia	Xisto, Rocha metamáfica, Metagrauvaca, Calcissiltito, Formação ferrífera bandada (BIF'S), Metachert, Rocha metaultramáfica	0,006	0,000	6,025	0,036	
Nova Lima	Areia, Argila, Cascalho, Silte	27,175	0,257	3,766	102,336	
Depósitos aluvionares		7,471	0,071	27,114	202,565	
Drenagem	Quartzito, Metasiltito	3,020	0,029	0,000	0,000	
Macaúbas indiviso - Quartzito		24,701	0,234	8,302	205,067	

Tabela 5.38 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte do Picão.

Estação Ponte do Picão	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	25,472	3,006	2,579	65,685	1,423
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	238,220	28,109	3,139	747,845	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	583,786	68,885	0,673	392,717	

Tabela 5.39 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte dos Ciganos.

Estação Ponte dos Ciganos	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	815,146	59,395	1,842	1501,815	2,242
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	233,507	17,014	2,994	699,092	
Lagoa do Jacaré, calcário	Calcário, Marga, Siltito	43,515	3,171	2,303	100,215	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	4,030	0,294	2,165	8,725	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	272,337	19,844	2,764	752,625	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	0,056	0,004	1,336	0,075	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	3,818	0,278	3,685	14,070	

Tabela 5.40 – Áreas e valores de vazão para a estação Presidente Juscelino.

Estação Presidente Juscelino	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	117,756	2,948	14,834	1746,801	6,209
Lagoa do Jacaré, siltito	Siltito, Calcário, Ardósia, Argilito	7,551	0,189	7,417	56,002	
Macaúbas indiviso - Quartzito	Quartzito, Metassiltito	42,412	1,062	8,091	343,171	
Galho do Miguel	Argilito	647,812	16,217	6,743	4368,039	
Córrego Bandeira	Filito, Metassiltito	45,480	1,139	2,697	122,665	
Costa Sena	Xisto, Granito, Gnaiss, Metavulcânica máfica, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	210,197	5,262	4,720	992,116	
Santa Rita	Metassiltito, Filito	220,017	5,508	3,371	741,761	
São João da Chapada		27,023	0,677	9,440	255,097	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	129,233	3,235	11,463	1481,360	
Macaúbas, indiviso	Metadiamictito	186,165	4,661	6,743	1255,267	
Córrego dos Borges	Filito, Metaconglomerado	228,688	5,725	3,371	770,995	
Pedro Lessa	Metagabro	41,854	1,050	3,371	141,442	
Gouveia	Granitóide, Gnaiss	425,279	10,647	4,720	2007,285	
Campo Sampaio	Rocha metapelítica	90,406	2,263	6,743	609,587	
Pedro Pereira	Rocha metamáfica, Xisto, Rocha metaultramáfica, Metavulcânica félsica, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	2,319	0,058	4,720	10,947	
Sopa-Brumadinho	Metaconglomerado, Arenito, Rocha pelítica	421,028	10,540	11,463	4826,104	
Itambé do Mato Dentro	Filito, Metaconglomerado	7,906	0,198	6,068	47,980	
Rio Preto – Nível fosfatado	Quartzito, Sericita xisto	6,570	0,164	8,091	53,163	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho	928,329	23,240	3,776	3505,315	
Serra do Lobo	Marga	68,827	1,723	8,091	556,903	
Rio Preto	Xisto	2,298	0,058	4,720	10,847	
Belo Horizonte	Gnaiss, Granodiorito, Migmatito	0,426	0,011	4,720	2,012	
Soleiras e diques máficos	Metadiabásio	101,286	2,536	2,023	204,884	
Sopa-Brumadinho, formação ferrífera	Formação ferrífera bandada (BIF'S), Quartzito	0,296	0,007	16,857	4,995	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	31,808	0,796	21,577	686,307	
Drenagem		3,459	0,087	0,000	0,000	

Tabela 5.41 – Áreas e valores de vazão para a estação Santo Hipólito.

Estação Presidente Juscelino	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	561,603	3,376	14,159	7951,546	5,827
Galho do Miguel	Argilito	716,709	4,309	9,010	6457,589	
Córrego Bandeira	Filito, Metassiltito	76,684	0,461	2,574	197,409	
Santa Rita	Metassiltito, Filito	254,241	1,528	3,218	818,116	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	245,005	1,473	10,941	2680,545	
Macaúbas, indiviso	Metadiamiclito	275,319	1,655	6,436	1771,888	
Córrego dos Borges	Filito, Metaconglomerado	311,134	1,870	3,218	1001,191	
Córrego Pereira	Mica quartzito, Quartzito	7,431	0,045	9,332	69,344	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	515,348	3,098	15,124	7794,128	
Rio Pardo Grande	Metassiltito	15,941	0,096	5,149	82,072	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho	7116,781	42,784	3,604	25649,041	
Soleiras e diques máficos	Metadiabásio	102,471	0,616	1,931	197,843	
Cauê	Itabirito, Dolomito, Filito	93,785	0,564	17,323	1624,622	
Sabará	Xisto, Metagrauvaca, Metatufo	132,062	0,794	2,636	348,126	
Cercadinho	Quartzito ferruginoso, Filito, Dolomito	64,758	0,389	12,051	780,382	
Nova Lima, associação resedimentada	Metarenito, Rocha metapelítica, Metagrauvaca, Rocha calcissilicática	718,278	4,318	6,025	4327,855	
Lagoa do Jacaré, siltito	Siltito, Calcário, Ardósia, Argilito	19,800	0,119	8,285	164,043	
Rochas metaultramáficas	Rocha metaultramáfica, Rocha metamáfica	2,046	0,012	3,013	6,163	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	18,257	0,110	18,829	343,769	
Sopa-Brumadinho	Metaconglomerado, Arenito, Rocha pelítica	485,571	2,919	12,804	6217,164	
Lagoa Santa	Calcarenito, Calcissiltito, Milonito, Brecha, Marga	404,743	2,433	21,842	8840,308	
Associação química-pelítica-Nova Lima	Rocha metapelítica, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	45,927	0,276	4,218	193,706	
Caraça	Filito, Metaconglomerado	135,896	0,817	4,519	614,114	
Gandarela	Dolomito, Mármore, Itabirito, Filito	60,845	0,366	15,063	916,523	
Depósitos aluvionares e colúviais	Conglomerado, Arenito conglomerático, Arenito, Diamictito, Lamito	5,702	0,034	27,114	154,602	
Pedro Leopoldo	Calcissiltito, Micrito, Milonito, Marga, Calcarenito, Mármore calcítico	225,342	1,355	15,063	3394,390	
Caeté	Granito, Granito gnaisse, Granodiorito	284,503	1,710	5,272	1499,945	
Itabira	Itabirito, Dolomito, Xisto, Filito	35,259	0,212	15,063	531,121	
Belo Horizonte	Gnaisse, Granodiorito, Migmatito	1595,790	9,593	5,272	8413,259	
Nova Lima, associação vulcânica máfica-ultramáfica	Serpentinito, Metagabro, Xisto	232,865	1,400	3,013	701,544	
Piracicaba	Filito, Dolomito, Xisto	182,762	1,099	3,766	688,251	
Coelho	Granito	3,005	0,018	5,272	15,842	
Cambotas	Filito, Xisto, Quartzito ferruginoso, Metaconglomerado	11,338	0,068	6,025	68,313	
Santa Luzia	Monzonito	3,937	0,024	6,025	23,722	

Tabela 5.41 – Áreas e valores de vazão para a estação Santo Hipólito – Continuação.

Estação Presidente Juscelino	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Nova Lima, associação vulcanoclástica	Metagrauvaca, Rocha metapelítica, Aglomerado, Tufo lapíli, Metaconglomerado, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	63,407	0,381	7,532	477,559	
Santa Paula		1,384	0,008	0,000	0,000	
General Carneiro	Granito	5,036	0,030	5,272	26,550	
Maquiné, associação aluvionar	Metaconglomerado	101,092	0,608	8,285	837,530	
Itacolomi	Filito, Metaconglomerado	1,833	0,011	4,519	8,285	
Maquiné, associação costeira	Rocha metapelítica, Metagrauvaca, Metarenito, Metaconglomerado	3,815	0,023	9,791	37,349	
Fecho do Funil	Filito, Dolomito, Quartzito, Mármore dolomítico	45,395	0,273	5,272	239,330	
Bonfim	Gnaisse	0,158	0,001	6,025	0,950	
Tabuões	Quartzito	18,902	0,114	9,038	170,840	
Bação	Granito, Granodiorito	409,009	2,459	6,025	2464,410	
Samambaia	Tonalito	0,006	0,000	6,025	0,036	
Nova Lima	Xisto, Rocha metamáfica, Metagrauvaca, Calcissiltito, Formação ferrífera bandada (BIF'S), Metachert, Rocha metaultramáfica	27,175	0,163	3,766	102,336	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	39,278	0,236	27,114	1064,995	
Drenagem		6,478	0,039	0,000	0,000	
Macaúbas indiviso - Quartzito	Quartzito, Metassiltito	67,113	0,403	8,091	543,034	
Costa Sena	Xisto, Granito, Gnaisse, Metavulcânica máfica, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	210,197	1,264	4,720	992,116	
São João da Chapada		27,023	0,162	9,440	255,097	
Pedro Lessa	Metagabro	41,954	0,252	3,371	141,442	
Gouveia	Granitóide, Gnaisse	425,279	2,557	4,720	2007,285	
Campo Sampaio	Rocha metapelítica	90,406	0,543	6,743	609,587	
Pedro Pereira	Rocha metamáfica, Xisto, Rocha metaultramáfica, Metavulcânica félsica, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	2,319	0,014	4,720	10,947	
Itambé do Mato Dentro	Filito, Metaconglomerado	7,906	0,048	6,068	47,980	
Rio Preto – Nível fosfatado	Quartzito, Sericita xisto	6,570	0,039	8,091	53,163	
Serra do Lobo	Marga	68,827	0,414	8,091	556,903	
Rio Preto	Xisto	2,298	0,014	4,720	10,847	
Sopa-Brumadinho, formação ferrífera	Formação ferrífera bandada (BIF'S), Quartzito	0,296	0,002	16,857	4,995	

Tabela 5.42 – Áreas e valores de vazão para a estação Vespasiano.

Estação Vespasiano	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	1,719	0,238	12,963	22,288	5,443
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	14,931	2,065	2,593	38,711	
Lagoa Santa	Calcarenito, Calcissiltito, Milonito, Brecha, Marga	98,242	13,587	12,963	1273,516	
Pedro Leopoldo	Calcissiltito, Micrito, Milonito, Marga, Calcarenito, Mármore calcítico	73,991	10,233	10,198	754,527	
Belo Horizonte	Gnaisse, Granodiorito, Migmatito	534,182	73,877	3,457	1846,558	

Tabela 5.43 – Áreas e valores de vazão para a estação Várzea da Palma.

Estação Várzea da Palma	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	1181,380	4,455	10,673	12609,343	4,915
Jequitáí	Diamictito, Arenito, Carvito, Tilito	218,307	0,823	5,569	1215,691	
Galho do Miguel	Argilito	2342,320	8,833	6,497	15217,714	
Córrego Bandeira	Filito, Metassiltito	143,545	0,541	1,856	266,455	
Costa Sena	Xisto, Granito, Gnaiss, Metavulcânica máfica, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	228,096	0,860	3,248	740,953	
Santa Rita	Metassiltito, Filito	539,200	2,033	2,320	1251,109	
São João da Chapada		89,672	0,338	6,497	582,586	
Macaúbas, indiviso	Metadiamictito	409,279	1,543	4,641	1899,306	
Córrego dos Borges	Filito, Metaconglomerado	778,804	2,937	2,320	1807,064	
Córrego Pereira	Mica quartzito, Quartzito	308,566	1,164	6,729	2076,303	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	1739,909	6,561	10,905	18974,463	
Gouveia	Granitóide, Gnaiss	428,453	1,616	3,248	1391,798	
Rio Pardo Grande	Metassiltito	151,070	0,570	3,712	560,846	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	481,037	1,814	13,922	6696,918	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	820,268	3,093	2,784	2283,928	
Sopa-Brumadinho	Metaconglomerado, Arenito, Rocha pelítica	593,261	2,237	7,889	4680,256	
Serra de Santa Helena	Siltito, folhelho, Marga	10045,964	37,884	2,599	26106,868	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	179,454	0,677	6,961	1249,163	
Soleiras e diques máficos	Metadiabásico	135,988	0,513	1,392	189,320	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	76,617	0,289	16,706	1279,972	
Macaúbas indiviso - Quartzito	Quartzito, Metassiltito	70,933	0,276	3,780	268,138	
Lagoa do Jacaré, calcário	Calcário, Marga, Siltito	144,368	0,544	7,875	1136,957	
Macaúbas indiviso - Metassiltito	Metassiltito, Xisto, Quartzito	2,984	0,011	4,095	12,221	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	245,005	0,924	10,941	2680,545	
Cauê	Itabirito, Dolomito, Filito	93,785	0,354	17,323	1624,622	
Sabará	Xisto, Metagrauvaca, Metatufo	132,062	0,498	2,636	348,126	

Tabela 5.43 – Áreas e valores de vazão para a estação Várzea da Palma – Continuação.

Estação Várzea da Palma	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Cercadinho	Quartzito ferruginoso, Filito, Dolomito	64,758	0,244	12,051	780,382	
Nova Lima, associação resedimentada	Metarenito, Rocha metapelítica, Metagrauvaca, Rocha calcissilicática	718,278	2,709	6,025	4327,855	
Lagoa do Jacaré, Siltito	Siltito, Calcário, ardósia, Argilito	19,800	0,075	8,285	164,043	
Rochas metaultramáficas	Rocha metaultramáfica, Rocha metamáfica	2,046	0,008	3,013	6,163	
Lagoa Santa	Calcarenito, Calcissiltito, Milonito, Brecha, Marga	404,743	1,526	21,842	8840,308	
Associação química-pelítica-Nova Lima	Rocha metapelítica, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	45,927	0,173	4,218	193,706	
Caraça	Filito, Metaconglomerado	135,896	0,512	4,519	614,114	
Gandarela	Dolomito, Mármore, Itabirito, Filito	60,845	0,229	15,063	916,523	
Depósitos aluvionares e coluviais	Conglomerado, Arenito conglomerático, Arenito, Diamictito, Lamito	5,702	0,022	27,114	154,602	
Pedro Leopoldo	Calcissiltito, Micrito, Milonito, Marga, Calcarenito, Mármore calcítico	225,342	0,850	15,063	3394,390	
Caeté	Granito, Granito gnaissé, Granodiorito	284,503	1,073	5,272	1499,945	
Itabira	Itabirito, Dolomito, Xisto, Filito	35,259	0,133	15,063	531,121	
Belo Horizonte	Gnaissé, Granodiorito, Migmatito	1595,790	6,018	5,272	8413,259	
Nova Lima, associação vulcânica máfica-ultramáfica	Serpentinito, Metagabro	232,865	0,878	3,013	701,54	
Piracicaba	Filito, Dolomito, Xisto	182,762	0,689	3,766	688,251	
Coelho	Granito	3,005	0,011	5,272	15,842	
Cambotas	Filito, Xisto, Quartzito ferruginoso, Metaconglomerado	11,338	0,043	6,025	68,313	
Santa Luzia	Monzonito	3,937	0,015	6,025	23,722	
Nova Lima, associação vulcanoclástica	Metagrauvaca, Rocha metapelítica, Aglomerado, Tufo lapilli, Metaconglomerado, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	63,407	0,239	7,532	477,559	
Santa Paula		1,384	0,005	0,000	0,000	
General Carneiro	Granito	5,036	0,019	5,272	26,550	
Maquiné, associação aluvionar	Metaconglomerado	101,092	0,381	8,285	837,530	
Itacolomi	Filito, Metaconglomerado	1,833	0,007	4,519	8,285	
Maquiné, associação costeira	Rocha metapelítica, Metagrauvaca, Metarenito, Metaconglomerado	3,815	0,014	9,791	37,349	
Fecho do Funil	Filito, Dolomito, Quartzito, Mármore dolomítico	45,395	0,171	5,272	239,330	
Bonfim	Gnaissé	0,158	0,001	6,025	0,950	
Tabuões	Quartzito	18,902	0,071	9,038	170,840	

Tabela 5.43 – Áreas e valores de vazão para a estação Várzea da Palma – Continuação.

Estação Várzea da Palma	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Bação	Granito, Granodiorito	409,009	1,543	6,025	2464,410	
Samambaia	Tonalito	0,006	0,000	6,025	0,036	
Nova Lima	Xisto, Rocha metamáfica, Metagrauvaca, Calcissilito, Formação ferrífera bandada (BIF'S), Metachert, Rocha metaultramáfica	27,175	0,102	3,766	102,336	
Drenagem		6,478	0,024	0,000	0,000	
Pedro Lessa	Metagabro	41,954	0,158	3,371	141,442	
Campo Sampaio	Rocha metapelítica	90,406	0,341	6,743	609,587	
Pedro Pereira	Rocha metamáfica, Xisto, Rocha metaultramáfica, Metavulcânica félsica, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	2,319	0,009	4,720	10,947	
Itambé do Mato Dentro	Filito, Metaconglomerado	7,906	0,030	6,068	47,980	
Rio Preto – Nível fosfatado	Quartzito, Sericita xisto	6,570	0,025	8,091	53,163	
Serra do Lobo	Metaconglomerado	68,827	0,260	8,091	556,903	
Rio Preto	Xisto	2,298	0,009	4,720	10,847	
Sopa-Brumadinho, formação ferrífera	Formação ferrífera bandada (BIF'S), Quartzito	0,286	0,001	16,857	4,995	

5.1.5.4.2 Considerações finais

Diante dos valores encontrados para as recargas dos aquíferos contidos no Subdomínio IVa, verifica-se a partir da Tabela 5.44, apresentada a seguir que o valor médio da Vazão subterrânea específica é de 4,81 L/s.km², variando entre 0,18 L/s.km² e 19,58 L/s.km² e em termos médios anuais, a média geral da recarga média anual para o Subdomínio IVa corresponde cerca de 122,44 mm/ano.

Tabela 5.44 – Resultados de recarga encontrados para o Subdomínio IVa.

Unidade	Área (km ²)	Vazão mínima ponderada por litologia (L/s)	Vazão subterrânea específica média (L/s.km ²)	Recarga média anual (mm/ano)
Lagoa do Jacaré	6068,03	27543,59	4,54	143,15
Lagoa do Jacaré, siltito	19,8	125,29	6,33	199,54
Lagoa do Jacaré, marga	1001,47	295,32	0,29	9,30
Lagoa do Jacaré, calcário	547,58	660,10	1,21	38,02
Coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas	8032,18	2285,65	0,28	8,97
Serra do Catuni	128,99	43,51	0,34	10,64
Coberturas detrítico-lateríticas com concreções ferruginosas	677,92	4309,42	6,36	200,47
Três Marias	442,79	787,50	1,78	56,09
Paraopeba	4683,39	1396,87	0,30	9,41
Depósitos aluvionares	753,08	738,74	0,98	30,94
Sete Lagoas	205,27	2701,34	13,16	415,00
Macaúbas, indiviso	6,1	41,13	6,74	212,64
Serra de Santa Helena	10000,28	34854,18	3,49	109,91
Jequitaiá	299,32	398,88	1,33	42,03
Córrego dos Borges	102,88	117,96	1,15	36,16
Quartzitos	9,94	1,80	0,18	5,73
Drenagem	107,14	0,00	0,00	0,00
Urucuia	11,04	92,99	8,42	265,57
Lagoa Santa	420,57	8234,30	19,58	617,44
Pedro Leopoldo	250,46	3527,51	14,08	444,16
Belo Horizonte	1,99	8,75	4,39	138,38
Santa Luzia	3,94	23,72	6,03	190,01
Sete Lagoas – Fácies 1	371,15	0,00	0,00	0,00
Batólito de Guanambi	0	0,00	0,00	0,00
Porteirinha	0,63	0,00	0,00	0,00
Depósitos aluvionares antigos	642,59	0,00	0,00	0,00
				122,44

5.1.5.5 Zoneamento da exploração no Subdomínio IVa

O zoneamento da exploração é considerado fundamental para a gestão do aquífero e para cumprir essa finalidade foi adotado o seguinte procedimento:

- O ponto de partida para o *zoneamento da exploração* foi a inserção da área do Subdomínio IVa, em estudo, no interior de um retângulo compreendido entre os paralelos de 43°W e 45°W e entre os meridianos de 12°30'S e 20°S, no qual foi feita uma partição em células quadradas de 30' de lado, com área aproximadamente de 3025 km² (55 km x 55 km),

conforme Figura 5.19. Globalmente, o Subdomínio IVa, com área de 34801,2 km², foi recoberto por 33 células com áreas variáveis de 10,9 a 2694,4 km².

- Foi então realizado um balanço tendo como vazão de entrada em cada célula a recarga média avaliada por sub-bacia (Tabela 5.45) e como descarga de saída, a vazão informada no cadastro de usuários realizado em 2014 na área do projeto. Verificou-se que o número de poços existentes em condições de operação em cada célula varia bastante estando concentrados principalmente nas células R09, Q09 e W07. Isto permitiu obter o mapa de zoneamento da exploração do aquífero em 2014 (Figura 5.19). Esse mapa revela que apenas nas células Q10, R09 e S09 ocorrem déficit hídrico, em todas as outras há excedente hídrico e que as retiradas são bem inferiores à recarga.
- Essa conclusão baseada em vazão informada sugere que não há motivos para preocupação nesse subdomínio, notadamente porque a julgar pelo índice de concentração de poços, o resultado é consistente com a realidade.
- Neste sentido, não há prioridade para implementação de um programa de monitoramento automático de níveis e descargas de poços neste subdomínio.

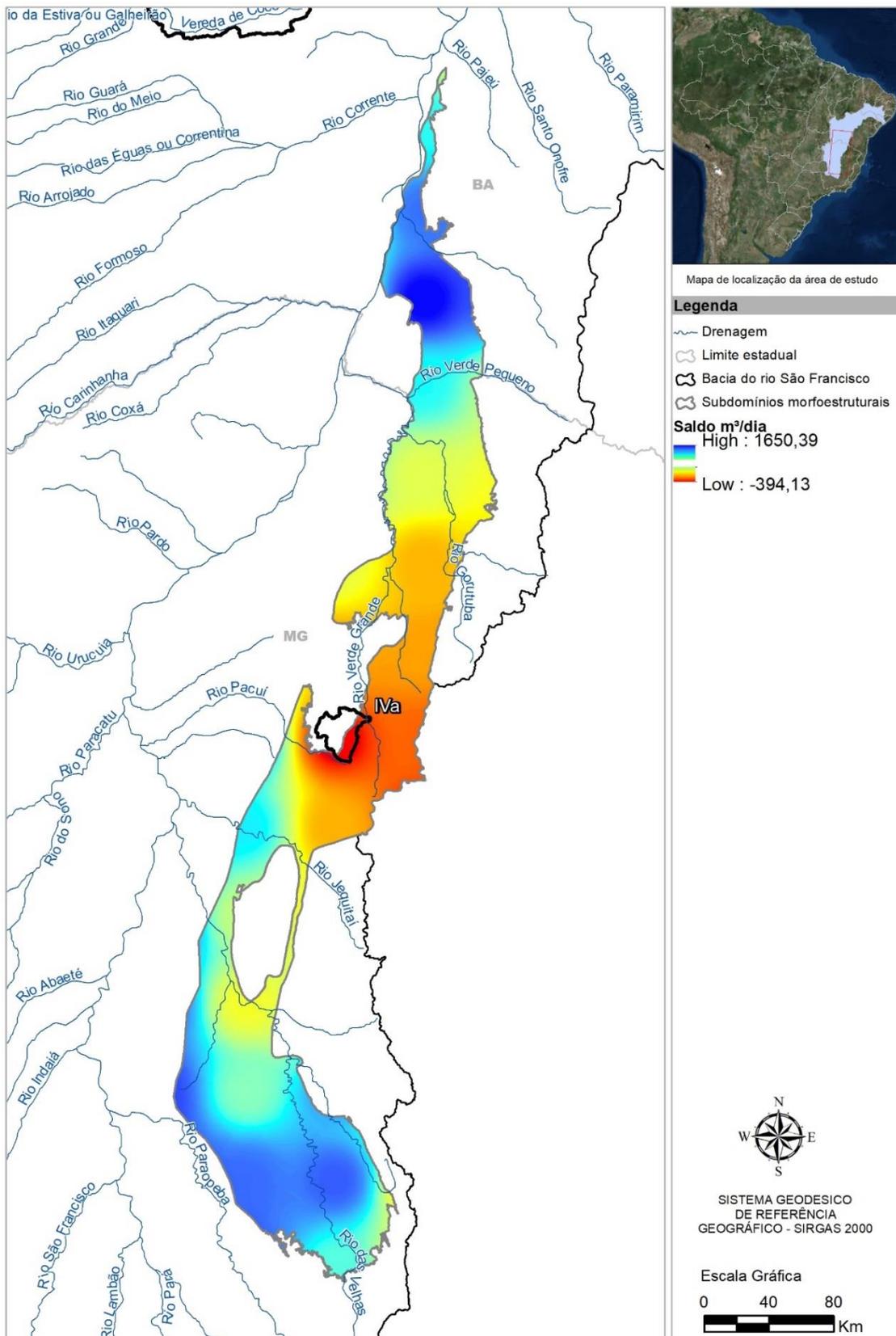


Figura 5.19: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Subdomínio IVa com excedente hídrico.

Tabela 5.45 – Balanço entre recarga natural e vazão explorada supondo um regime operacional médio de 10,22 horas/dia no subdomínio IVa.

Célula	x	Y	Area km ²	Número de Poços	Recarga m ³ /dia	Produção Estimada m ³ /dia	Saldo m ³ /dia
J10	-43,25	-12,75	10,9	6	2.977	1.963	1.014
K10	-43,25	-13,25	290,3	13	301.729	4.732	296.997
L09	-43,75	-13,75	445,8	4	220.008	953	219.055
L10	-43,25	-13,75	499,7	10	1.388.692	2.908	1.385.784
M09	-43,75	-14,25	504,8	13	291.364	2.195	289.169
M10	-43,25	-14,25	1748,0	32	1.602.734	5.919	1.596.816
N09	-43,77	-14,73	58,8	1	20.366	51	20.315
N10	-43,25	-14,75	2095,9	41	637.917	9.302	628.615
O09	-43,75	-15,25	859,3	60	213.406	15.506	197.901
O10	-43,25	-15,25	2520,6	143	568.910	38.710	530.200
P09	-43,75	-15,75	1614,2	293	387.891	132.059	255.832
P10	-43,25	-15,75	1490,7	338	489.778	183.409	306.369
Q08	-44,25	-16,25	53,5	7	12.901	1.460	11.441
Q09	-43,75	-16,25	1217,3	603	265.784	185.643	80.141
Q10	-43,25	-16,25	691,9	343	80.303	124.496	-44.193
R08	-44,25	-16,75	1091,4	173	263.573	55.934	207.639
R09	-43,75	-16,75	2370,2	1807	235.008	567.955	-332.947
R10	-43,471	-16,545	230,2	35	85.454	14.468	70.986
S07	-44,75	-17,25	28,0	0	13.092	0	13.092
S08	-44,25	-17,25	2233,8	196	500.226	47.770	452.456
S09	-43,762	-17,249	948,1	406	1.673	109.763	-108.090
T07	-44,75	-17,75	786,8	21	218.663	4.815	213.849
T08	-44,25	-17,75	306,6	20	174.531	6.998	167.533
U07	-44,75	-18,25	1400,4	22	340.929	4.926	336.003
U08	-44,25	-18,25	1074,0	114	339.963	50.516	289.447
V07	-44,75	-18,75	1624,7	65	683.462	21.005	662.456
V08	-44,25	-18,75	2529,1	281	1.284.176	136.039	1.148.136
V09	-43,75	-18,75	348,7	0	146.303	0	146.303
W07	-44,75	-19,25	183,6	35	110.500	13.087	97.412
W08	-44,25	-19,25	2694,4	594	1.499.243	310.310	1.188.933
W09	-43,75	-19,25	1913,3	97	431.667	21.242	410.425
X08	-44,25	-19,75	220,3	166	1.589.747	93.091	1.496.656
X09	-43,75	-19,75	715,7	348	346.158	339.772	6.386

5.1.6 Reservas, potencialidades e exploração

As conceituações de reservas, potencialidades e exploração encontram-se nos tópicos 1.2, 1.3 e 1.4 do Capítulo 1.

5.1.6.1 Reservas permanentes

As reservas permanentes do Subdomínio IVa foram avaliadas de acordo com o exposto nos itens 1.2.1 e 1.2.2 do Capítulo 1 do presente relatório. A Tabela 5.46, na página seguinte, sintetiza os valores utilizados e os resultados obtidos.

Tabela 5.46 – Reserva permanente do Subdomínio IVa do Domínio IV.

Domínio IVa								
Unidade Geológica	Área (km ²)	%	Litologia predominante	P (m)	NE (m)	η_e	b (m)	RP (hm ³)
Lagoa do Jacaré	6.501,39	26,363	Calcarenito, Siltito, Marga	82,00	16,00	0,06	66,00	25.745,50
Lagoa do Jacaré, siltito	19,80	0,0803	Siltito, Calcário, Ardósia, Argilito	82,00	16,00	0,06	66,00	78,43
Lagoa do Jacaré, marga	1.013,27	4,1088	Marga, Siltito, Calcário	80,00	15,00	0,06	65,00	3.951,77
Lagoa do Jacaré, calcário	551,11	2,2347	Calcário, Marga, Siltito	82,00	20,00	0,14	62,00	4.783,63
Paraopeba	4.941,54	20,038	Calcar, Arcós, Dolom, Silt, Folh, Argil, Marga	88,00	17,00	0,07	71,00	24.559,46
Sete Lagoas	205,77	0,8344	Rocha metapelítica, Dolomito	102,00	11,00	0,11	91,00	2.059,72
Serra de Santa Helena	11.177,28	45,323	Siltito, Folhelho, Marga	87,00	15,00	0,03	72,00	24.142,93
Pedro Leopoldo	251,20	1,0186	Calcissil, Micrito, Marga, Calcar, Mármore	88,00	17,00	0,12	71,00	2.140,21
Totais	24.661,36	100,00	Reserva permanente total					86.461,63
P = prof. média dos poços NE = nível est. médio η_e = poros efetiva b = espes. saturada média RP = Res. Perman.								

5.1.6.4 Exploração

O conceito de exploração de água subterrânea, aqui adotado, é discutido no item 1.4 do presente relatório.

Foram cadastrados 4.657 poços tubulares no Domínio IVa em condições de funcionamento. Embora se tenha informações de vazão e de regime de bombeamento apenas numa pequena fração desses poços, as análises efetuadas apontam para uma vazão média de 16,0 m³/h e um regime médio de operação de 8,5 horas/dia.

5.1.5.6.1 Exploração efetiva

Os números acima sinalizam uma exploração efetiva da ordem de 633.352,00 m³/dia ou 231,00 hm³/ano para 8,5 horas/dia de bombeamento.

5.1.5.6.2 Exploração instalada

Considerando-se regime de bombeamento contínuo, chega-se a uma exploração instalada de 653,00 hm³/ano.

5.2 Subdomínio IVb

Este subdomínio reúne áreas de afloramentos dos calcários da Formação Lagoa do Jacaré, que se apresentam mais intensamente deformados.

5.2.1 Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação

Neste item tem-se o levantamento do uso do solo, das estruturas cársticas e das fontes de contaminação realizado para a área regional, conforme descrito no capítulo de Metodologia, e recortados aqui para o Subdomínio IVb.

Na Tabela 5.47 tem-se as fontes contaminantes do Subdomínio IVb.

Tabela 5.47 – Fontes contaminantes do Subdomínio IVb.

Subdomínio IVb – Fontes contaminantes	
Cemitério	5
Lixão/ Aterro sanitário	1
Posto de combustível	5
Total:	11

O quantitativo de estruturas cársticas para o subdomínio IVb foi de 132 cavidades e 105 dolinas e estão exibidas na Figura 5.20.

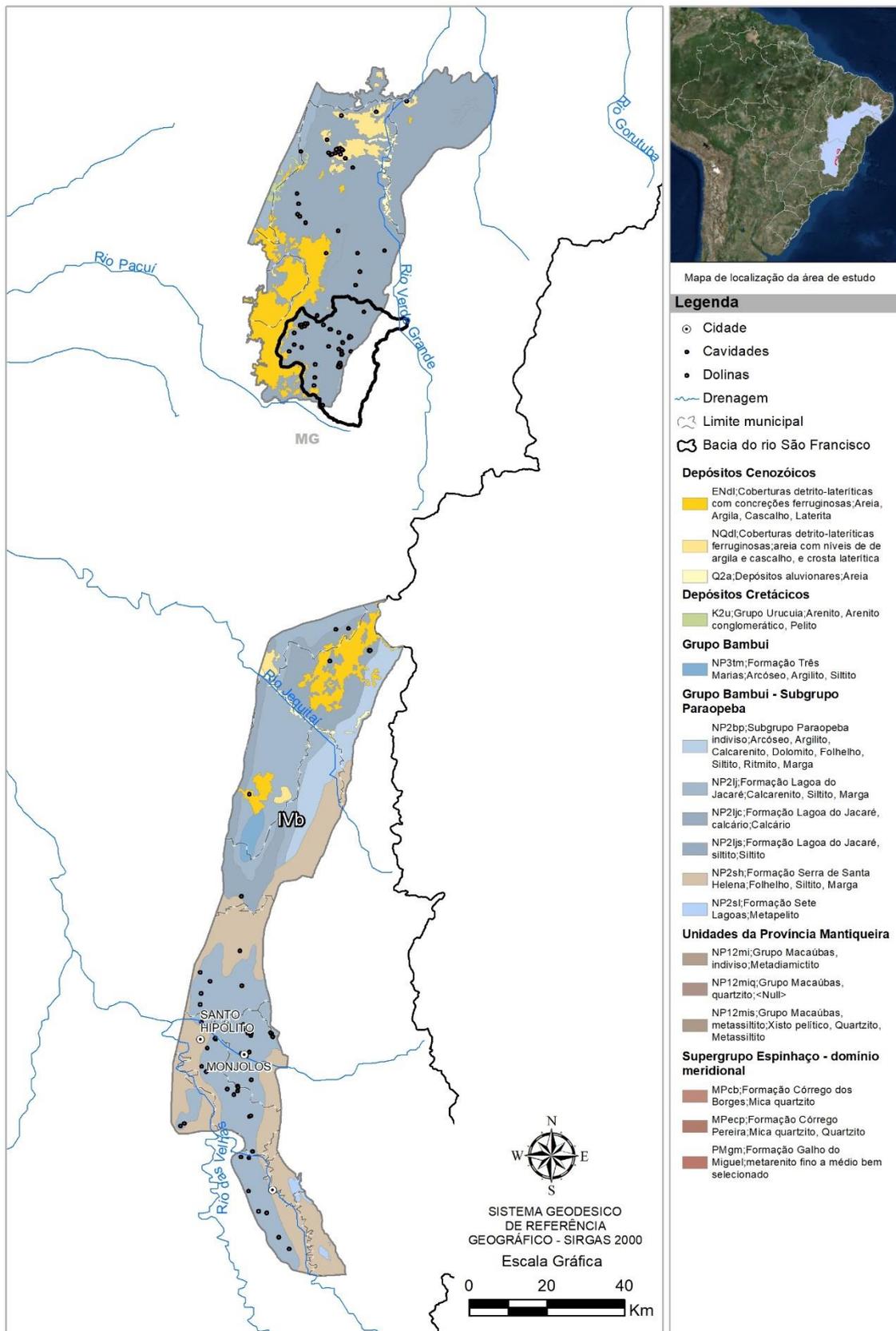


Figura 5.20: Mapa de estruturas cársticas do Subdomínio IVb.

As áreas das diferentes classes de uso do solo do subdomínio IVb são quantificadas conforme mostrado na Tabela 5.48.

Tabela 5.48 – Áreas de uso do solo do Subdomínio IVb.

Classes de uso do solo	Área em km ²
Área urbanizada	1,07
Campestre	2.737,79
Corpo d'água continental	9,97
Florestal	3.632,62
Lavoura temporária	60,17
Sem informação	31,43
Total:	6.473,06

A distribuição percentual das áreas das classes de uso do solo no subdomínio IVb é mostrada na Figura 5.21.

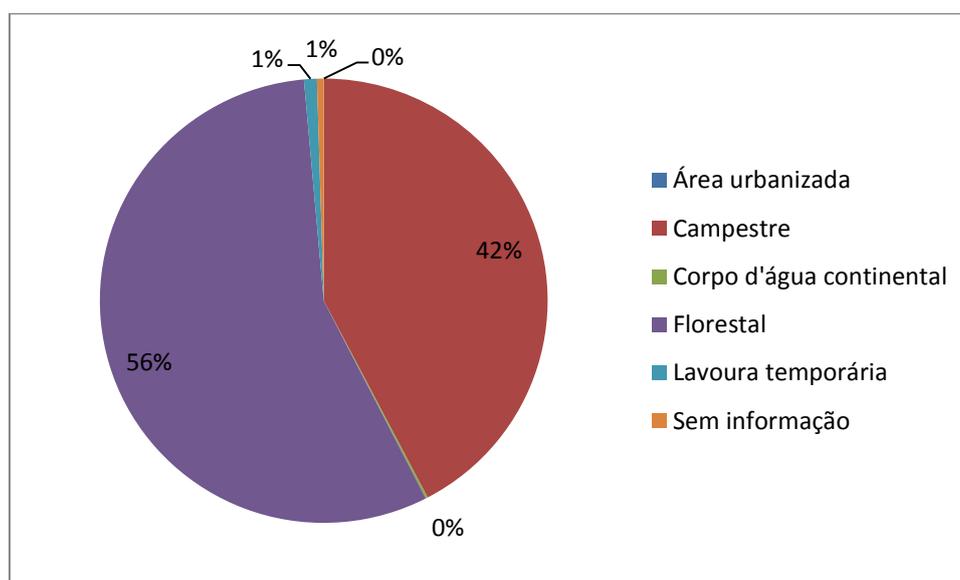


Figura 5.21: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Subdomínio IVb.

A maior porcentagem encontra-se na classe Florestal, com 58% da área total de 6.473,06 km², ou seja, 3.632,62 km² de área; em seguida, a maior área foi identificada como Campestre com 42% ou 2737,39 km²; a classe Lavoura Temporária representa 1% ou 60,17 km²; as demais classes, como Corpo de Água Continental, Área Urbanizada e Sem Informação, representam valor menor que 2%, respectivamente com 9,97 km², 1,07 km² e 31,43 km².

O mapa do uso do solo acrescido dos possíveis pontos de contaminação e estruturas cársticas, para o subdomínio IVb, podem ser observados nas Figura 5.22 e Figura 5.23 (sul e norte).

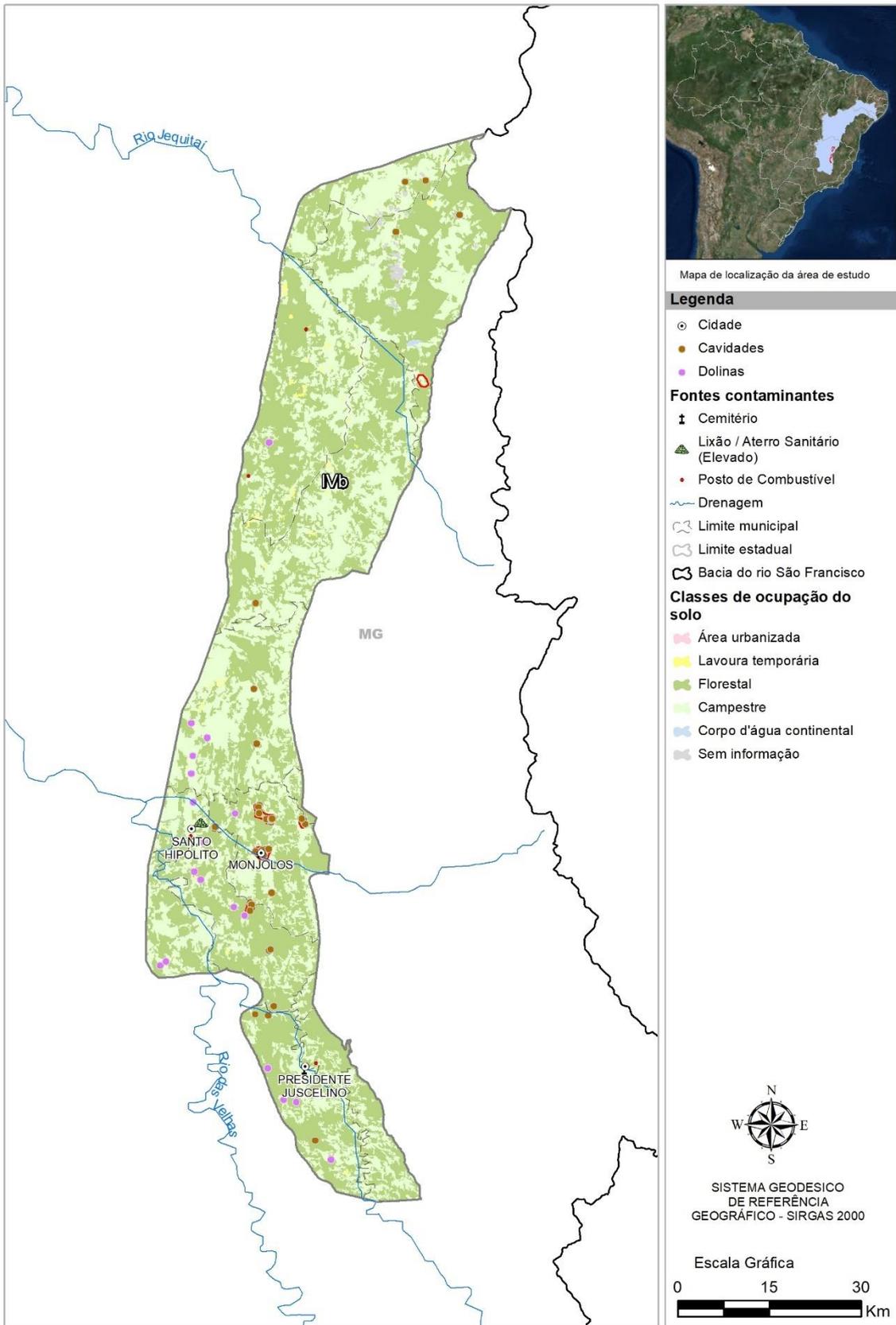


Figura 5.22: Uso e ocupação do solo no Subdomínio IVb sul.

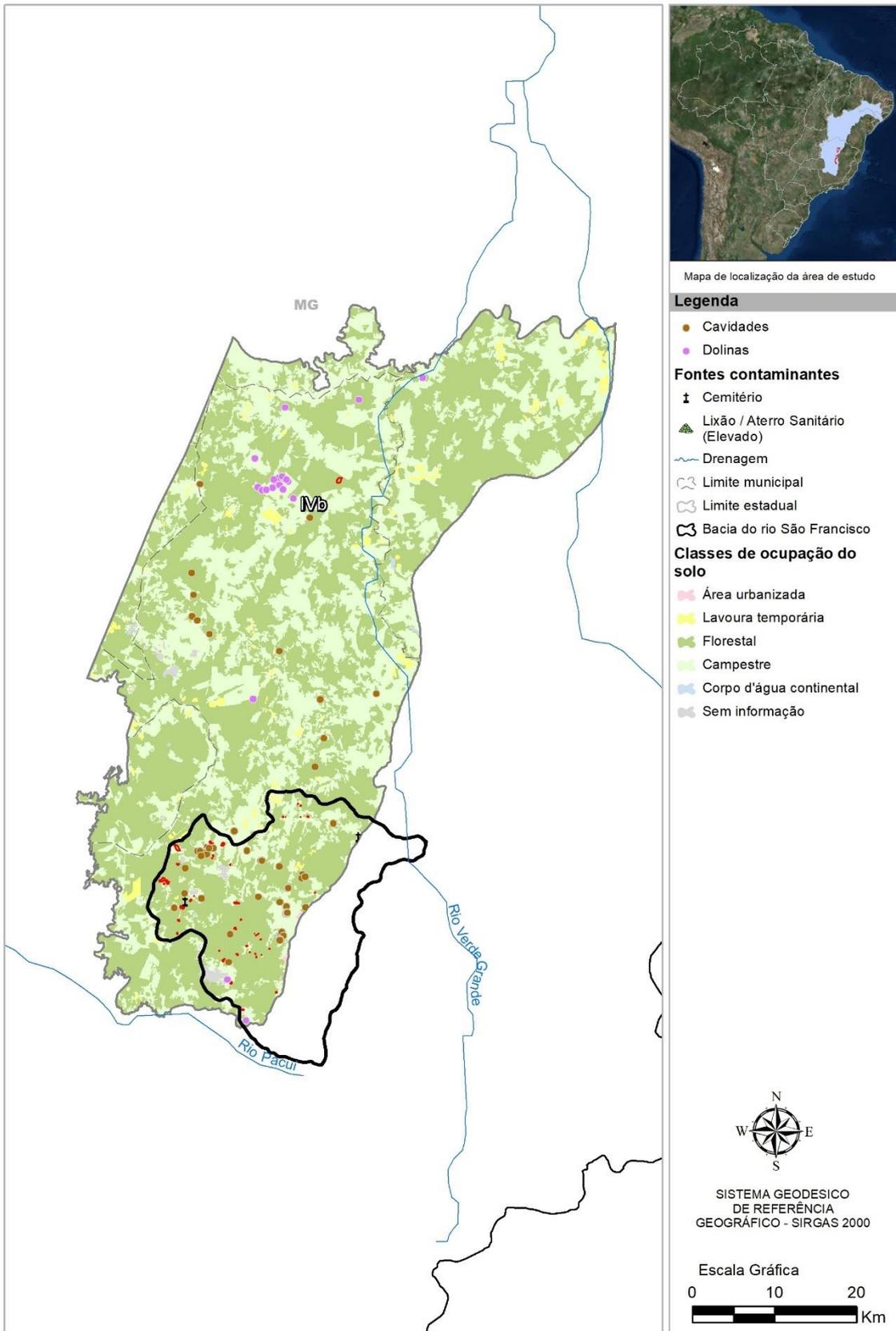


Figura 5.23: Uso e ocupação do solo no Subdomínio IVb norte.

5.2.2 Levantamento socioeconômico e demandas hídricas

Para a realização de um estudo correto das demandas hídricas de uma localidade, se faz necessário o estudo de parâmetros socioeconômicos e populacionais.

A interpretação dos parâmetros de rendimento e taxa de alfabetização, auxiliam no entendimento do grau de desenvolvimento econômico de uma região, e a partir daí, torna-se possível correlacioná-los à necessidade de água no local. A Tabela 5.49 apresenta tais parâmetros para o subdomínio IVb.

Tabela 5.49 - Dados socioeconômicos do Subdomínio IVb.

Rendimento (R\$)	Alfabetização (%)	IDHM
848,76	90,4	0,69

O subdomínio IVb apresentou, em 2010, o rendimento médio da população um pouco abaixo da média do estado de Minas Gerais, sendo cerca de 23% menor. Porém, se comparado ao salário mínimo do ano em questão (510 reais), este rendimento é cerca de 66% acima do seu valor.

No tocante à taxa de alfabetização, o subdomínio IVb também apresenta uma taxa (90,4%) abaixo da taxa do estado de Minas Gerais (92,30%).

No caso do rendimento, tem-se a consideração do peso proporcional de adultos potencialmente receptores de renda no domicílio, diante do cenário em que crianças e idosos tendem a não gerar renda. Sabendo que o rendimento é obtido pela divisão da receita domiciliar pelo número de integrantes no domicílio, um rendimento baixo pode ser entendido como receita familiar baixa e/ou alto número de integrantes da família, assim como um rendimento alto pode significar uma receita familiar alta e/ou um baixo número de integrantes da família.

Analogamente, a taxa de alfabetização contribui para análise das condições de vida populacional, proporcionando o entendimento do bem estar familiar. Essa taxa de alfabetização tende a ser mais baixa em localidades de menor rendimento, indicando menor oportunidade de acesso ao conhecimento.

Dessa forma, compreender o nível de qualidade de vida constitui um fundamento para gerar dados acerca do rendimento e taxa de alfabetização regional, de forma que uma menor qualidade de vida é relacionada a um menor rendimento e menor taxa de alfabetização, o que assinala menor demanda hídrica no local, ao passo que uma maior qualidade de vida é relacionada a um maior rendimento e maior taxa de alfabetização, assinalando uma maior demanda hídrica.

Quando consideramos o IDHM, é possível obter uma análise mais robusta, haja vista que tal índice pondera longevidade, educação e renda, simultaneamente. Nesse âmbito, o Índice de Desenvolvimento Humano para o Subdomínio IVb foi de 0,69, em 2010, classificando-se na faixa de Desenvolvimento Humano Médio (IDHM entre 0,600 e 0,699). Pode-se concluir que o subdomínio IVb possui rendimento, taxa de alfabetização e IDHM médios, o que indica uma menor demanda hídrica se comparado aos subdomínios com os mesmos índices altos.

O subdomínio IVb representa 1,2% do PIB e cerca de 1,9% da população do total dos subdomínios. Quando analisado o PIB per capita, o subdomínio apresenta resultado abaixo da média da área de influência total. (Tabela 5.50)

Essa situação pode caracterizar má distribuição de renda na região, ou ainda, que a região possui áreas comerciais/industriais, onde a produção de bens é mais intensa que os gastos domiciliares.

Esse cenário pode ser ainda confirmado diante do confronto desse PIB per capita com o PIB per capita de Minas Gerais, chegando a ser 53% menor que do estado (20.592,16), ressaltando o baixo nível de produção econômica na área.

Tabela 5.50 – PIB do Subdomínio IVb.

PIB	População	PIB per capita
656.129,00	67.179	9.766,88

5.2.2.1 Aspectos sanitários dos municípios

O estudo dos aspectos sanitários da região servirá para o monitoramento da qualidade da água, identificando as deficiências que mais influenciam em problemas ambientais. Foram avaliados quatro pontos importantes: formas de abastecimento, tipos de esgotamento sanitário nos domicílios, destino do lixo e quantitativo de domicílios que recebem ou não energia elétrica.

- **Abastecimento**

A porcentagem de abastecimento por rede geral, ou seja, com tratamento de água, no subdomínio IVb (84,60%) é apenas um pouco inferior à taxa de abastecimento do estado de Minas Gerais (86,28%), apresentando taxas na média do estado em relação ao abastecimento por poços, nascentes, rios, açudes, o que caracteriza uma área mais urbanizada.

A Tabela 5.51 apresenta a distribuição da forma de abastecimento no subdomínio IVb.

Tabela 5.51 – Formas de abastecimento no subdomínio IVb.

Formas de abastecimento	%
Rede geral	84,60
Poço ou nascente na propriedade	5,10
Poço ou nascente fora da propriedade	7,90
Rio, açude, lago ou igarapé	1,70
Poço ou nascente na aldeia	0,00
Poço ou nascente fora da aldeia	0,00
Outra	0,70

- **Esgotamento sanitário**

Neste subdomínio, um total de 3,0% dos domicílios não possuíam nem banheiro nem sanitário, mostrando-se com taxa maior que a do estado de Minas Gerais (1,26%). A porcentagem de esgoto que não é transportado pela rede geral, não é posto em redes pluviais e nem tratado em fossa séptica é muito significativa, apontando para grande impacto no meio ambiente desta região.

A Tabela 5.52 abaixo apresenta as porcentagens da existência de banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário no subdomínio IVb.

Tabela 5.52 – Existência de banheiro ou sanitário no subdomínio IVb.

Tipos de esgotamento sanitário	Quantitativo (%)
Banheiro de uso exclusivo do domicílio	95,30
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	70,60
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - outro	29,40
Sanitário	1,70
Sanitário - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	27,10
Sanitário - outro escoadouro	72,90
Sem banheiro e sem sanitário	3,00

- **Destino do lixo**

Com o estudo realizado, foi possível verificar que o subdomínio IVb possui um sistema de destino do lixo abaixo da média de todo o estado de Minas Gerais, mostrando que 74,0% do lixo é coletado, enquanto a média do estado é 87,63%. Um total de 26,0% do lixo ainda possui destino indefinido, o que pode indicar uma destinação incorreta podendo causar contaminação do solo e de águas.

A Tabela 5.53 apresenta as porcentagens de destinação do lixo no subdomínio IVb.

Tabela 5.53– Destinos do lixo no subdomínio IVb.

Destino do lixo	Quantitativo (%)
Coletado	74,00
Coletado por serviço de limpeza	93,10
Coletado em caçamba de serviço de limpeza	6,90
Outro destino	26,00

- **Energia Elétrica**

Neste quesito, pode-se identificar que o subdomínio IVb é uma região bem atendida por redes elétricas, com porcentagem de pessoas que tem energia elétrica um pouco abaixo do estado de Minas Gerais, chegando a atender 98,70% da população e ainda 1,26% da população não recebe atendimento.

5.2.2.2 Demandas Hídricas

O estudo das demandas visa o conhecimento da necessidade de água de uma determinada região, e aliado ao conhecimento das potencialidades e disponibilidades hídricas, se torna um dos elementos essenciais para a realização de seu balanço hídrico, além de constituir um instrumento valioso para o planejamento e estabelecimento das prioridades de uma política de uso dos recursos hídricos.

O levantamento das demandas hídricas foi feito tanto para dados atuais (2010) como para dados futuros (2015, 2020, 2025 e 2030).

- **População urbana e rural**

No subdomínio IVb pode-se observar a partir dos dados, que a maior parte da população deste subdomínio é urbana, com taxa de crescimento positiva, porém pequena, igual a 0,54%, a taxa de crescimento da população rural é negativa, igual a 1,75%, como pode ser observado na Tabela 5.54.

Tabela 5.54 – População e demanda para abastecimento humano (2010).

População	2010	Demanda (m ³ /dia)	Taxa de crescimento (%)
Rural	13.276	2.601	-1,75
Urbana	53.791	15.655	0,54

Este aumento da população urbana e diminuição da população rural indica um processo de urbanização da região. O processo de urbanização é decorrente do desenvolvimento econômico e distribuição de trabalho, intimamente ligado à industrialização.

O crescimento populacional neste subdomínio, aumenta a competição pelos mesmos recursos naturais, para suprimento das necessidades humanas, e, ao mesmo tempo, a produção de poluição. Tudo isso pode implicar na degradação de muitos recursos naturais e aumento de epidemias. Podemos notar que a demanda hídrica rural é menor que demanda hídrica urbana.

- **Dessedentação animal**

O subdomínio IVb representa 1,2% de bovinos, 0% de bubalinos, 1,9% de equinos, 0,5% de asininos, 2,3% de muares, 0,2% de caprinos, 0,1% de ovinos, 0,3% de suínos e 0,3% de aves do somatório total das cabeças de todos os subdomínios de Minas Gerais. O quantitativo de cabeças e o consumo da dessedentação de animais estão na Tabela 5.55.

Tabela 5.55 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.

Rebanhos	Nº de cabeças
Bovinos	82.011
Bubalinos	-
Equinos	4.381
Asininos	18
Muares	434
Caprinos	69
Ovinos	51
Suínos	3.178
Aves	42.280
Demanda para dessedentação animal (m³/dia)	86.701,32

- **Irrigação**

O subdomínio IVb apresentou, em 2010, uma estimativa de área irrigada, calculada segundo a aplicação do PAI-MG, de 1.083 hectares. A partir dos dados de área irrigada e com o coeficiente de demanda unitária adotado, de 0,4 L/s.ha, foi possível converter a área irrigada em demanda hídrica, que foi estimada, para o ano de 2010 em 36.429 m³/dia.

- **Indústria**

A demanda de recursos hídricos das indústrias, para o subdomínio IVb, demonstra ser pequena em relação à demanda de abastecimento da população, sendo igual a 4,42 m³/dia. (corrobora com o que foi analisado através do PIB).

5.2.2.3 Demandas futuras (2015, 2020, 2015, 2030)

- **População urbana e rural**

A Tabela 5.56 a seguir apresenta as projeções feitas, para a população urbana e rural no subdomínio IVb. Os coeficientes de retirada de água per capita, também definido na metodologia, foram aplicados às populações projetadas nos referidos anos, de forma a obterem-se as demandas para abastecimento urbano e rural para o subdomínio IVb.

Tabela 5.56 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.

População/Ano	2015	2020	2025	2030
Rural	12.314	11.551	10.969	10.578
Urbana	54.859	55.705	56.352	56.786
Demanda hídrica rural (m ³ /dia)	2.342	2.136	1.980	1.874
Demanda hídrica urbana (m ³ /dia)	16.387	16.967	17.410	17.708

- **Dessedentação animal**

Devido à falta de dados mais recentes foi necessário projetar o número de cabeças por espécie, admitindo a mesma taxa de crescimento linear obtida entre os anos de 1996 e 2006. Assim, foi possível estimar o número de cabeças por espécie para 2010 e da mesma forma se procedeu para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030. Uma vez aplicada a taxa de crescimento linear, estimou-se o número de cabeças por espécie para o subdomínio IVb, e o consumo para dessedentação animal. Ambos apresentados na Tabela 5.57.

Tabela 5.57 – Projeção do número de cabeças para o subdomínio IVb.

Rebanhos	Nº de cabeças por ano			
	2015	2020	2025	2030
Bovinos	83.070	83.664	84.262	84.865
Bubalinos	-	-	-	-
Equinos	4.438	4.469	4.501	4.533
Asininos	18	18	18	19
Muare	440	443	446	449
Caprinos	70	70	71	71
Ovinos	52	52	52	53
Suínos	3.219	3.242	3.265	3.289
Aves	42.826	43.132	43.441	43.751
Demanda para dessedentação (m ³ /dia)	87.820,57	88.448,61	89.081,14	89.718,20

- **Irrigação**

De posse da demanda atual para agricultura em 2010, deu-se prosseguimento às metodologias já aplicadas para os demais anos que compõem o horizonte deste estudo. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 5.57.

O resultado dessas projeções consiste nas áreas irrigadas a serem consideradas no futuro. Assim, utilizando-se dos coeficientes de demanda para agricultura, obtêm-se a demanda hídrica futura para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030.

Tabela 5.58 – Projeção dos métodos utilizados para irrigação no subdomínio IVb.

Área irrigada (ha) / Ano	2015	2020	2025	2030
		1.373	1.740	2.205
Demanda para irrigação (m³/dia)	47.437	60.121	76.196	96.570

- **Indústria**

Para demanda relacionada à indústria, de forma semelhante ao que foi feito para calcular a de 2010, projetaram-se os PIBs secundários para o subdomínio. Essas projeções tiveram como base uma taxa de crescimento linear obtida através da comparação entre os PIBs de 2002 e 2012.

Ao aplicar o coeficiente de consumo específico para classe 900 (genérica), equivalente a 0,02713 m³/US\$, como definido na metodologia, inferiram-se as demandas industriais para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030 (Tabela 5.59).

Tabela 5.59 – Projeção da demanda hídrica industrial para o subdomínio IVb.

Demanda Industrial (m³/dia)			
2015	2020	2025	2030
4,78	5,08	5,24	5,34

5.2.3 Vulnerabilidade

A vulnerabilidade foi avaliada de acordo com a metodologia EPIK comentada no item 1.6 do presente relatório.

A classificação dos parâmetros E, P, I e K, é mostrada na Figura 5.24. Essa classificação mostra os seguintes resultados:

- Parâmetro E – Epicarste: 39% de epicarste franco, 43% de epicarste encoberto (classe E2) e 18% ausente (classe E3).
- Parâmetro P – Cobertura de proteção: 41% para a classe P1, 58% para a classe P2 e 1% para a classe P3.
- Parâmetro I – Condições de infiltração: 40% para a classe I1, 44% para a classe I2 e 16% para a classe I3.
- Parâmetro K – Grau de desenvolvimento da rede cárstica: 39% para a classe K1, 43% para a classe K2 e 18% para a classe K3.

Na definição das classes do parâmetro P foi muito útil os mapas das unidades de solo, mostrados nas Figura 5.25 e Figura 5.26.

Com os diferentes parâmetros zoneados, foi possível elaborar os mapas de vulnerabilidade (ver item 1.6), mostrados nas Figura 5.27 e Figura 5.28. A partir desses mapas quantificam-se percentualmente, na Figura 5.29, as classes de vulnerabilidade.

Como se pode observar na Figura 5.29, o Domínio IVb apresenta vulnerabilidade baixa em 17% da sua área, vulnerabilidade média em 44% e vulnerabilidade alta nos restantes 39%.

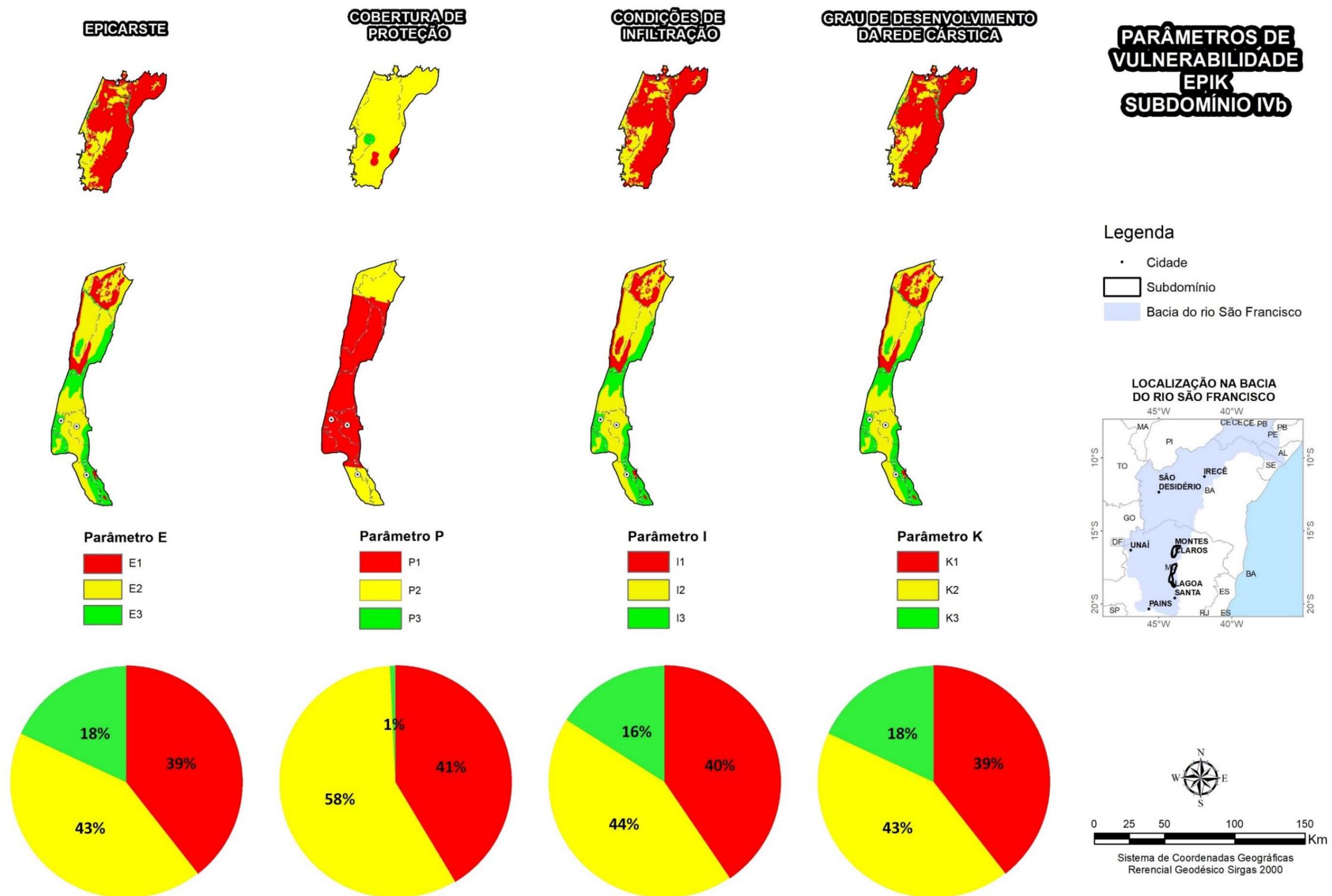


Figura 5.24: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.

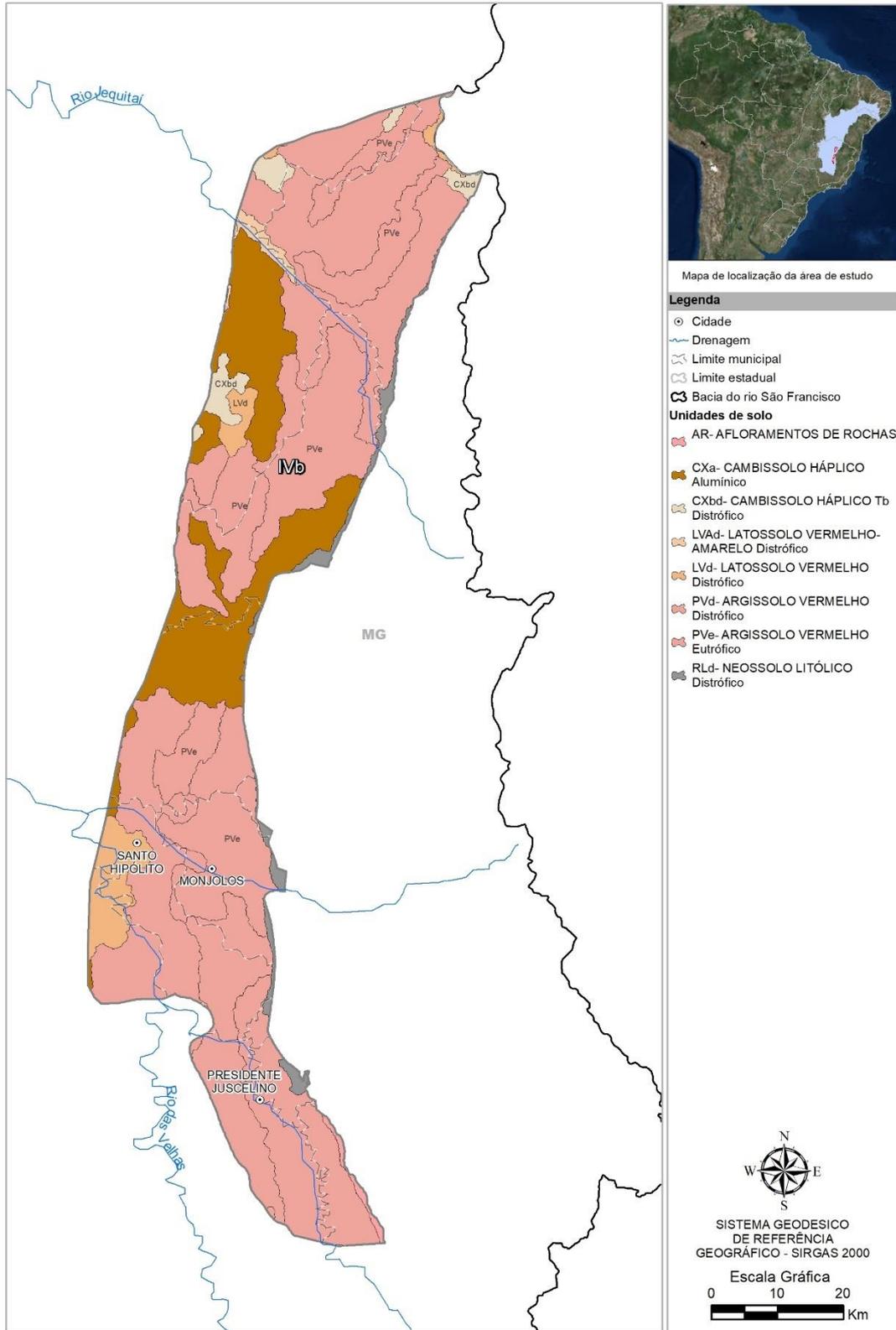


Figura 5.25: Unidades de solo com a classificação do parâmetro P para o Subdomínio IVb sul.

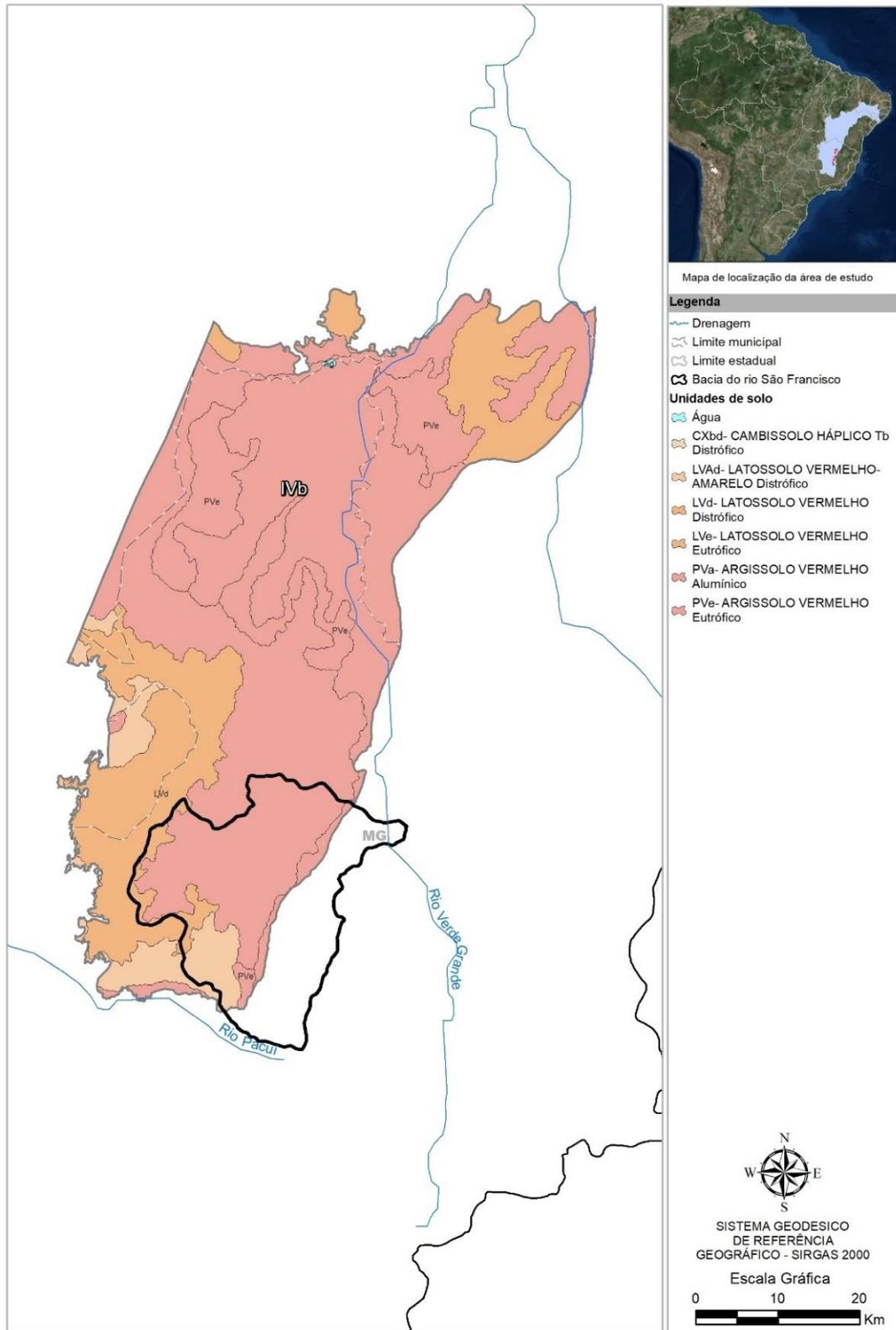


Figura 5.26: Unidades de solo com a classificação do parâmetro P para o Subdomínio IVb norte.

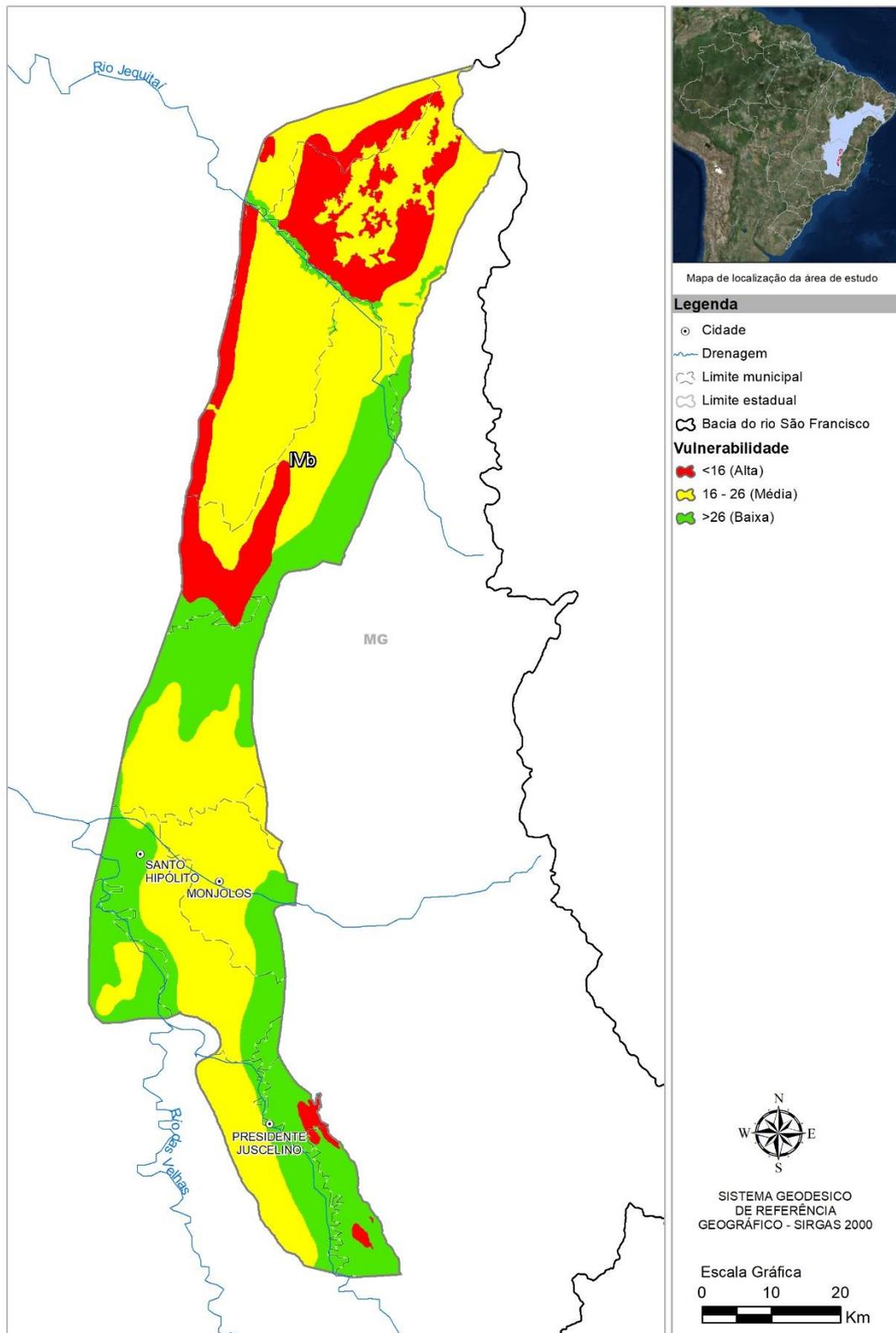


Figura 5.27: Vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Subdomínio IVb sul.

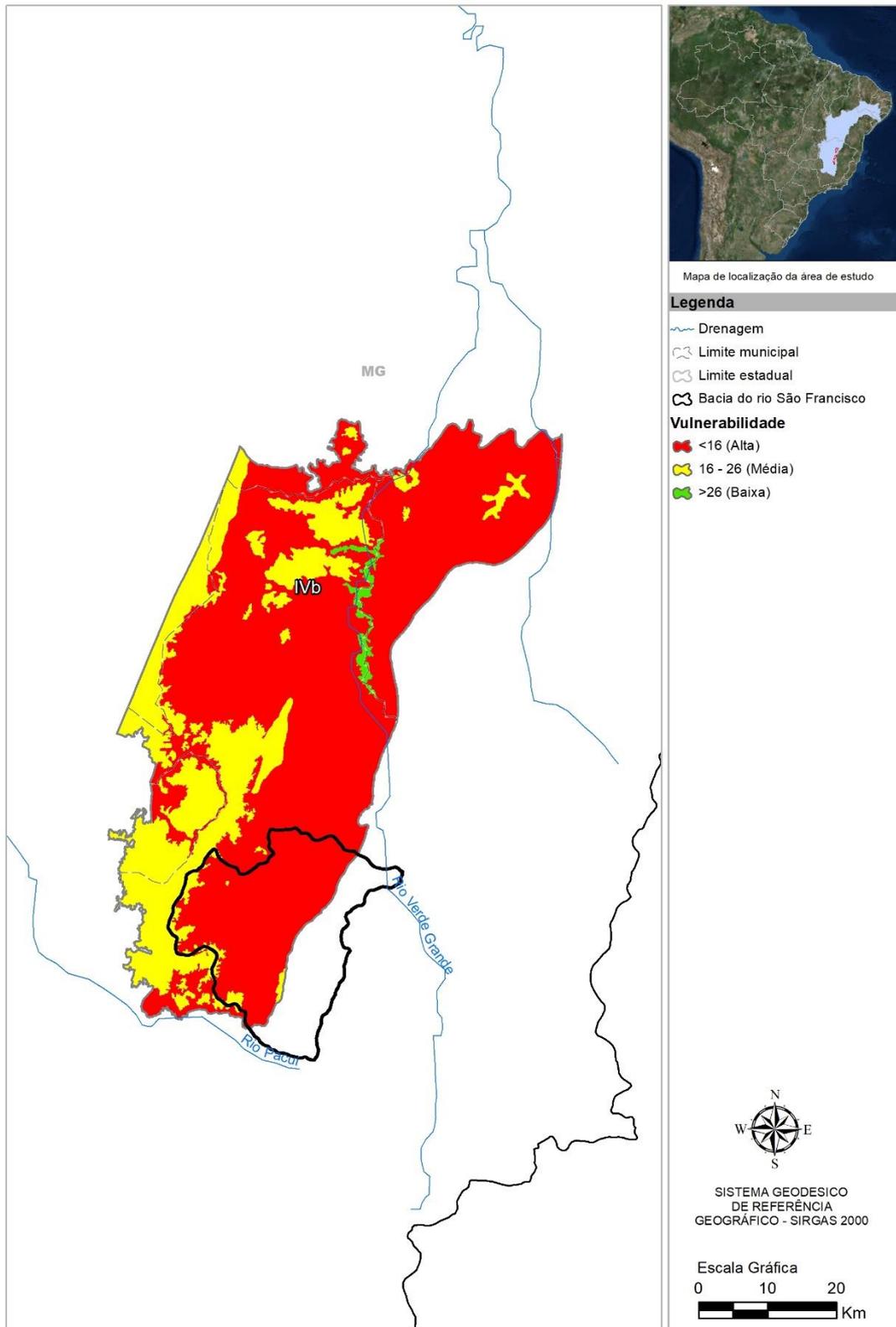


Figura 5.28: Vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Subdomínio IVb norte.

Na Figura 2.29 tem-se a distribuição das classes de vulnerabilidade a partir do mapa da Figura 2.27. A classe baixa representa 17,03% da área total do subdomínio, a média 43,57% e uma vulnerabilidade alta de 39,04% neste subdomínio.

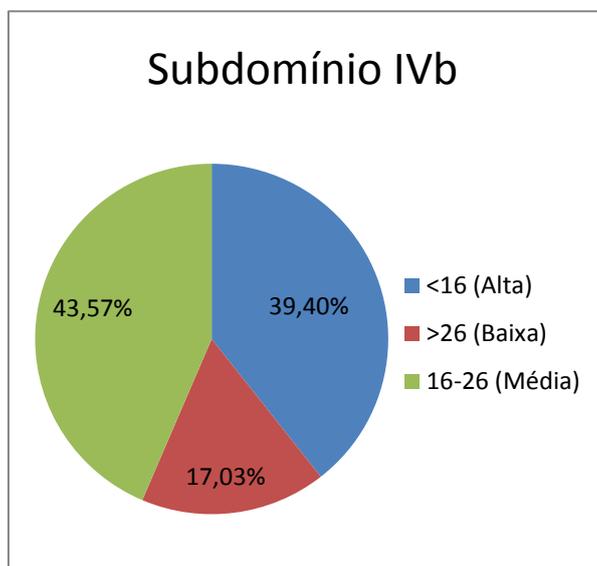


Figura 5.29: Classificação da vulnerabilidade para o Subdomínio IVb.

5.2.4 Perigo de contaminação

Na Tabela 5.60 estão relacionadas as fontes contaminantes cadastradas no Subdomínio IVb, com indicação dos respectivos índices Posh.

Tabela 5.60 – Fontes potenciais de contaminação do subdomínio IVb.

ATIVIDADE	QUANTIDADE	ÍNDICE POSH
Cemitério	11	Moderado
Posto de combustível	51	Elevado
Lavoura temporária	379,35 km ²	Elevado

A distribuição dessas fontes contaminantes no mapa de vulnerabilidade é mostrada nas Figura 5.30 e Figura 5.31 onde se pode avaliar o perigo de contaminação no Subdomínio IVb. Verifica-se, nos mapas das Figura 5.32 e Figura 5.33, que o Subdomínio IVb apresenta perigo extremo de contaminação em algumas de suas partes, onde existem alguns pontos localizados de alto perigo de contaminação como postos de combustíveis, cemitérios e lavouras temporárias. Alto perigo de contaminação ocorre em grandes áreas distribuídas no mapa, coincidentes com áreas de vulnerabilidade média (cor amarela) e caracterizadas pela ocorrência de postos de combustíveis e áreas de lavoura temporária. Estas últimas ocupam apenas 14% da área total.

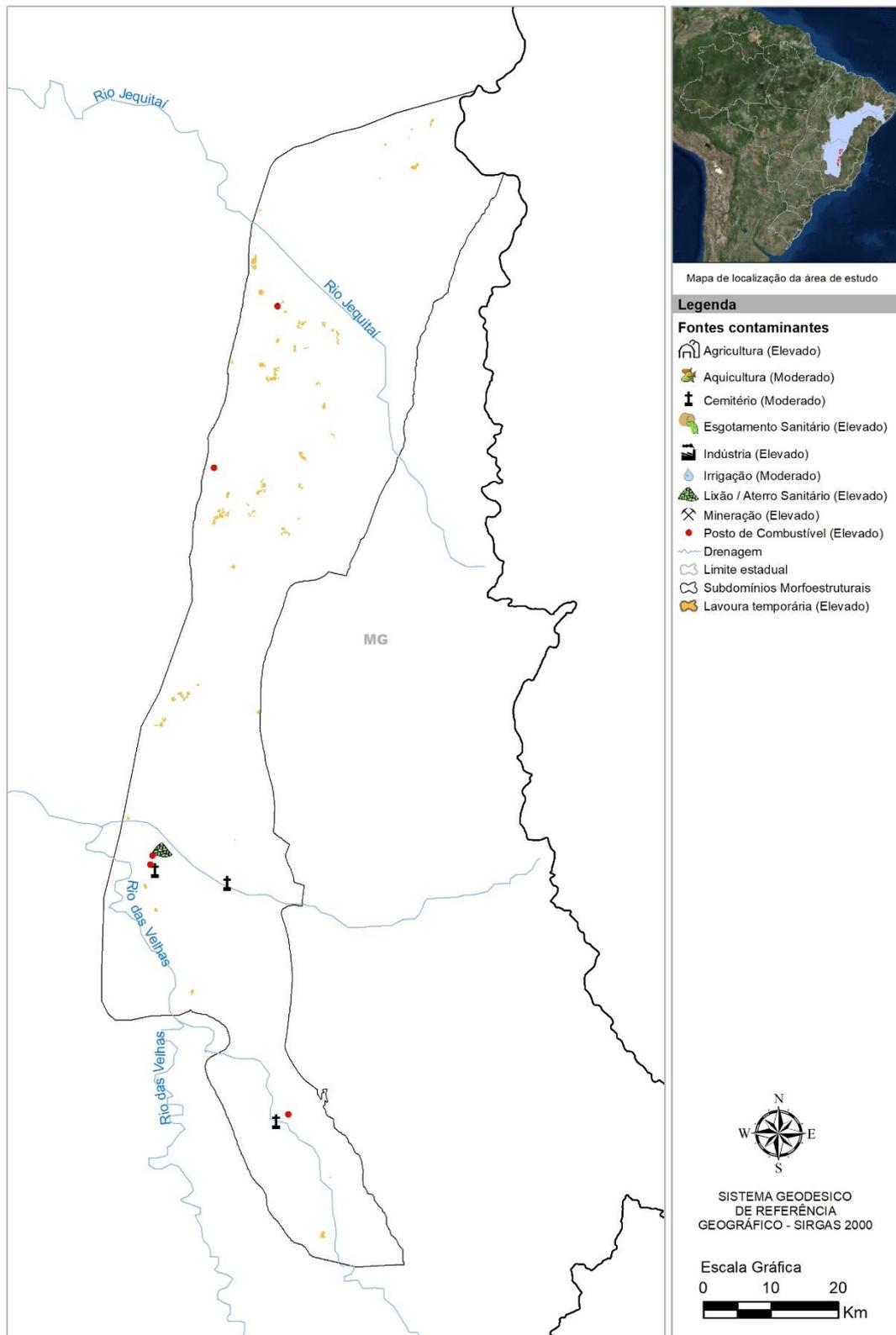


Figura 5.30: Distribuição das cargas contaminantes no Subdomínio IVb sul com classificação POSH.

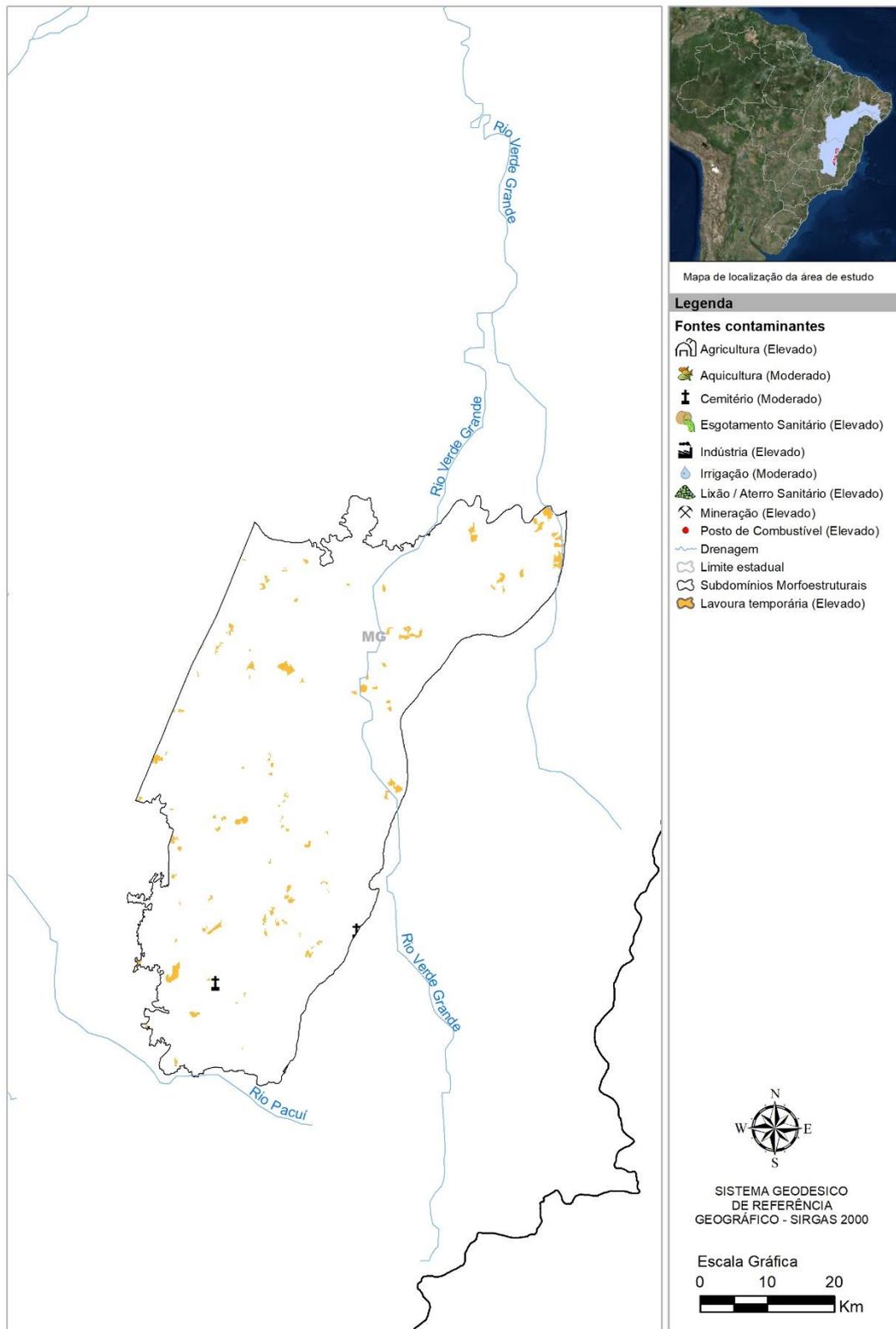


Figura 5.31: Distribuição das cargas contaminantes no Subdomínio IVb norte com classificação POSH.

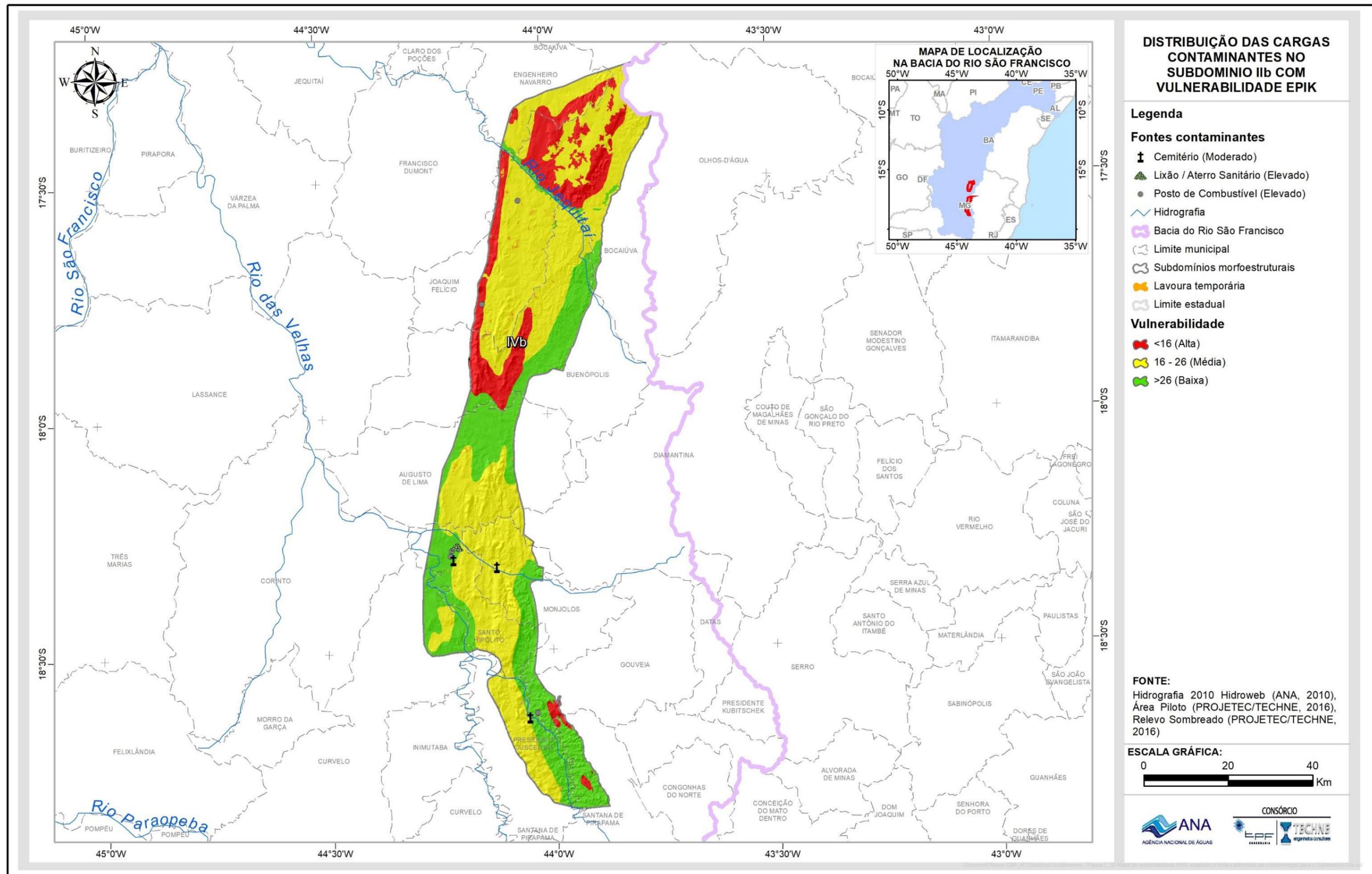


Figura 5.32: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Subdomínio IVb sul.

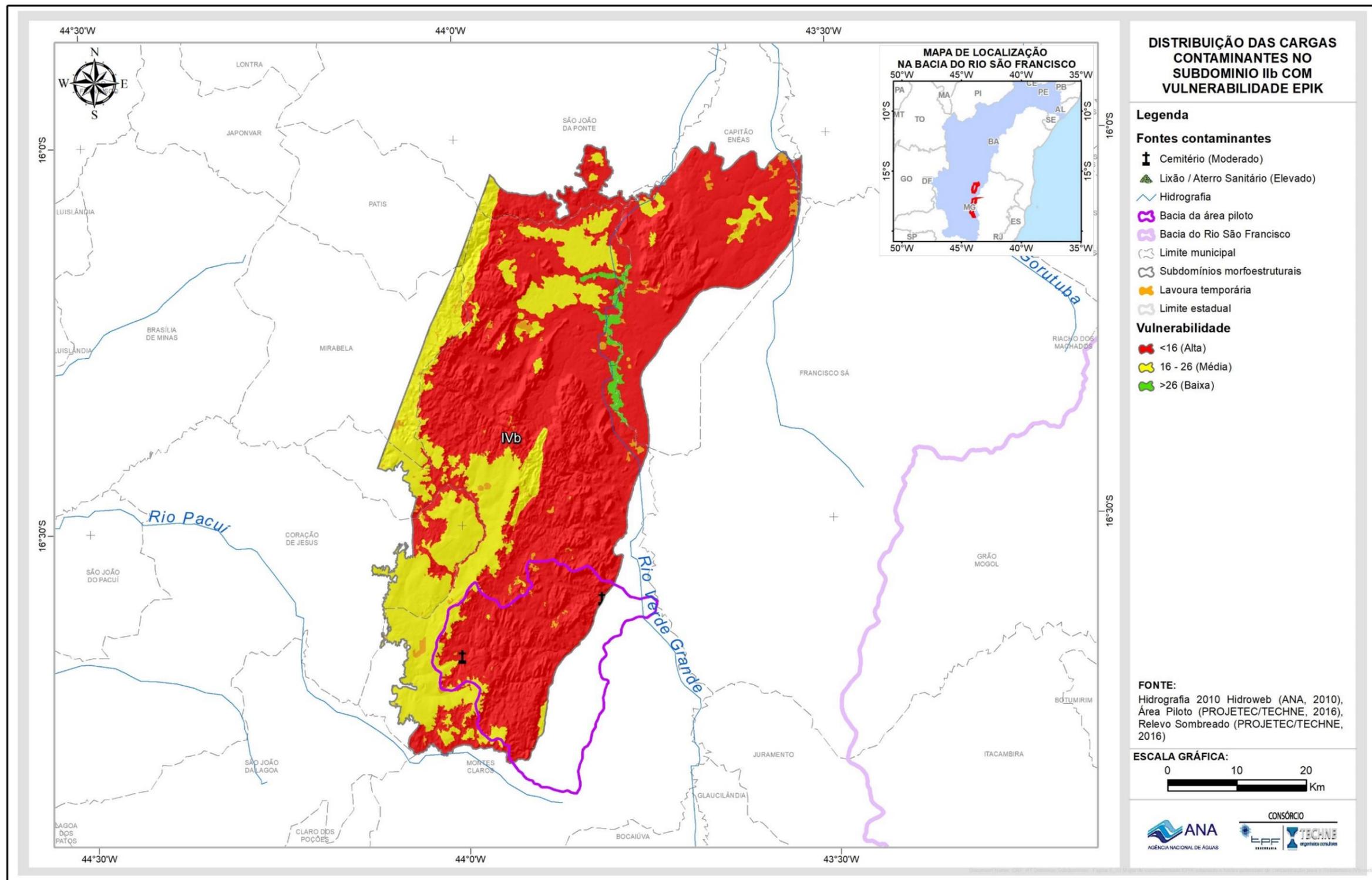


Figura 5.33: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Subdomínio IVb norte.

5.2.5 Recarga e zonas de exploração

Começando com um panorama regional da evolução histórica dos níveis de água subterrânea no domínio cárstico em Minas Gerais, a situação da exploração das águas subterrâneas do SAB no Subdomínio IVb inclui uma estatística descritiva dos dados de poços levantados e catalogados no âmbito do Projeto ANA – Carste São Francisco bem como uma caracterização do regime de funcionamento dos poços e uma estimativa da produção global de água. Para a recarga, foram realizados os cálculos em função das precipitações e o regime fluvial para cada subdomínio. Com os valores de recarga e exploração do subdomínio foi possível realizar o zoneamento de exploração, demonstrado na Figura 5.42.

5.2.5.1 Levantamento e sistematização dos dados

Os dados de poços levantados no Subdomínio IVb, no âmbito do Projeto foram sistematizados e fazem parte do SIG, que constitui a principal fonte de consulta sobre poços.

5.2.5.1.1 Poços catalogados e cadastrados

A pesquisa hidrogeológica desenvolvida no Subdomínio IVb baseou-se em dados de 1.551 poços constantes no SIG, dos quais 904 foram catalogados do SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2010), 77 foram catalogados da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), 114 foram catalogados do sistema de outorgas de água subterrânea do IGAM (2014) e 56 são novos poços cadastrados, no âmbito do Projeto ANA Carste São Francisco (ANEXO 12.22 – Tabela de poços do Subdomínio IVb, Volume 3). Para o tratamento estatístico não foram considerados os poços escavados. Desses 1.151 poços excluem-se 20 (11 cisternas, 3 lagoas, 2 superficiais e 4 nascentes) que estão hachurados na tabela do ANEXO 12.22 (Volume 3). O resultado disso são 1.129 poços: 898 catalogados do SIAGAS, 77 catalogados da COPASA, 113 catalogados do IGAM e 43 cadastrados.

5.2.5.1.2 Tratamento estatístico dos dados dos poços

Na Tabela 5.61 é apresentada a estatística descritiva dos valores numéricos de profundidade, diâmetro do revestimento, nível estático, nível dinâmico e vazão dos poços cadastrados e catalogados no Subdomínio IVb, localizado na porção noroeste da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

Tabela 5.61 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Subdomínio IVb Grupo Bambuí Deformado.

Parâmetros Estatísticos	Profundidade (m)	Diâmetro da boca (mm)	Nível Estático - NE (m)	Nível Dinâmico - ND (m)	Vazão (m ³ /h)
Média	82,4	168,7	17,5	32,5	30,8
Mediana	80,0	152,4	13,2	26,0	10,6
Desvio Padrão	29,2	37,3	14,8	23,8	60,4
Coefficiente Variação	0,4	0,2	0,8	0,7	2,0
Valor máximo	197,0	304,8	81,2	107,5	504,0
Valor mínimo	21,0	50,0	0,1	0,5	0,1
Nº valores	686	1069	602	464	578

5.2.5.1.3 Profundidade

A profundidade dos poços inventariados no Subdomínio IVb variou de 21 a 197 m. A profundidade média foi de 82,4 m e se explica pelo fato de que a classe mais frequente (29%) corresponde a poços com profundidade entre 60 e 80 m. Se considerarmos todos os poços com mais de 40 m teremos 649 poços ou 94% do total no subdomínio IVb. Já as classes compreendidas entre 0 e 40 m de profundidade possuem uma frequência acumulada muito baixa, com apenas 5,39% do total. A Tabela 5.62 mostra que na classe de 80 a 100 m e na classe dos poços entre 40 e 60 m, estão localizados, respectivamente, 24% e 21%, ou seja, a segunda e a terceira classe mais predominante.

Tabela 5.62 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), na COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IVb.

Classe Profundidade (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤20	0	0	0,00	0,00
20<x≤40	37	37	0,05	5,39
40<x≤60	144	181	0,21	26,38
60<x≤80	201	382	0,29	55,69
80<x≤100	142	524	0,21	76,38
x>100	162	686	0,24	100,00
Total	686			

A distribuição da frequência da profundidade dos poços no Subdomínio IVb pode ser visualizada no diagrama da Figura 5.34.

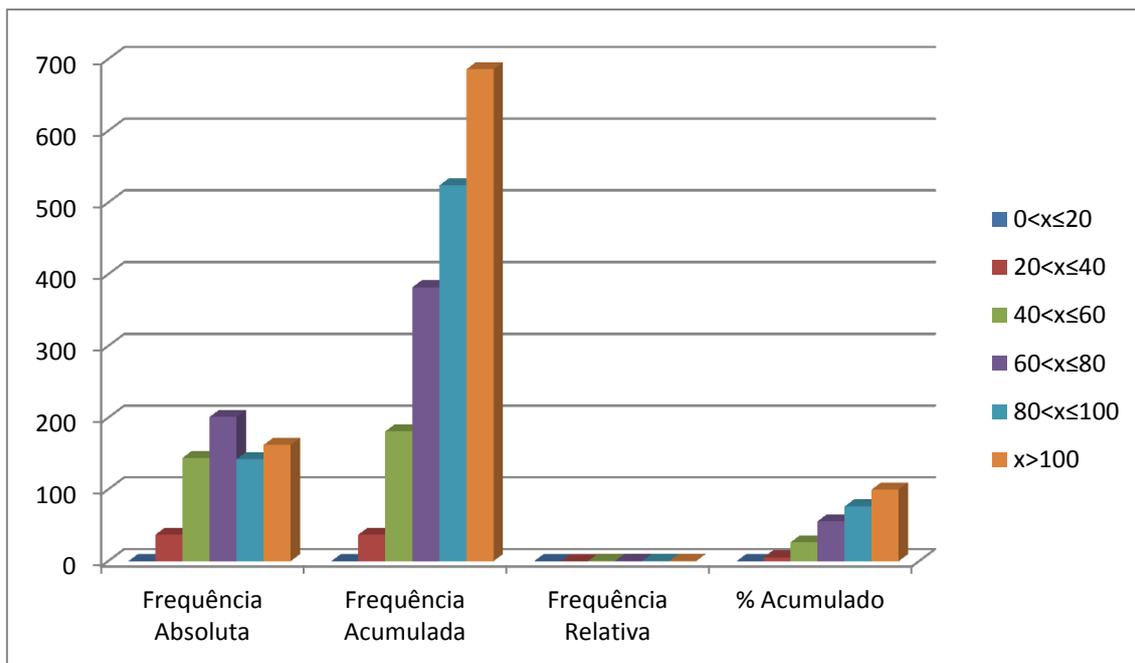


Figura 5.34: Frequências das classes de profundidade dos poços no Subdomínio IVb.

5.2.5.1.4 Diâmetro da Boca do Poço

De acordo com a Tabela 5.63 e Figura 5.35, no Subdomínio IVb, existem duas classes de diâmetro da boca dos tubo, a primeira com 131 poços até 152 mm e a segunda com 938 poços na classe entre 152 mm e 310 mm. Nota-se a presença da maioria dos poços concentrada na segunda classe de diâmetro.

Tabela 5.63 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), na COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IVb.

Classe Diâmetro da Boca (mm)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 152	131	131	0,12	12,25
152 < x ≤ 300	938	1069	0,88	100,00
Total	1069			

A Figura 5.35 ilustra a distribuição de frequência do diâmetro da Boca dos poços no Subdomínio IVb.

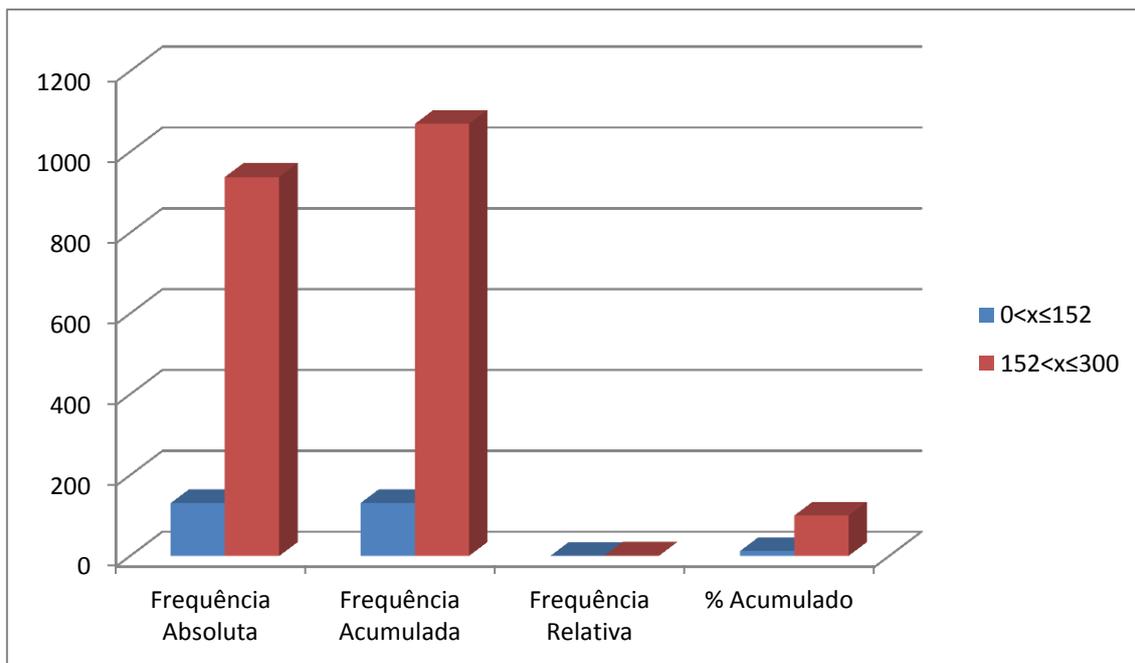


Figura 5.35: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Subdomínio IVb.

5.2.5.1.5 Nível Estático

De acordo com os dados da Tabela 5.64 e Figura 5.36, observa-se que aproximadamente 68% dos poços apresentam níveis estáticos até 20 m, o que significa que esses níveis são rasos, de modo geral. Nas classes de 20 a 30 m encontram-se cerca 14,95% dos poços e no intervalo de poços acima de 30 m estão 16,45% do total. A rigor, todos esses níveis, notadamente os mais profundos, não são “estáticos”, já que a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração.

Tabela 5.64 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, na COPASA, no IGAM e dos novos cadastrados no Subdomínio IVb.

Classe Nível Estático (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 10	248	248	0,41	41,20
10 < x ≤ 20	165	413	0,27	68,60
20 < x ≤ 30	90	503	0,15	83,55
x > 30	99	602	0,16	100,00
Total	602			

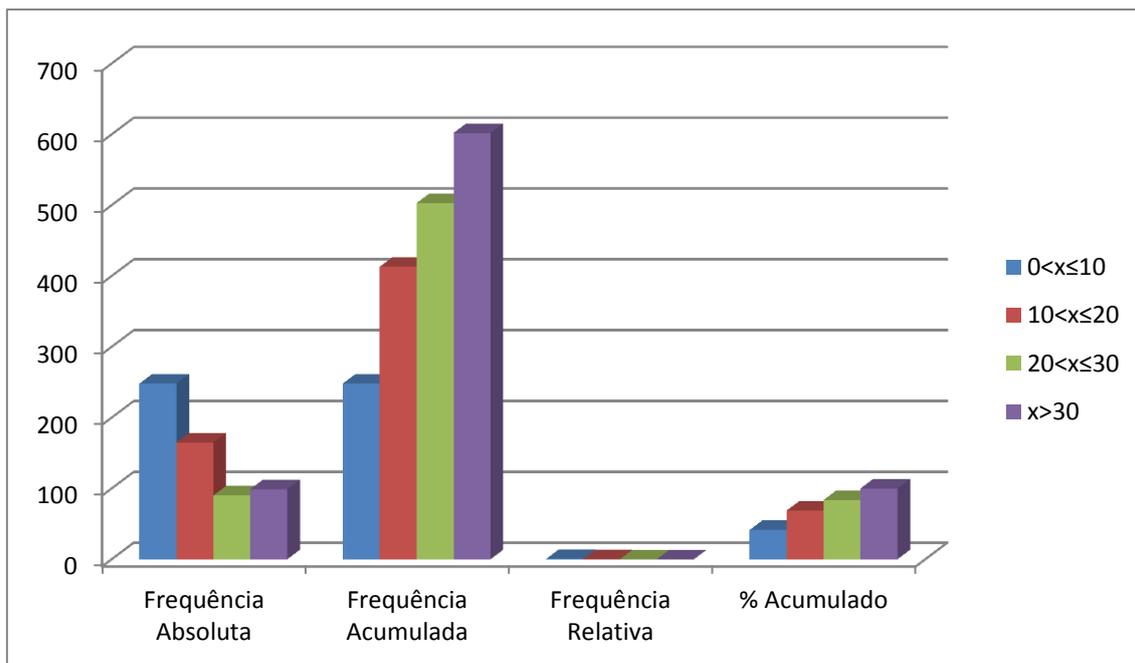


Figura 5.36: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Subdomínio IVb.

5.2.5.1.6 Nível Dinâmico

Para os níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IVb, tem-se que a classe menos frequente corresponde ao intervalo entre de 30 e 40 m (15%). Secundariamente, 16% dos poços (72/464) estão no intervalo entre 0 e 10 m, como pode ser observado na Tabela 5.65 e Figura 5.37. Nota-se, finalmente, que a grande maioria dos níveis dinâmicos (136/464), representando 29%, está no intervalo de poços com profundidade maior que 40 m.

Tabela 5.65 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM, na COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IVb.

Classe Nível Dinâmico (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	72	72	0,16	15,52
10<x≤20	108	180	0,23	38,79
20<x≤30	80	260	0,17	56,03
30<x≤40	68	328	0,15	70,69
x>40	136	464	0,29	100,00
Total	464			

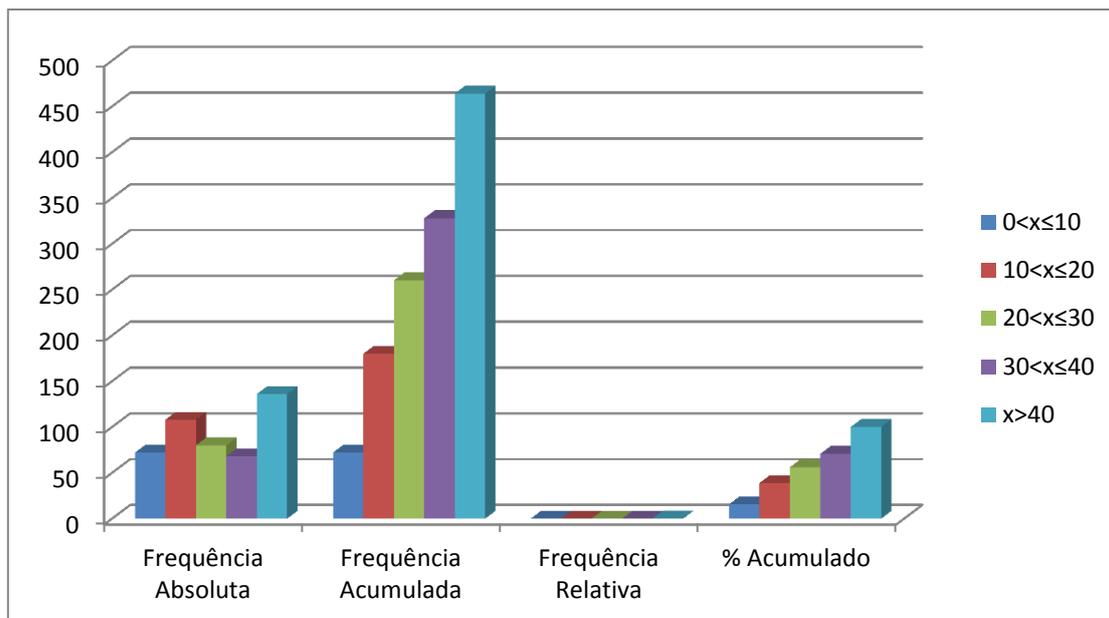


Figura 5.37: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Subdomínio IVb.

5.2.5.1.7 Vazão

No que se refere à vazão dos poços que exploram o Aquífero Bambuí do carste São Francisco no Subdomínio IVb, verifica-se que do total de poços catalogados e cadastrados (Tabela 5.66 e Figura 5.38) existem 578 poços com vazão informada. Observa-se que a classe mais frequente é a entre 0 e 10 metros, com aproximadamente 49% e frequência absoluta de 284 poços. As de menores frequências são os intervalos entre 40 e 50 metros, com apenas 2% do total.

Tabela 5.66 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no IGAM (2014), na COPASA e dos novos cadastrados no Subdomínio IVb.

Classe Vazão (m ³ /h)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	284	284	0,49	49,13
10<x≤20	123	407	0,21	70,42
20<x≤30	45	452	0,08	78,20
30<x≤40	31	483	0,05	83,56
40<x≤50	11	494	0,02	85,47
x>50	84	578	0,15	100,00
Total	578			

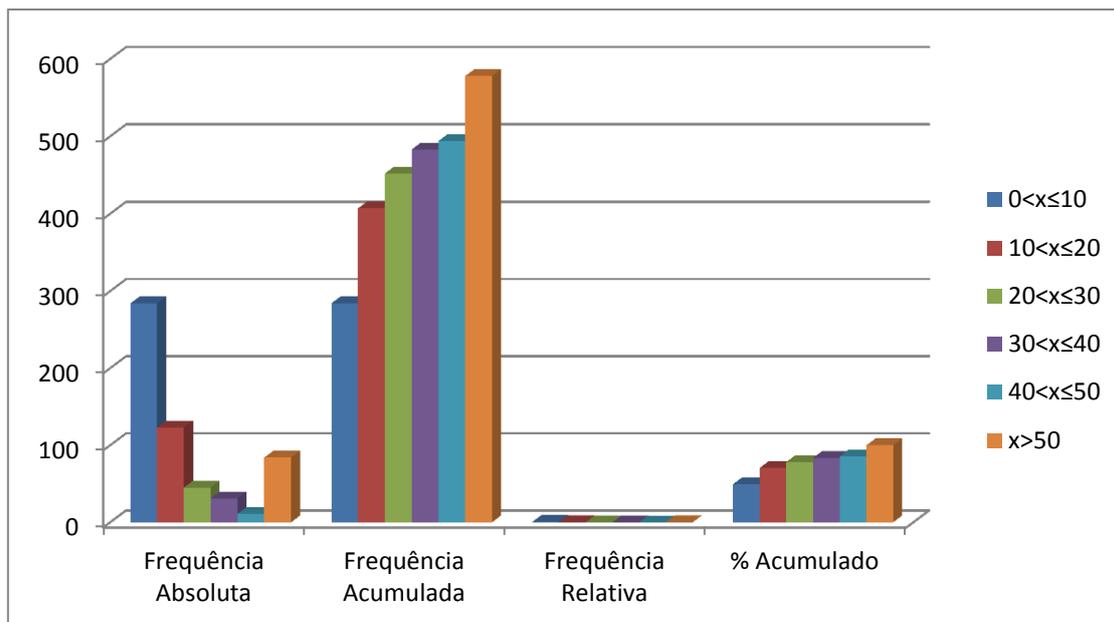


Figura 5.38: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Subdomínio IVb.

Não obstante, de acordo com as condições operacionais em que se encontram os poços (Tabela 5.67) verifica-se que existem 1.129 unidades (61,1%) em condições de funcionamento, ou seja, são poços que estão bombeando (13,4%), estão equipados (47,7%) ou parados/não instalado (2,1%).

Tabela 5.67 – Situação operacional dos 1.129 poços catalogados e cadastrados no Subdomínio IVb.

Registros	Bombeando	Equipado	Seco	Parado/ Não Instalado	Sem informação	Em condições de funcionamento
1129	151	538	199	24	217	689
100%	13,4%	47,7%	17,6%	2,1%	19,2%	61,1%

5.2.5.1.8 Conclusões

Com base nos dados apresentados anteriormente referentes ao Aquífero Bambuí do Carste do São Francisco no Subdomínio IVb é possível concluir que:

- A profundidade dos poços inventariados no Subdomínio IVb variou de 21 a 197 m, com uma média aproximada de 82,4 m (Tabela 5.61), sendo que os poços no intervalo acima de 40 m constituem (Tabela 5.62) a classe mais frequente (94,6%);
- 41% dos poços (Tabela 5.64) possuem níveis estáticos entre 0 e 10 m de profundidade, somados à classe de 10 a 20 m chegam a 413 poços ou 69% do total. Vale ressaltar que a rigor esses níveis não são “estáticos”, pois a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração;
- As vazões informadas dos poços (Tabela 5.66) em cerca de 49% dos casos são menores ou iguais a 10 m³/h e nos 51% restantes oscilam entre mais de 10 m³/h até 504 m³/h;
- Em termos de condições operacionais (Tabela 5.67) do total de 1.129 poços existem 24 poços parados, 199 não utilizáveis, ainda 217 poços sem informação sobre o tema. Dos poços com condições de utilização são: 151 poços bombeando e 538 equipados no subdomínio IVb;
- No que se refere ao tipo de equipamento instalado nos poços (Tabela 5.68), verificou-se que são 418 poços com informações sobre bombas, sendo 243 com bombas submersas, 1 com carneiro hidráulico, 4 com bombas Injetoras, 150 com compressores de Ar e 20 com bombas centrífugas.

Tabela 5.68 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.

Equipamentos de bombeamento	Nº	Bomba submersa	Carneiro hidráulico	Bomba injetora	Compressor	Bomba centrífuga
Registros	418	243	1	4	150	20
Percentual	100%	58,1%	0,24%	1%	35,9%	4,8%

5.2.5.2 Regime de Funcionamento dos Poços

Na Tabela 5.69 são mostrados os valores dos parâmetros estatísticos do número de horas por dia em que são bombeados os poços da área estudada, segundo dados do cadastro de outorgas de água subterrânea IGAM (2014).

Existem apenas 114 poços com regime de funcionamento informado e o cálculo do regime médio de funcionamento para todos os 689 poços, em condições de utilização, é feito usando a média ponderada pela frequência do número de horas de bombeamento, nos intervalos de classe, conforme a expressão:

$$\overline{R}_e = \sum_{j=1}^{12} R_{ej} \times w_j$$

Ou seja, o regime médio estimado é dado pela somatória do regime médio ponderado pela frequência relativa ou fator de ponderação.

Tabela 5.69 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Subdomínio IVb, usando 1.174 poços com regime informado no cadastro de outorgas (IGAM, 2014).

Classe Regime Informado (h/dia)	Frequência Absoluta Número de Poços n_j	Regime médio informado R_{ej} (h/dia)	Frequência Relativa ou Peso $w_j=n_j/N$	Regime médio ponderado (h/dia) $R_{ej} \times w_j$
0<x≤1	6	0,763	0,053	0,040
1<x≤2	17	1,853	0,149	0,276
2<x≤3	6	2,758	0,053	0,145
3<x≤4	12	3,942	0,105	0,415
4<x≤5	8	4,800	0,070	0,337
5<x≤6	9	5,743	0,079	0,453
6<x≤7	2	6,835	0,018	0,120
7<x≤8	8	7,913	0,070	0,555
8<x≤9	1	8,300	0,009	0,073
9<x≤10	7	9,821	0,061	0,603
10<x≤11	2	11,000	0,018	0,193
11<x≤12	9	11,938	0,079	0,942
12<x≤24	27	17,864	0,237	4,231
Soma	114			8,384

Legenda:

$N = \sum n_j = N = \sum n_j$ = número total de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro de água subterrânea realizado ao longo do projeto.

Frequência Absoluta (n_j): número de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro realizado ao longo do projeto.

Regime Médio Informado (R_{ej}) = Média de horas de funcionamento dos poços em cada intervalo de classe.

Regime médio ponderado em cada intervalo de classe: ($R_{ej} \times w_j$).

Frequência Relativa ou fator de ponderação: $w_j = n_j / N$.

Regime Médio Estimado: $\bar{R}_e = \sum_{j=1}^9 R_{ej} \times w_j$ 6 horas e 34 minutos.

Como visto na Tabela 2.69, o regime médio de funcionamento estimado para os poços no Subdomínio IVb em 2015 é de 8,384 horas por dia, o que equivale a 8h:23 min.

5.2.5.3 Produção Global dos Poços

Considerando o regime de funcionamento e a vazão média dos diferentes intervalos de classe de vazão apresentados na Tabela 5.70, obtém-se uma produção estimada de 163.938,86 m³/dia, ou 1.897,4 L/s.

Tabela 5.70 - Produção global estimada, explotada no Subdomínio IVb.

Classe Vazão	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Vazão Média	Efetivo de	Vazão Estimada	Vazão Estimada (m ³ /s)
--------------	---------------------	---------------------	-------------	------------	----------------	------------------------------------

(m ³ /h)			(m ³ /h)	Poços	(m ³ /dia)	689 poços	375 poços
0<x≤1	3	0,01	0,56	6	25,86	0,0003	0,0002
1<x≤2,5	14	0,04	1,71	26	368,20	0,0043	0,0023
2,5<x≤5	74	0,20	3,82	136	4.357,80	0,0504	0,0275
5<x≤7,5	53	0,14	6,34	97	5.177,43	0,0599	0,0326
7,5<x≤10	38	0,10	8,65	70	5.062,85	0,0586	0,0319
10<x≤15	51	0,14	12,16	94	9.556,81	0,1106	0,0602
15<x≤30	60	0,16	21,15	110	19.543,81	0,2262	0,1231
x>30	82	0,22	94,88	151	119.846,10	1,3871	0,7550
Total	375			689	163.938,86	1,8974	1,0327

Legenda:

N = número total de poços com vazão informada no SIG

Frequência Absoluta (FA) = número de poços com vazão informada no SIG em cada intervalo de classe.

Frequência Relativa (FR) = FA/N.

Vazão Média (QM) = média dos valores de vazão informada em cada intervalo de classe.

Efetivo de poços = N° P.P. x FR= número de poços produtores (bombeando/equipado) encontrados dentro dos limites do domínio.

Vazão Estimada (QE) m³/dia = QM x RME x Efetivo de poços em cada intervalo de classe.

Vazão Estimada (QE) m³/s = QE (m³/dia) x Quantidade de segundos em um dia (84.600).

Segundo os dados informados, a produção de água para um efetivo de 689 poços em operação no ano de 2015 foi estimada em 2,0779 m³/s conforme Tabela 5.70.

A Tabela 5.71 apresenta a distribuição da produção global dos poços em condições de funcionamento (Tabela 5.66). Como visto na Tabela 5.69, a produção global de água estimada para os 689 poços atinge 1,8974 m³/s. Só com os 375 poços em operação, a exploração extraía 54,43% desse total, ou seja, 1,0327 m³/s.

Tabela 5.71 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Subdomínio IVb.

Poços	Em condições de funcionamento	Bombeando	Equipado
Número	689	151	538
Percentual	100%	21,92%	78,08%
Vazão (m³/s)	1,8974	0,4159	1,4814

A distribuição espacial dos poços produtores no Subdomínio IVb é mostrada na Figura 5.39.

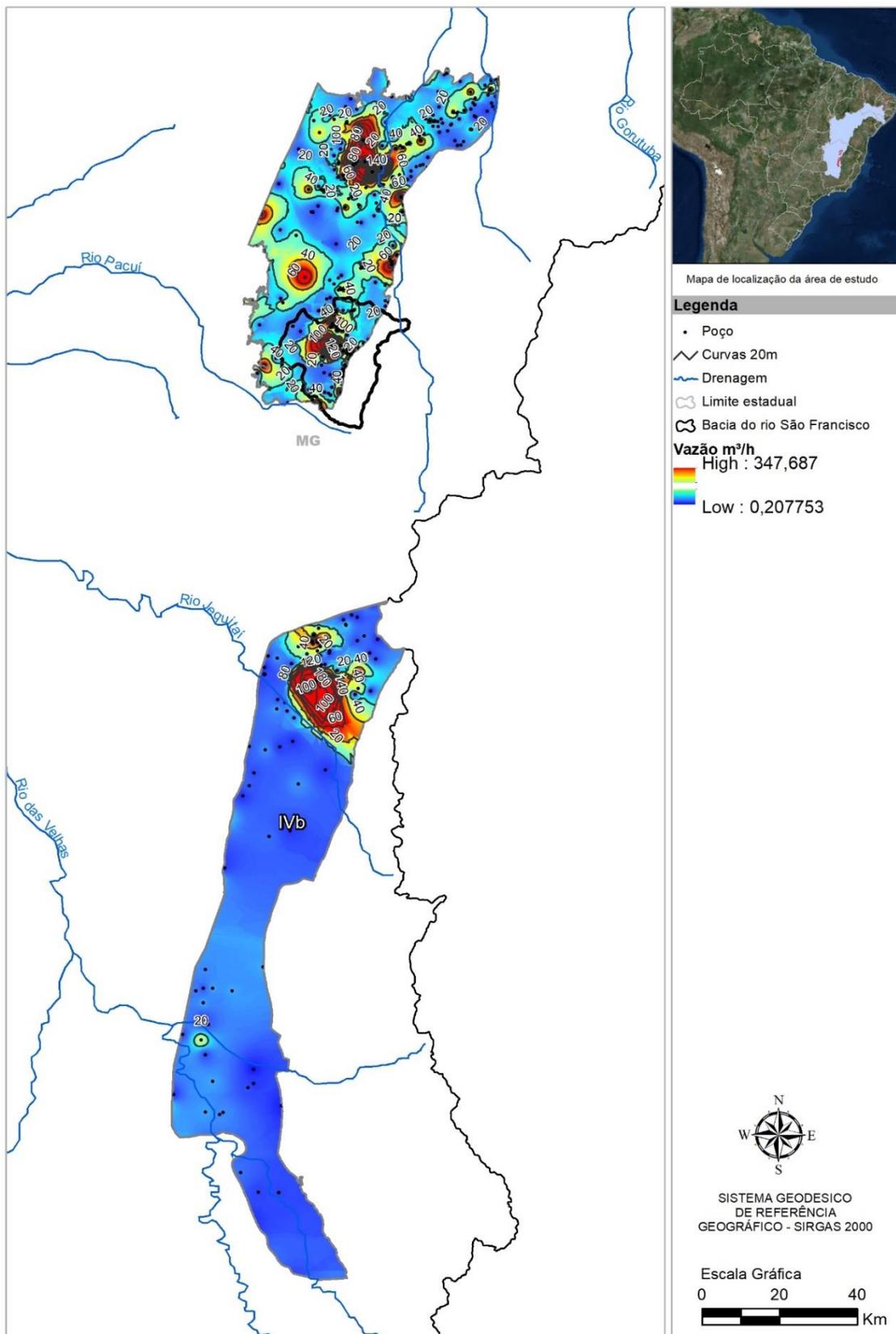


Figura 5.39: Distribuição espacial da produção de 689 poços em operação localizados no Subdomínio IVb.

5.2.5.4 Recarga no Subdomínio IVb

A Tabela 5.72 apresentada a seguir, identifica quais são as estações utilizadas para os cálculos de recarga, sendo mostradas ainda, outras informações como dimensão da bacia, código e nome da estação, e o período a que se referem os registros de medições de descarga em cada uma delas.

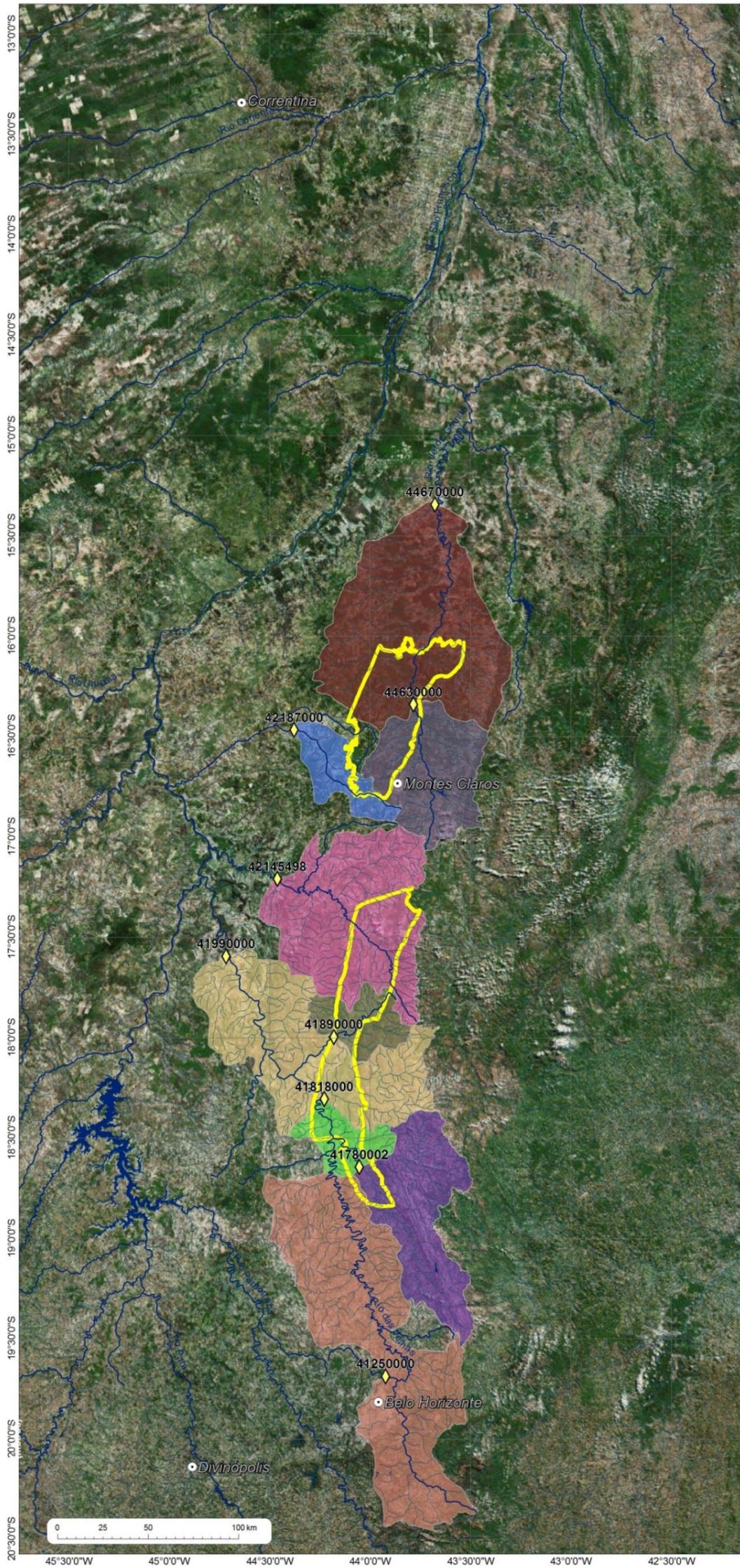
Tabela 5.72 – Informações básicas sobre as estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do subdomínio IVb

Código da estação*	Latitude	Longitude	Denominação	Curso d'água	Área (km ²)	Período de monitoramento	Período adotado para cálculo
44630000	-16,3406	-43,7831	Capitão Enéas	Rio Verde Grande	3.541,31	1976 - 2015	1976 – 2007
44670000	-15,3431	-43,6756	Colônia do Jaíba	Rio Verde Grande	7.633,77	1962 - 2015	1962 – 2007
41890000	-17,9964	-44,1775	Estação de Curumataí	Rio Curumataí	1.371,79	1965 - 2014	1965 – 2007
42145498	-17,2094	-44,46	Faz. Umburana – Montante	Rio Jequitaiá	6.369,88	1977 - 2015	1977 – 2007
41650002	-18,6728	-44,1939	Ponte do Licínio - Jusante	Rio das Velhas	8.270,17	1976 - 2015	1976 - 2005
42187000	-16,4669	-44,3761	Ponte dos Ciganos	Rio Pacuí	1.372,41	1973 - 2015	1973 - 2007
41780002	-18,645	-44,0506	Pres. Juscelino – Jusante	Rio Paraúna	3.994,53	1978 - 2015	1978 – 2007
41818000	-18,3061	-44,2258	Santo Hipólito (ANA/CEMIG)	Rio das Velhas	1.223,06	1938 - 2015	1938 - 2007
41990000	-17,5947	-44,7139	Várzea da Palma	Rio das Velhas	6.478,07	1938 - 2015	1938 - 2006

Como se observa na Figura 5.40 apresentada a seguir, a configuração hidrográfica das bacias de interesse revela que uma pequena porção do Subdomínio IVb não pode ser qualificada por estas, o que, no entanto, não prejudicou os cálculos realizados. Ressalta-se que as nove estações analisadas apresentam porções que extrapolam os limites do Subdomínio IVb, tendo sido, portanto, computados somente os volumes interiores de cada uma das bacias em relação às áreas pertencentes a esse subdomínio. Do ponto de vista geológico, o conteúdo litológico das oito bacias avaliadas mostrou-se distribuído pelas seguintes tipologias: Lagoa do Jacaré, Sete Lagoas, Macaúbas indiviso, Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré, calcário, Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas, Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas, Três Marias, Paraopeba, Depósitos Aluvionares, Lagoa do Jacaré, siltito, Urucuia.

A Tabela 5.73 apresentada abaixo indica os percentuais de distribuição de cada uma das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IVb.

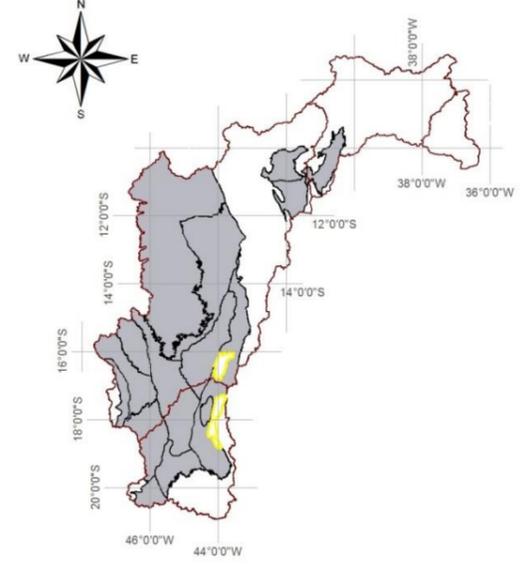
Subdomínio IVB – Grupo Bambuí indeformado a parcialmente deformado



Mapas de localização



Mapa de domínios de ocorrência de unidades carbonáticas



Legenda

- ◆ Estação fluviométrica
 - Sedes municipais
 - Zonas de descarga local
 - Zonas de descarga intermediária
- Subdomínio**
- Subdomínio IVB – Grupo Bambuí indeformado a parcialmente deformado
 - subIvB_bacias_geral
- Limite bacía hidrográfica**
- 44630000 - Capitão Eneás
 - 44670000 - Colônia do Jalba
 - 41890000 - Estação de Curimatai
 - 42145498 - Fazenda Umburana - Montante
 - 41650002 - Ponte do Licínio - Jusante
 - 42187000 - Ponte dos Ciganos
 - 41780002 - Presidente Juscelino - Jusante
 - 41818000 - Santo Hipólito (ANA/CEMIG)
 - 41990000 - Várzea da Palma

Figura 5.40: Mapa de localização das 9 bacias hidrográficas consideradas nos cálculos de recarga do Subdomínio Ivb.

Tabela 5.73 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Subdomínio IVb.

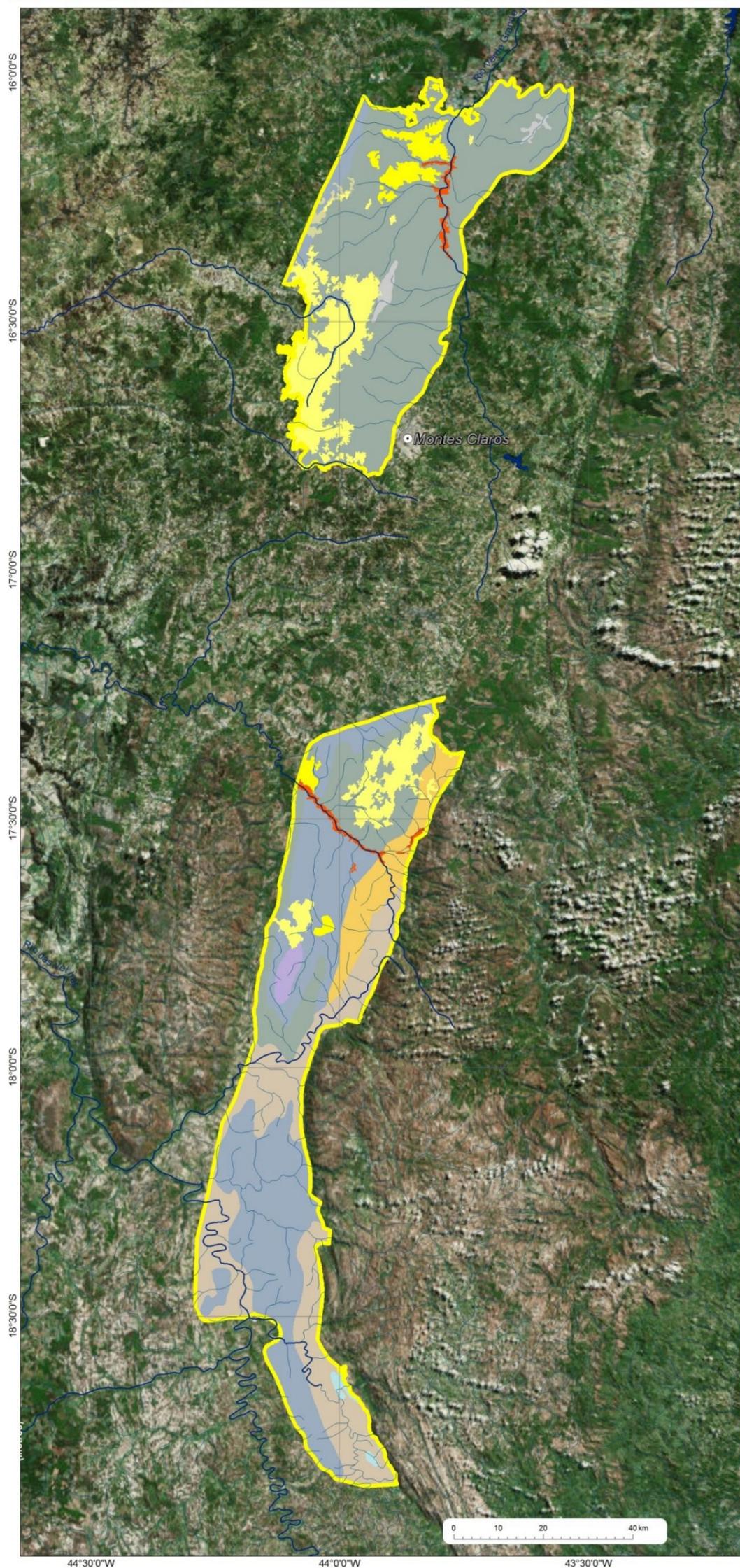
GEOLOGIA DO SUBDOMÍNIO IVb			
Unidade Geológica	Área (km ²)	%	Tipologia Litológica
Lagoa do Jacaré	1587,63	24,54	Calcarenito, Siltito, Marga
Sete Lagoas	23,37	0,36	Rocha metapelítica, Dolomito
Macaúbas, indiviso	0	0,00	Metadiamicrito
Serra de Santa Helena	1037,28	16,03	Siltito, Folhelho, Marga
Lagoa do Jacaré, calcário	2533,37	39,16	Calcário, Marga, Siltito
Coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas	159,42	2,46	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte
Coberturas detrítico-lateríticas com concreções ferruginosas	663,87	10,26	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho
Três Marias	47,34	0,73	Arcóseo, Argilito, Siltito
Paraopeba	290,52	4,49	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga
Depósitos aluvionares	64,67	1,00	Areia, Argila, Cascalho, Silte
Lagoa do Jacaré, siltito	40,8	0,63	Siltito, Calcário, Ardósia, Argilito
Urucuia	21,54	0,33	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado
Total	6469,81	100,00	

O mapa da Figura 5.41 mostra a distribuição dos tipos de rocha existentes no interior do subdomínio IVb, bem como sua inserção na bacia do rio São Francisco.

5.2.5.4.1 Resultados

De posse da análise dos hidrogramas das nove estações fluviométricas, pôde-se levantar, os quantitativos referentes às descargas subterrâneas para cada tipologia litológica.

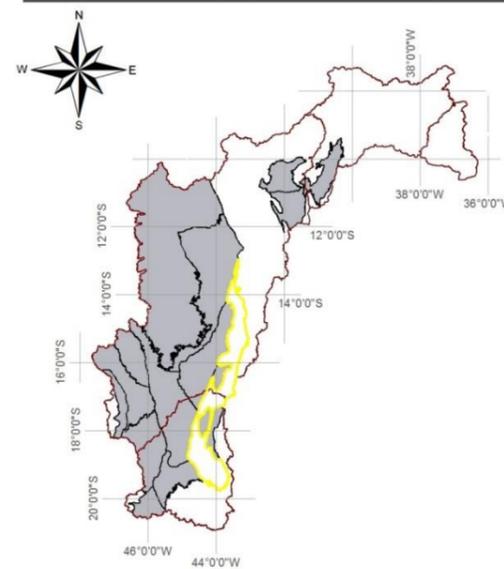
Subdomínio IVB – Grupo Bambuí indeformado a parcialmente deformado



Mapas de localização



Mapa de domínios de ocorrência de unidades carbonáticas



Legenda

- Sedes municipais
 - Zonas de descarga local
 - Zonas de descarga intermediária
- Subdomínio**
- Subdomínio IVB – Grupo Bambuí indeformado a parcialmente deformado
- Unidades Geológicas**
- Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas
 - Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas
 - Depósitos aluvionares
 - Grupo Urucua
 - Subgrupo Paraopeba
 - Formação Lagoa do Jacaré
 - Formação Lagoa do Jacaré, calcário
 - Formação Lagoa do Jacaré, siltito
 - Formação Três Marias
 - Grupo Macaúbas Indiviso - Metassiltito
 - Formação Serra de Santa Helena
 - Formação Sete Lagoas

Figura 5.41: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Subdomínio IVb.

Os hidrogramas de cada estação de interesse, os quais serviram para caracterizar os volumes médios que representam as descargas oriundas dos aquíferos permitem visualizar os traçados que representam os filtros adotados nos procedimentos metodológicos (Eckardt, 2008), e servem ainda para identificar os volumes médios de referência (Filtros A e B) adotados como o valor de base assumido para o escoamento subterrâneo (recarga), considerando-se todo o período de medição de descargas de cada estação.

Considerando-se que cada tipologia litológica apresenta uma determinada característica hidrogeológica, ou seja, suas propriedades físicas intrínsecas permitem que sua capacidade de armazenamento de água seja variável (entre distintos tipos de rocha), o conjunto de rochas presentes numa dada bacia hidrográfica vai definir o potencial médio de água capaz de ser liberado no tempo, e no espaço físico da bacia hidrográfica, o que, por sua vez, definirá o volume de descarga específica média numa dada seção fluviométrica e, também, se for o caso, por tipologia litológica. Por isso, a análise ano a ano de cada hidrograma, segundo os métodos de aplicação de filtros para separação dos escoamentos superficial e subterrâneo, revela-se como ferramenta importante para o reconhecimento dessas descargas específicas médias, numa dada seção de interesse.

Os resultados finais de descarga subterrânea específica obtidos em cada estação são apresentados nas Tabelas 5.74 a 5.82 seguir.

Tabela 5.74 – Áreas e valores de vazão para a estação Capitão Enéas.

Estação Capitão Enéas	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	1761,648	49,746	0,501	882,612	0,51
Lagoa do Jacaré, siltito	Siltito, Calcário, Ardósia, Argilito	23,014	0,6499	0,301	6,918	
Quartzitos		9,055	0,2557	0,363	3,289	
Lagoa do Jacaré, marga	Marga, Siltito, Calcário	449,755	12,7	0,301	135,201	
Lagoa do Jacaré, calcário	Calcário, Marga, Siltito	800,601	22,607	0,676	541,502	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	172,251	4,864	0,589	101,402	
Serra do Catuni	Metadiamicrito, Metassiltito, Quartzito, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	102,632	2,8981	0,363	37,280	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	105,215	2,9711	0,752	79,071	
Serra Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	107,458	3,0344	0,150	16,151	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	2,638	0,0745	1,002	2,643	
Drenagem		7,047	0,199	0,000	0,000	

Tabela 5.75 – Áreas e valores de vazão para a estação Colônia do Jaíba.

Estação Colônia do Jaíba	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	2909,696	23,899	0,465	1353,751	0,482
Lagoa do Jacaré, siltito	Siltito, Calcário, Ardósia, Argilito	744,642	6,116	0,233	173,225	
Quartzitos		29,213	0,240	0,337	9,854	
Serra do Catuni	Metassiltito	33,871	0,278	0,337	11,425	
Riacho dos Machados	Xisto, Ortoanfíbolito	0,498	0,004	0,081	0,041	
Lagoa do Jacaré, marga	Marga, Siltito, Calcário	937,197	7,698	0,279	261,621	
Rio Gorutuba	Granodiorito, Granito	13,572	0,111	0,186	2,526	
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	753,660	6,190	0,756	569,797	
Lagoa do Jacaré, calcário	Calcário, Marga, Siltito	2146,937	17,634	0,628	1348,481	
Coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	2070,560	17,007	0,547	1131,923	
Serra do Catuni	Metadiamicítico, Metassiltito, Quartzito, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	307,575	2,526	0,337	103,748	
Coberturas detrítico-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	221,215	1,817	0,698	154,382	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	21,563	0,177	0,174	3,762	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	110,689	0,909	0,140	15,450	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	1705,038	14,004	0,337	575,126	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	162,112	1,332	0,931	150,847	
Drenagem		7,047	0,058	0,000	0,000	

Tabela 5.76 – Áreas e valores de vazão para a estação de Curimataí.

Estação Curimataí	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	100,309	7,312	7,245	726,772	2,934
Jequitaiá	Diamictito, Arenito, Varvito, Tilito	43,301	3,157	3,780	163,685	
Macaúbas indiviso - Quartzito	Quartzito, Metassiltito	3,819	0,278	3,780	14,438	
Galho do Miguel	Argilito	389,288	28,378	1,575	613,159	
Córrego Bandeira	Filito, Metassiltito	17,344	1,264	1,260	21,854	
Santa Rita	Metassiltito, Filito	72,609	5,293	1,575	114,364	
São João da Chapada		0,078	0,006	4,410	0,344	
Macaúbas, indiviso	Metadiamictito	53,121	3,872	3,150	167,339	
Córrego dos Borges	Filito, Metaconglomerado	179,693	13,099	1,575	283,030	
Córrego Pereira	Mica quartzito, Quartzito	2,590	0,189	4,568	11,829	
Lagoa do Jacaré, calcário	Calcário, Marga, Siltito	144,368	10,524	7,875	1136,957	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	1,186	0,086	7,403	8,782	
Macaúbas Indiviso - Metassiltito	Metassiltito, Xisto, Quartzito	2,984	0,218	4,095	12,221	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	6,802	0,496	1,890	12,857	
Sopa-Brumadinho	Metaconglomerado, Arenito, Rocha pelítica	0,379	0,028	5,355	2,032	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	316,466	23,070	1,764	558,274	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	37,455	2,730	4,725	176,984	

Tabela 5.77 – Áreas e valores de vazão para a estação Fazenda Umburana – Montante.

Estação Fazenda Umburana – Montante	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	3234,562	47,448	2,595	8394,830	1,992
Jequitaiá	Diamictito, Arenito, Varvito, Tilito	289,434	4,246	1,254	363,072	
Macaúbas indiviso - Quartzito	Quartzito, Metassiltito	34,439	0,505	1,254	43,201	
Galho do Miguel	Argilito	953,187	13,982	0,519	494,772	
Santa Rita	Metassiltito, Filito	93,597	1,373	1,254	117,410	
Duas Barras	Metarenito, Metaconglomerado	1,047	0,015	1,254	1,313	
Córrego dos Borges	Filito, Metaconglomerado	193,236	2,835	0,303	58,510	
Lagoa do Jacaré, calcário	Calcário, Marga, Siltito	563,375	8,264	2,163	1218,465	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	281,458	4,129	2,033	572,212	
Macaúbas indiviso - Metassiltito	Metassiltito, Xisto, Quartzito	32,150	0,472	1,038	33,376	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	586,043	8,597	2,595	1520,988	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	52,232	0,766	0,649	33,890	
Sopa-Brumadinho	Metaconglomerado, Arenito, Rocha pelítica	19,212	0,282	1,298	24,931	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho, Marga	66,395	0,974	0,433	28,720	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	349,604	5,128	1,254	438,551	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	67,041	0,983	3,460	231,993	

Tabela 5.78– Áreas e valores de vazão para a estação Ponte do Licínio – Jusante.

Estação Ponte do Licínio	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	(km ²)	%	Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
Lagoa do Jacaré	Itabirito, Dolomito, Filito	121,638	1,151	15,063	1832,277	6,496
Cauê	Xisto, Metagrauvaca, Metatufo	93,785	0,887	17,323	1624,622	
Sabará	Quartzito ferruginoso, Filito, Dolomito	132,062	1,249	2,636	348,126	
Cercadinho	Metarenito, Rocha metapelítica, Metagrauvaca, Rocha calcissilicática	64,758	0,613	12,051	780,382	
Nova Lima, associação resedimentada	Siltito, Calcário, Ardósia, Argilito	718,278	6,796	6,025	4327,855	
Lagoa do Jacaré, siltito	Argilito	12,250	0,116	8,285	101,488	
Galho do Miguel	Rocha metapelítica, Dolomito	29,746	0,281	6,778	201,632	
Sete Lagoas	Metadiamictito	110,696	1,047	14,310	1584,071	
Macaúbas, indiviso	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila	23,242	0,220	7,532	175,054	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Rocha metaltramáfica, Rocha metamáfica	265,728	2,514	17,699	4703,227	
Rochas metaltramáficas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	2,046	0,019	3,013	6,163	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Metaconglomerado, Arenito, Rocha pelítica	18,257	0,173	18,829	343,769	
Sopa-Brumadinho	Siltito, Folhelho, Marga	64,544	0,611	12,804	826,406	
Serra de Santa Helena	Calcarenito, Calcissiltito, Milonito, Brecha, Marga	4972,312	47,045	4,218	20971,853	
Lagoa Santa	Rocha metapelítica, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	404,743	3,829	21,842	8840,308	
Associação química-pelítica-Nova Lima	Filito, Metaconglomerado	45,927	0,435	4,218	193,706	
Caraça	Dolomito, Mármore, Itabirito, Filito	135,896	1,286	4,519	614,114	
Gandarela	Conglomerado, Arenito conglomerático, Arenito, Diamictito, Lamito	60,845	0,576	15,063	916,523	
Depósitos aluvionais e coluviais	Calcissiltito, Micrito, Milonito, Marga, Calcarenito, Mármore calcítico	5,702	0,054	27,114	154,602	
Pedro Leopoldo	Granito, Granito gnaiss, Granodiorito	225,342	2,132	15,063	3394,390	
Caeté	Itabirito, Dolomito, Xisto, Filito	284,503	2,692	5,272	1499,945	
Itabira	Gnaiss, Granodiorito, Migmatito	35,259	0,334	15,063	531,121	

Tabela 5.78– Áreas e valores de vazão para a estação Ponte do Licínio – Jusante – Continuação.

Estação Ponte do Licínio	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
	Serpentinito, Metagabro, Xisto	1595,364	15,094	5,272	8411,011	
Nova Lima, associação vulcânica máfica-ultramáfica	Filito, Dolomito, Xisto	232,865	2,203	3,013	701,544	
Piracicaba	Granito	182,762	1,729	3,766	688,251	
Coelho	Filito, xisto, Quartzito ferruginoso, Metaconglomerado	3,005	0,028	5,272	15,842	
Cambotas	Monzonito	11,338	0,107	6,025	23,722	
Santa Luzia	Metagrauvaca, Rocha metapelítica, Aglomerado, Tufo lapili, Metaconglomerado, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	3,937	0,037	6,025	23,722	
Nova Lima, associação vulcanoclástica		63,407	0,600	7,532	477,559	
Santa Paula	Granito	1,384	0,013	0,000	0,000	
General Carneiro	Metaconglomerado	5,036	0,048	5,272	26,550	
Maquiné, associação aluvionar	Filito, Metaconglomerado	101,092	0,956	8,285	837,530	
Itacolomi	Rocha metapelítica, Metagrauvaca, Metarenito, Metaconglomerado	1,833	0,017	4,519	8,285	
Maquiné, associação costeira	Filito, Dolomito, Quartzito, Mármore dolomítico	3,815	0,036	9,791	37,349	
Fecho do funil	Gnaisse	45,395	0,430	5,272	239,330	
Bonfim	Quartzito	0,158	0,001	6,025	0,950	
Tabuões	Granito, Granodiorito	18,902	0,179	9,038	170,840	
Bação	Tonalito	409,009	3,870	6,025	2464,410	
Samambaia	Xisto, Rocha metamáfica, Metagrauvaca, Calcissiltito, Formação ferrífera bandada (BIF'S), Metachert, Rocha metaultramáfica	0,006	0,000	6,025	0,036	
Nova Lima	Areia, Argila, Cascalho, Silte	27,175	0,257	3,766	102,336	
Depósitos aluvionares		7,471	0,071	27,114	202,565	
Drenagem	Quartzito, Metasiltito	3,020	0,029	0,000	0,000	
Macaúbas indiviso - Quartzito		24,701	0,234	8,302	205,067	

Tabela 5.79 – Áreas e valores de vazão para a estação Ponte dos Ciganos.

Estação Ponte dos Ciganos	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	815,146	59,395	1,842	1501,815	2,242
Urucuia	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito, Conglomerado	233,507	17,014	2,994	699,092	
Lagoa do Jacaré, calcário	Calcário, Marga, Siltito	43,515	3,171	2,303	100,215	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	4,030	0,294	2,165	8,725	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	272,337	19,844	2,764	752,625	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	0,056	0,004	1,336	0,075	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	3,818	0,278	3,685	14,070	

Tabela 5.80 – Áreas e valores de vazão para a estação Presidente Juscelino – Jusante.

Estação Presidente Juscelino - Jusante	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	117,756	2,948	14,834	1746,801	6,209
Lagoa do Jacaré, siltito	Siltito, Calcário, Ardósia, Argilito	7,551	0,189	7,417	56,002	
Macaúbas indiviso - Quartzito	Quartzito, Metassiltito	42,412	1,062	8,091	343,171	
Galho do Miguel	Argilito	647,812	16,217	6,743	4368,039	
Córrego Bandeira	Filito, Metassiltito	45,480	1,139	2,697	122,665	
Costa Sena	Xisto, Granito, Gnaiss, Metavulcânica máfica, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	210,197	5,262	4,720	992,116	
Santa Rita	Metassiltito, Filito	220,017	5,508	3,371	741,761	
São João da Chapada		27,023	0,677	9,440	255,097	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	129,233	3,235	11,463	1481,360	
Macaúbas, indiviso	Metadiamicrito	186,165	4,661	6,743	1255,267	
Córrego dos Borges	Filito, Metaconglomerado	228,688	5,725	3,371	770,995	
Pedro Lessa	Metagabro	41,954	1,050	3,371	141,442	
Gouveia	Granitóide, Gnaiss	425,279	10,647	4,720	2007,285	
Campo Sampaio	Rocha metapelítica	90,406	2,263	6,743	609,587	
Pedro Pereira	Rocha metamáfica, Xisto, Rocha metaultramáfica, Metavulcânica félsica, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	2,319	0,058	4,720	10,947	
Sopa-Brumadinho	Metaconglomerado, Arenito, Rocha pelítica	421,028	10,540	11,463	4826,104	
Itambé do Mato Dentro	Filito, Metaconglomerado	7,906	0,198	6,068	47,980	
Rio Preto – Nível fosfatado	Quartzito, Sericita xisto	6,570	0,164	8,091	53,163	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho	928,329	23,240	3,776	3505,315	
Serra do Lobo	Marga	68,827	1,723	8,091	556,903	
Rio Preto	Xisto	2,298	0,058	4,720	10,847	
Belo Horizonte	Gnaiss, Granodiorito, Migmatito	0,426	0,011	4,720	2,012	
Soleiras e diques máficos	Metadiabásio	101,286	2,536	2,023	204,884	
Sopa-Brumadinho, formação ferrífera	Formação ferrífera bandada (BIF'S), Quartzito	0,296	0,007	16,857	4,995	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	31,808	0,796	21,577	686,307	
Drenagem		3,459	0,087	0,000	0,000	

Tabela 5.81 – Áreas e valores de vazão para a estação Santo Hipólito.

Estação Presidente Juscelino	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	561,603	3,376	14,159	7951,546	5,827
Galho do Miguel	Argilito	716,709	4,309	9,010	6457,589	
Córrego Bandeira	Filito, Metassiltito	76,684	0,461	2,574	197,409	
Santa Rita	Metassiltito, Filito	254,241	1,528	3,218	818,116	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	245,005	1,473	10,941	2680,545	
Macaúbas, indiviso	Metadiamicrito	275,319	1,655	6,436	1771,888	
Córrego dos Borges	Filito, Metaconglomerado	311,134	1,870	3,218	1001,191	
Córrego Pereira	Mica quartzito, Quartzito	7,431	0,045	9,332	69,344	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	515,348	3,098	15,124	7794,128	
Rio Pardo Grande	Metassiltito	15,941	0,096	5,149	82,072	
Serra de Santa Helena	Siltito, Folhelho	7116,781	42,784	3,604	25649,041	
Soleiras e diques máficos	Metadiabásio	102,471	0,616	1,931	197,843	
Cauê	Itabirito, Dolomito, Filito	93,785	0,564	17,323	1624,622	
Sabará	Xisto, Metagrauvaca, Metatufo	132,062	0,794	2,636	348,126	
Cercadinho	Quartzito ferruginoso, Filito, Dolomito	64,758	0,389	12,051	780,382	
Nova Lima, associação resedimentada	Metarenito, Rocha metapelítica, Metagrauvaca, Rocha calcissilicática	718,278	4,318	6,025	4327,855	
Lagoa do Jacaré, siltito	Siltito, Calcário, Ardósia, Argilito	19,800	0,119	8,285	164,043	
Rochas metaultramáficas	Rocha metaultramáfica, Rocha metamáfica	2,046	0,012	3,013	6,163	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	18,257	0,110	18,829	343,769	
Sopa-Brumadinho	Metaconglomerado, Arenito, Rocha pelítica	485,571	2,919	12,804	6217,164	
Lagoa Santa	Calcarenito, Calcissiltito, Milonito, Brecha, Marga	404,743	2,433	21,842	8840,308	
Associação química-pelítica-Nova Lima	Rocha metapelítica, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	45,927	0,276	4,218	193,706	
Caraça	Filito, Metaconglomerado	135,896	0,817	4,519	614,114	
Gandarela	Dolomito, Mármore, Itabirito, Filito	60,845	0,366	15,063	916,523	
Depósitos aluvionares e coluviais	Conglomerado, Arenito conglomerático, Arenito, Diamictito, Lamito	5,702	0,034	27,114	154,602	
Pedro Leopoldo	Calcissiltito, Micrito, Milonito, Marga, Calcarenito, Mármore calcítico	225,342	1,355	15,063	3394,390	
Caeté	Granito, Granito gnaiss, Granodiorito	284,503	1,710	5,272	1499,945	
Itabira	Itabirito, Dolomito, Xisto, Filito	35,259	0,212	15,063	531,121	

Tabela 5.81 – Áreas e valores de vazão para a estação Santo Hipólito – Continuação.

Estação Presidente Juscelino	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Belo Horizonte	Gnaiss, Granodiorito, Migmatito	1595,790	9,593	5,272	8413,259	
Nova Lima, associação vulcânica máfica-ultramáfica	Serpentinito, Metagabro, Xisto	232,865	1,400	3,013	701,544	
Piracicaba	Filito, Dolomito, Xisto	182,762	1,099	3,766	688,251	
Coelho	Granito	3,005	0,018	5,272	15,842	
Cambotas	Filito, Xisto, Quartzito ferruginoso, Metaconglomerado	11,338	0,068	6,025	68,313	
Santa Luzia	Monzonito	3,937	0,024	6,025	23,722	
Nova Lima, associação vulcanoclástica	Metagrauvaca, Rocha metapelítica, Aglomerado, Tufo lapili, Metaconglomerado, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	63,407	0,381	7,532	477,559	
Santa Paula		1,384	0,008	0,000	0,000	
General Carneiro	Granito	5,036	0,030	5,272	26,550	
Maquiné, associação aluvionar	Metaconglomerado	101,092	0,608	8,285	837,530	
Itacolomi	Filito, Metaconglomerado	1,833	0,011	4,519	8,285	
Maquiné, associação costeira	Rocha metapelítica, Metagrauvaca, Metarenito, Metaconglomerado	3,815	0,023	9,791	37,349	
Fecho do Funil	Filito, Dolomito, Quartzito, Mármore dolomítico	45,395	0,273	5,272	239,330	
Bonfim	Gnaiss	0,158	0,001	6,025	0,950	
Tabuões	Quartzito	18,902	0,114	9,038	170,840	
Baço	Granito, Granodiorito	409,009	2,459	6,025	2464,410	
Samambaia	Tonalito	0,006	0,000	6,025	0,036	
Nova Lima	Xisto, Rocha metamáfica, Metagrauvaca, Calcissilito, Formação ferrífera bandada (BIF'S), Metachert, Rocha metaultramáfica	27,175	0,163	3,766	102,336	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	39,278	0,236	27,114	1064,995	
Drenagem		6,478	0,039	0,000	0,000	
Macaúbas indiviso - Quartzito	Quartzito, Metassilito	67,113	0,403	8,091	543,034	
Costa Sena	Xisto, Granito, Gnaiss, Metavulcânica máfica, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	210,197	1,264	4,720	992,116	
São João da Chapada		27,023	0,162	9,440	255,097	
Pedro Lessa	Metagabro	41,954	0,252	3,371	141,442	
Gouveia	Granitóide, Gnaiss	425,279	2,557	4,720	2007,285	
Campo Sampaio	Rocha metapelítica	90,406	0,543	6,743	609,587	
Pedro Pereira	Rocha metamáfica, Xisto, Rocha metaultramáfica, Metavulcânica félsica, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	2,319	0,014	4,720	10,947	
Itambé do Mato Dentro	Filito, Metaconglomerado	7,906	0,048	6,068	47,980	
Rio Preto – Nível fosfatado	Quartzito, Sericita xisto	6,570	0,039	8,091	53,163	
Serra do Lobo	Marga	68,827	0,414	8,091	556,903	
Rio Preto	Xisto	2,298	0,014	4,720	10,847	
Sopa-Brumadinho, formação ferrífera	Formação ferrífera bandada (BIF'S), Quartzito	0,296	0,002	16,857	4,995	

Tabela 5.82 – Áreas e valores de vazão para a estação Várzea da Palma.

Estação Várzea da Palma	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, Siltito, Marga	1181,380	4,455	10,673	12609,343	4,915
Jequitaiá	Diamictito, Arenito, Carvito, Tilito	218,307	0,823	5,569	1215,691	
Galho do Miguel	Argilito	2342,320	8,833	6,497	15217,714	
Córrego Bandeira	Filito, Metassiltito	143,545	0,541	1,856	266,455	
Costa Sena	Xisto, Granito, Gnaiss, Metavulcânica máfica, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	228,096	0,860	3,248	740,953	
Santa Rita	Metassiltito, Filito	539,200	2,033	2,320	1251,109	
São João da Chapada		89,672	0,338	6,497	582,586	
Macaúbas, indiviso	Metadiamictito	409,279	1,543	4,641	1899,306	
Córrego dos Borges	Filito, Metaconglomerado	778,804	2,937	2,320	1807,064	
Córrego Pereira	Mica quartzito, Quartzito	308,566	1,164	6,729	2076,303	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	1739,909	6,561	10,905	18974,463	
Gouveia	Granitóide, Gnaiss	428,453	1,616	3,248	1391,798	
Rio Pardo Grande	Metassiltito	151,070	0,570	3,712	560,846	
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	481,037	1,814	13,922	6696,918	
Três Marias	Arcóseo, Argilito, Siltito	820,268	3,093	2,784	2283,928	
Sopa-Brumadinho	Metaconglomerado, Arenito, Rocha pelítica	593,261	2,237	7,889	4680,256	
Serra de Santa Helena	Siltito, folhelho, Marga	10045,964	37,884	2,599	26106,868	
Paraopeba	Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, Ritmito, Marga	179,454	0,677	6,961	1249,163	
Soleiras e diques máficos	Metadiabásico	135,988	0,513	1,392	189,320	
Depósitos aluvionares	Areia, Argila, Cascalho, Silte	76,617	0,289	16,706	1279,972	
Macaúbas indiviso - Quartzito	Quartzito, Metassiltito	70,933	0,276	3,780	268,138	
Lagoa do Jacaré, calcário	Calcário, Marga, Siltito	144,368	0,544	7,875	1136,957	
Macaúbas indiviso - Metassiltito	Metassiltito, Xisto, Quartzito	2,984	0,011	4,095	12,221	
Sete Lagoas	Rocha metapelítica, Dolomito	245,005	0,924	10,941	2680,545	
Cauê	Itabirito, Dolomito, Filito	93,785	0,354	17,323	1624,622	
Sabará	Xisto, Metagrauvaca, Metatufo	132,062	0,498	2,636	348,126	

Tabela 5.82 – Áreas e valores de vazão para a estação Várzea da Palma – Continuação.

Estação Várzea da Palma	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Cercadinho	Quartzito ferruginoso, Filito, Dolomito	64,758	0,244	12,051	780,382	
Nova Lima, associação resedimentada	Metarenito, Rocha metapelítica, Metagrauvaca, Rocha calcissilicática	718,278	2,709	6,025	4327,855	
Lagoa do Jacaré, Siltito	Siltito, Calcário, ardósia, Argilito	19,800	0,075	8,285	164,043	
Rochas metaultramáficas	Rocha metaultramáfica, Rocha metamáfica	2,046	0,008	3,013	6,163	
Lagoa Santa	Calcarenito, Calcissiltito, Milonito, Brecha, Marga	404,743	1,526	21,842	8840,308	
Associação química-pelítica-Nova Lima	Rocha metapelítica, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	45,927	0,173	4,218	193,706	
Caraça	Filito, Metaconglomerado	135,896	0,512	4,519	614,114	
Gandarela	Dolomito, Mármore, Itabirito, Filito	60,845	0,229	15,063	916,523	
Depósitos aluvionares e coluviais	Conglomerado, Arenito conglomerático, Arenito, Diamictito, Lamito	5,702	0,022	27,114	154,602	
Pedro Leopoldo	Calcissiltito, Micrito, Milonito, Marga, Calcarenito, Mármore calcítico	225,342	0,850	15,063	3394,390	
Caeté	Granito, Granito gnaiss, Granodiorito	284,503	1,073	5,272	1499,945	
Itabira	Itabirito, Dolomito, Xisto, Filito	35,259	0,133	15,063	531,121	
Belo Horizonte	Gnaiss, Granodiorito, Migmatito	1595,790	6,018	5,272	8413,259	
Nova Lima, associação vulcânica máfica-ultramáfica	Serpentinito, Metagabro	232,865	0,878	3,013	701,54	
Piracicaba	Filito, Dolomito, Xisto	182,762	0,689	3,766	688,251	
Coelho	Granito	3,005	0,011	5,272	15,842	
Cambotas	Filito, Xisto, Quartzito ferruginoso, Metaconglomerado	11,338	0,043	6,025	68,313	
Santa Luzia	Monzonito	3,937	0,015	6,025	23,722	
Nova Lima, associação vulcanoclástica	Metagrauvaca, Rocha metapelítica, Aglomerado, Tufo lapíli, Metaconglomerado, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	63,407	0,239	7,532	477,559	
Santa Paula		1,384	0,005	0,000	0,000	
General Carneiro	Granito	5,036	0,019	5,272	26,550	
Maquiné, associação aluvionar	Metaconglomerado	101,092	0,381	8,285	837,530	
Itacolomi	Filito, Metaconglomerado	1,833	0,007	4,519	8,285	
Maquiné, associação costeira	Rocha metapelítica, Metagrauvaca, Metarenito, Metaconglomerado	3,815	0,014	9,791	37,349	
Fecho do Funil	Filito, Dolomito, Quartzito, Mármore dolomítico	45,395	0,171	5,272	239,330	

Tabela 5.82 – Áreas e valores de vazão para a estação Várzea da Palma – Continuação.

Estação Várzea da Palma	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Bonfim	Gnaisse	0,158	0,001	6,025	0,950	
Tabuões	Quartzito	18,902	0,071	9,038	170,840	
Bação	Granito, Granodiorito	409,009	1,543	6,025	2464,410	
Samambaia	Tonalito	0,006	0,000	6,025	0,036	
Nova Lima	Xisto, Rocha metamáfica, Metagrauvaca, Calcissiltito, Formação ferrífera bandada (BIF'S), Metachert, Rocha metaultramáfica	27,175	0,102	3,766	102,336	
Drenagem		6,478	0,024	0,000	0,000	
Pedro Lessa	Metagabro	41,954	0,158	3,371	141,442	
Campo Sampaio	Rocha metapelítica	90,406	0,341	6,743	609,587	
Pedro Pereira	Rocha metamáfica, Xisto, Rocha metaultramáfica, Metavulcânica félsica, Formação ferrífera bandada (BIF'S)	2,319	0,009	4,720	10,947	
Itambé do Mato Dentro	Filito, Metaconglomerado	7,906	0,030	6,068	47,980	
Rio Preto – Nível fosfatado	Quartzito, Sericita xisto	6,570	0,025	8,091	53,163	
Serra do Lobo	Metaconglomerado	68,827	0,260	8,091	556,903	
Rio Preto	Xisto	2,298	0,009	4,720	10,847	
Sopa-Brumadinho, formação ferrífera	Formação ferrífera bandada (BIF'S), Quartzito	0,286	0,001	16,857	4,995	

5.2.5.4.2 Considerações finais

Diante dos valores encontrados para as recargas dos aquíferos contidos no Subdomínio IVb, verifica-se a partir da Tabela 5.83, apresentada a seguir que o valor médio da Vazão subterrânea específica é de 3,80 L/s.km², variando entre 0,26 L/s.km² e 11,20 L/s.km² e em termos médios anuais, a média geral da recarga anual para o Subdomínio IVb corresponde cerca de 119,87 mm/ano.

Tabela 5.83 – Resultados de recarga encontrados para o Subdomínio IVb.

Unidade	Área (km ²)	Vazão mínima ponderada por litologia (L/s)	Vazão subterrânea específica média (L/s.km ²)	Recarga média anual (mm/ano)
Lagoa do Jacaré	1587,63	15861,10	9,99	315,06
Sete Lagoas	223,37	261,74	11,20	353,26
Macaúbas, indiviso	0,00	0,00	6,74	212,64
Serra de Santa Helena	1037,28	2900,42	2,80	88,18
Lagoa do Jacaré, calcário	2533,37	3009,96	1,19	37,47
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	159,42	796,92	5,00	157,65
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	663,87	2036,13	3,07	96,72
Três Marias	47,34	50,30	1,06	33,51
Paraopeba	290,52	508,48	1,75	55,20
Depósitos aluvionares	64,67	116,25	1,80	56,69
Lagoa do Jacaré, siltito	40,80	10,65	0,26	8,23
Urucuia	21,54	16,28	0,76	23,84
				119,87

5.2.5.5 Zoneamento da exploração no Subdomínio IVb

O zoneamento da exploração é considerado fundamental para a gestão do aquífero e para cumprir essa finalidade foi adotado o seguinte procedimento:

- O ponto de partida para o *zoneamento da exploração* foi a inserção da área do Subdomínio IVb, em estudo, no interior de um retângulo compreendido entre os paralelos de 43°30'W e 44°30'W e entre os meridianos de 16°S e 19°S, no qual foi feita uma partição em células quadradas de 15" de lado, com área aproximadamente de 3025 km² (55 km x 55 km), conforme Figura 5.42. Globalmente, o Subdomínio IVb, com área de 6473,0 km², foi recoberto por 11 células com áreas variáveis de 155,5 a 1676,0 km².
- Foi então realizado um balanço tendo como vazão de entrada em cada célula a recarga média avaliada por sub-bacia (Tabela 5.84) e como descarga de saída, a vazão informada no cadastro de usuários realizado em 2014 na área do projeto. Verificou-se que o número de poços existentes em condições de operação em cada célula varia bastante estando concentrados principalmente nas células Q09, R09 e S08. Isto permitiu obter o mapa de zoneamento da exploração do aquífero em 2014 (Figura 5.42). Esse mapa revela que apenas nas células R09 e S09 ocorrem déficit hídrico, em todas as outras ocorrem excedente hídrico e que as retiradas são bem inferiores à recarga.
- Essa conclusão baseada em vazão informada sugere que não há motivos para preocupação nesse subdomínio, notadamente porque a julgar pelo índice de concentração de poços, o resultado é consistente com a realidade.
- Neste sentido, não há prioridade para implementação de um programa de monitoramento automático de níveis e descargas de poços neste subdomínio.

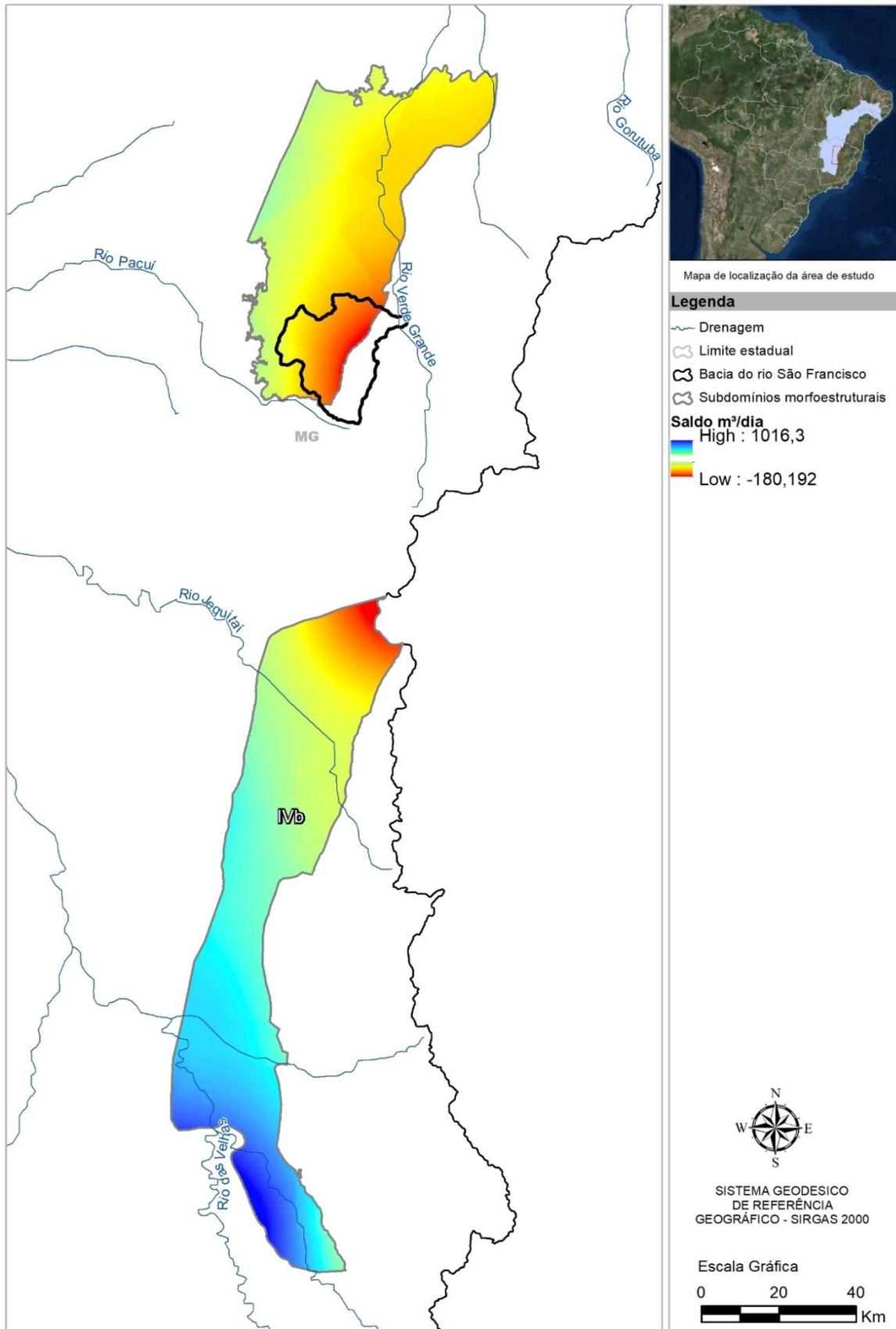


Figura 5.42: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Subdomínio IVb, com excedente hídrico.

Tabela 5.84 – Balanço entre recarga natural e vazão explorada supondo um regime operacional médio de 10,22 horas/dia no subdomínio IVb.

Célula	x	y	Area km ²	Número de Poços	Recarga m ³ /dia	Produção Estimada m ³ /dia	Saldo m ³ /dia
Q08	-44,25	-16,25	238,3	20	57.405	7.980	49.425
Q09	-43,75	-16,25	1676,0	523	365.950	267.114	98.837
R08	-44,25	-16,75	306,3	35	73.981	9.752	64.229
R09	-43,75	-16,75	548,3	203	54.364	122.328	-67.964
S08	-44,25	-17,25	155,5	35	34.815	7.434	27.381
S09	-43,762	-17,249	511,3	129	902	85.635	-84.733
T08	-44,25	-17,75	788,7	22	448.929	5.304	443.625
T09	-43,843	-17,717	536,5	7	356.096	3.094	353.002
U08	-44,25	-18,25	1193,4	66	377.765	21.208	356.557
V08	-44,25	-18,75	349,6	32	177.495	8.002	169.493
V09	-43,75	-18,75	169,1	0	70.955	0	70.955

5.2.6 Reservas, potencialidades e exploração

As conceituações de reservas, potencialidades e exploração encontram-se nos tópicos 1.2, 1.3 e 1.4 do Capítulo 1.

5.2.6.1 Reservas permanentes

As reservas permanentes do Subdomínio IVb foram avaliadas de acordo com o exposto nos itens 1.2.1 e 1.2.2 do Capítulo 1 do presente relatório. A Tabela 5.85 a seguir sintetiza os valores utilizados e os resultados obtidos.

Tabela 5.85 – Reserva permanente do Subdomínio IVb.

Subdomínio IVb								
Unidade Geológica	Área (km²)	%	Litologia predominante	P (m)	NE (m)	η_e	b (m)	RP (hm³)
Lagoa do Jacaré	1.641,08	28,77	Calcarenito, Siltito, Marga	81,00	15,00	0,12	66,00	12.997,37
Serra de Santa Helena	1.060,10	18,59	Siltito, Folhelho, Marga	80,00	8,00	0,03	72,00	2.289,81
Lagoa do Jacaré, calcário	2.669,47	46,80	Calcário, Marga, Siltito	82,00	20,00	0,14	62,00	23.171,00
Paraopeba	292,31	5,12	Calcar, Arcós, Dolom, Silt, Folh, Arg, Ritmito, Marga	82,00	15,00	0,07	67,00	1.370,93
Lagoa do Jacaré, siltito	40,84	0,72	Siltito, Calcário, Ardósia, Argilito	76,00	16,00	0,06	60,00	147,01
Totais	5.703,79	100,00	Reserva permanente total					38.976,12
P = prof. média dos poços NE = nível est. médio η_e = poros efetiva b = espes. saturada média RP = Res. Perman.								

5.2.6.4 Exploração

O conceito de exploração de água subterrânea, aqui adotado, é discutido no item 1.4 do presente relatório.

Foram cadastrados 1.551 poços tubulares no Domínio IVb em condições de funcionamento. Embora se tenha informações de vazão e de regime de bombeamento apenas numa pequena fração desses poços, as análises efetuadas apontam para uma vazão média de 19,0 m³/h e um regime médio de operação de 8,4 horas/dia.

5.2.6.4.1 Exploração efetiva

Os números acima sinalizam uma exploração efetiva da ordem de 246.540,00 m³/dia ou 90,00 hm³/ano para 8,4 horas/dia de bombeamento.

5.2.6.4.2 Exploração instalada

Considerando-se regime de bombeamento contínuo, chega-se a uma exploração instalada de 258,00 hm³/ano.

6 Domínio V Bacia Irecê - a

A Bacia de Irecê localiza-se no norte do Cráton do São Francisco, no estado da Bahia, e reúne rochas metassedimentares neoproterozoicas pertencentes ao Grupo Una (Figura 6.1). Nesta região, os metassedimentos do Grupo Una assentam-se sobre as rochas do Supergrupo Espinhaço, representado pelos grupos Paraguaçu e Chapada Diamantina e pela Formação Morro do Chapéu. A unidade carbonática principal é a Formação Salitre. Na área, as rochas carbonáticas encontram-se expostas ou cobertas por solos eluvionares ou coluvionares.

A porção da bacia de Irecê que está localizada dentro da área da bacia hidrográfica do rio São Francisco pode ser dividida em duas partes. A porção mais deformada da bacia de Irecê localiza-se a sul, onde as unidades mapeadas conformam um arranjo geométrico em “V”. Essa geometria reflete um interessante arranjo estrutural que pode ser explicado pela interação de esforços compressivos atuantes ao longo do ciclo brasileiro. No mapa geológico, observa-se um conjunto de falhas de empurrão de traço leste oeste, levemente abaulados e lineamentos que marcam dobramentos.

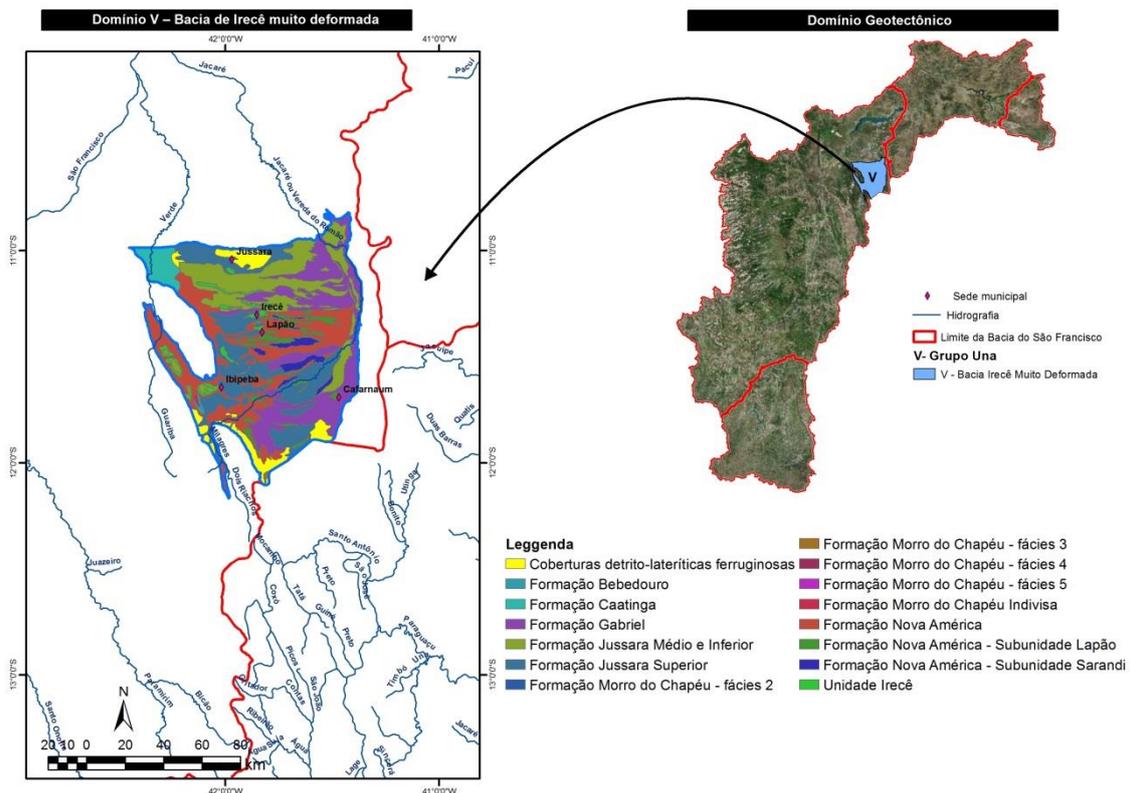


Figura 6.1: Localização do Domínio V – Bacia de Irecê muito deformada.

As características estruturais marcantes desse domínio são a heterogeneidade da deformação, com zonas de concentração da deformação onde se observam dobras apertadas, muito comumente isoclinais, vergentes preferencialmente para S que ocorrem próximas aos falhamentos (Kuchenbecker *et al.*, 2011). Os planos axiais das dobras apresentam mergulhos médios a altos, preferencialmente para N, causando a verticalização de SO em diversos locais. Em campo, verifica-se acentuada acilindricidade destas dobras, que pode ter sido intensificada por dobramentos posteriores. Em outras áreas, entretanto, observam-se os estratos sub-horizontais e sem dobramentos visíveis. A área do Domínio V engloba as cidades de Jussara, Irecê, Lapão, Ibiapaba e Cafarnaum.

6.1 Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação

Neste item tem-se o levantamento do uso do solo, das estruturas cársticas e das fontes de contaminação realizado para a área regional, conforme descrito no capítulo de Metodologia, e recortados aqui para o Domínio V.

Na Tabela 6.1 tem-se as fontes contaminantes do Domínio V.

Tabela 6.1 – Fontes contaminantes do Domínio V.

Domínio V – Fontes contaminantes	
Agricultura	1
Cemitério	23
Esgotamento sanitário	1
Lixão / Aterro sanitário	4
Posto de combustível	90
Total:	119

O quantitativo de estruturas cársticas para o domínio V foi de 830 dolinas, exibidas na Figura 6.2.

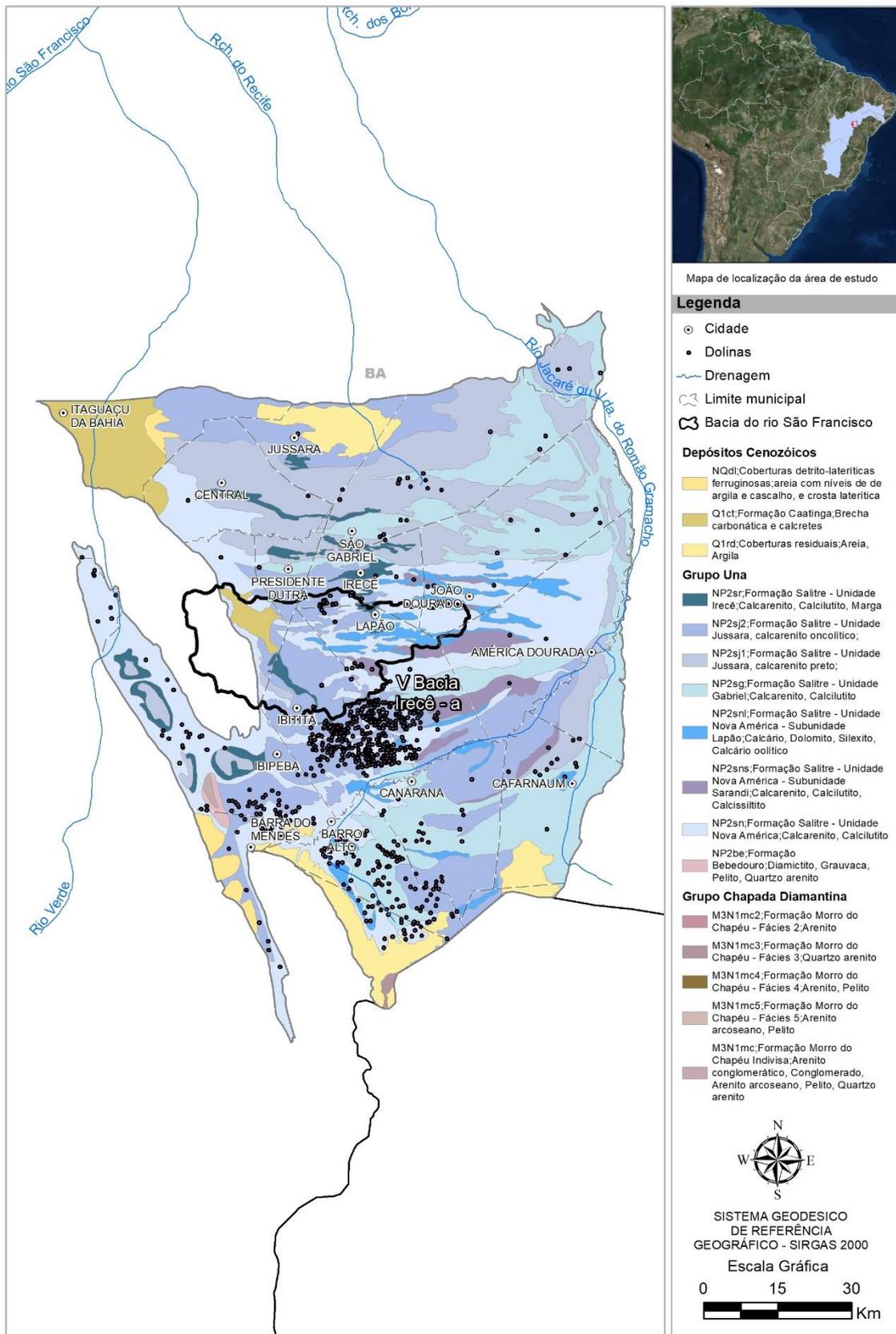


Figura 6.2: Estruturas cársticas do Domínio V - Baía Irecê - a.

As áreas das diferentes classes de uso do solo do domínio V são quantificadas conforme mostrado na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 – Áreas de uso do solo do Domínio V.

Classes de uso do solo	Área em km ²
Área urbanizada	13,29
Campestre	4.506,25
Florestal	2.396,78
Lavoura temporária	2.702,10
Sem informação	35,77
Total:	9.654,19

A distribuição percentual das áreas das classes de uso do solo no domínio V é mostrada na Figura 6.3.

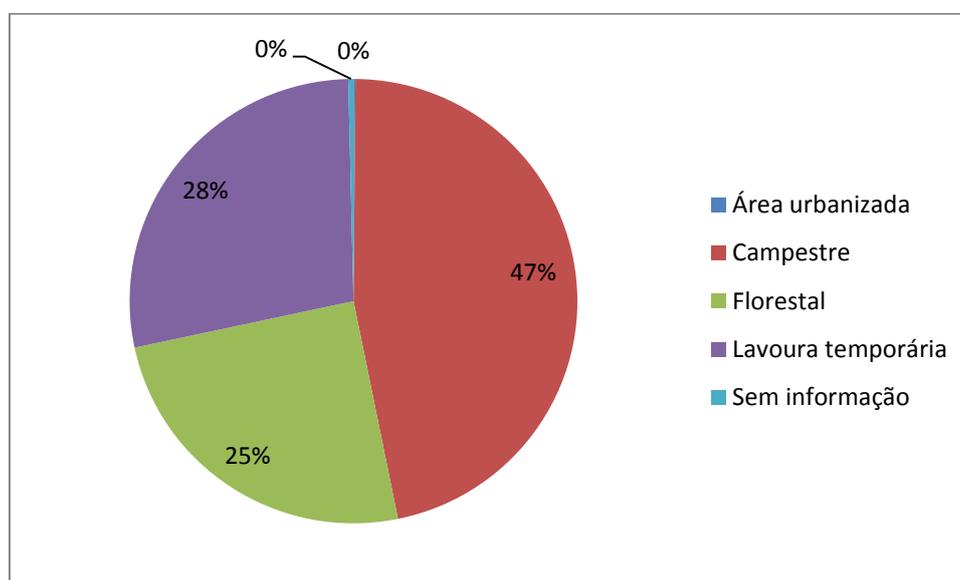


Figura 6.3: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Domínio V.

A maior percentagem encontra-se na classe Campestre, com 47% da área total de 9.654,19 km², ou seja, 4.506,25 km² de área; em seguida, a maior área foi identificada como Lavoura Temporária com 28% ou 2.702,10 km²; a classe Florestal representa 25% ou 2.396,78 km²; as demais classes, Área Urbanizada e Sem Informação, representam valor menor que 1%, respectivamente com 13,29 km² e 35,77 km².

O mapa do uso do solo acrescido dos possíveis pontos de contaminação e estruturas cársticas, para o domínio V, pode ser observado na Figura 6.4.

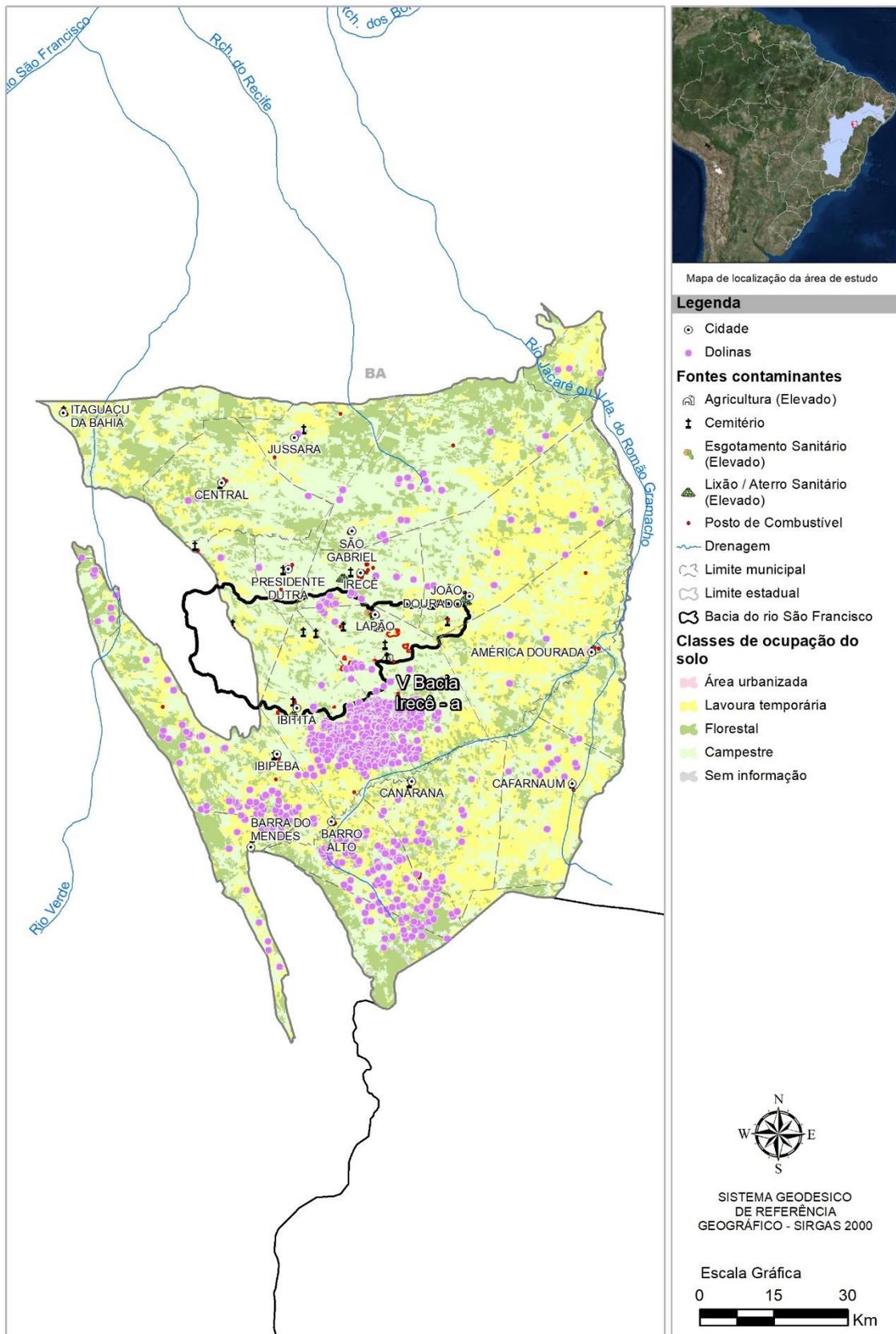


Figura 6.4: Uso e ocupação do solo no Domínio V.

6.2 Levantamento socioeconômico e demandas hídricas

Para a realização de um estudo correto das demandas hídricas de uma localidade, se faz necessário o estudo de parâmetros socioeconômicos e populacionais.

A interpretação dos parâmetros de rendimento e taxa de alfabetização, auxiliam no entendimento do grau de desenvolvimento econômico de uma região, e a partir daí, torna-se possível correlacioná-los à necessidade de água no local. A Tabela 6.3 apresenta tais parâmetros para o domínio V.

Tabela 6.3 - Dados socioeconômicos do Domínio V.

Rendimento (R\$)	Alfabetização (%)	IDHM
489,52	81,4	0,60

O domínio V apresentou, em 2010, o rendimento médio da população muito abaixo da média do estado da Bahia (R\$ 813,94), sendo cerca de 40% menor. Ainda, se comparado ao salário mínimo do ano em questão (R\$ 510,00), este rendimento é cerca de 4% abaixo do seu valor.

No tocante à taxa de alfabetização, o domínio V apresenta uma taxa (81,4%) um pouco abaixo da taxa do estado da Bahia (84,6%).

No caso do rendimento, tem-se a consideração do peso proporcional de adultos potencialmente receptores de renda no domicílio, diante do cenário em que crianças e idosos tendem a não gerar renda. Sabendo que o rendimento é obtido pela divisão da receita domiciliar pelo número de integrantes no domicílio, um rendimento baixo pode ser entendido como receita familiar baixa e/ou alto número de integrantes da família, assim como um rendimento alto pode significar uma receita familiar alta e/ou um baixo número de integrantes da família.

Analogamente, a taxa de alfabetização contribui para análise das condições de vida populacional, proporcionando o entendimento do bem estar familiar. Essa taxa de alfabetização tende a ser mais baixa em localidades de menor rendimento, indicando menor oportunidade de acesso ao conhecimento.

Dessa forma, compreender o nível de qualidade de vida constitui um fundamento para gerar dados acerca do rendimento e taxa de alfabetização regional, de forma que uma menor qualidade de vida é relacionada a um menor rendimento e menor taxa de alfabetização, o que assinala menor demanda hídrica no local, ao passo que uma maior qualidade de vida é relacionada a um maior rendimento e maior taxa de alfabetização, assinalando uma maior demanda hídrica.

Quando consideramos o IDHM, é possível obter uma análise mais robusta, haja vista que tal índice pondera longevidade, educação e renda, simultaneamente. Nesse âmbito, o Índice de Desenvolvimento Humano para o domínio V foi de 0,60, em 2010, classificando-se na faixa de Desenvolvimento Humano Médio (IDHM entre 0,600 e 0,699). Pode-se concluir que o domínio V possui rendimento, taxa de alfabetização e IDHM baixos, o que indica uma menor demanda hídrica.

O domínio V representa 11% do PIB e cerca de 23% da população do total dos subdomínios da Bahia. Quando analisado o PIB per capita, o subdomínio apresenta resultado muito abaixo da média da área de influência total.

Essa situação pode caracterizar má distribuição de renda na região, ou ainda, que a região não possui áreas comerciais/industriais, onde a produção de bens é mais intensa que os gastos domiciliares.

Esse cenário pode ser ainda confirmado diante do confronto desse PIB per capita com o PIB per capita da Bahia, chegando a ser 54% menor que do estado (11.966,08), ressaltando o baixo nível de produção econômica na área.

A Tabela 6.4 apresenta os valores do PIB para o Domínio V.

Tabela 6.4 – PIB do Domínio V.

PIB	População	PIB per capita
2.214.620,00	402.216	5.506,05

6.2.1 Aspectos sanitários dos municípios

O estudo dos aspectos sanitários da região, servirão para o monitoramento da qualidade da água, identificando as deficiências que mais influenciam em problemas ambientais. Foram avaliados quatro pontos importantes: formas de abastecimento, tipos de esgotamento sanitário nos domicílios, destino do lixo e quantitativo de domicílios que recebem ou não energia elétrica.

- **Abastecimento**

A porcentagem de abastecimento por rede geral, ou seja, com tratamento de água, no domínio V (85%) é um pouco superior à taxa de abastecimento do estado da Bahia (80,34%), apresentando menores taxas em relação ao abastecimento por poços, nascentes, rios, açudes.

A Tabela 6.5 apresenta a distribuição da forma de abastecimento no domínio V.

Tabela 6.5 – Formas de abastecimento no Domínio V.

Formas de abastecimento	%
Rede geral	85,00
Poço ou nascente na propriedade	1,80
Poço ou nascente fora da propriedade	6,20
Rio, açude, lago ou igarapé	0,90
Poço ou nascente na aldeia	0,00
Poço ou nascente fora da aldeia	0,00
Outra	6,10

- **Esgotamento sanitário**

Neste domínio, um total de 11% dos domicílios não possuíam nem banheiro nem sanitário, mostrando-se com taxa um pouco maior que a do estado da Bahia (7,92%). A porcentagem de esgoto que não é transportado pela rede geral, não é posto em redes pluviais e nem tratado em fossa séptica é significativa, apontando para grande impacto no meio ambiente desta região.

A Tabela 6.6 abaixo apresenta as porcentagens da existência de banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário no domínio V.

Tabela 6.6 – Existência de banheiro ou sanitário no Domínio V.

Tipos de esgotamento sanitário	Quantitativo (%)
Banheiro de uso exclusivo do domicílio	82,90
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	11,30
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - outro	88,70
Sanitário	6,20
Sanitário - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	5,30
Sanitário - outro escoadouro	94,70
Sem banheiro e sem sanitário	11,00

- **Destino do lixo**

Com o estudo realizado, foi possível verificar que o domínio V possui um sistema de destino do lixo um pouco abaixo da média de todo o estado da Bahia, mostrando que apenas 66,4% do lixo é coletado, enquanto a média do estado é 76,21%. E ainda 33,6% do lixo possui destino indefinido, o que pode indicar uma destinação incorreta podendo causar contaminação do solo e de águas.

A Tabela 6.7 apresenta as porcentagens de destinação do lixo no domínio V.

Tabela 6.7 – Destinos do lixo no Domínio V.

Destino do lixo	Quantitativo (%)
Coletado	66,40
Coletado por serviço de limpeza	85,00
Coletado em caçamba de serviço de limpeza	15,00
Outro destino	33,60

- **Energia Elétrica**

Neste quesito, pode-se identificar que o domínio V é uma região bem atendida por redes elétricas, com porcentagem de pessoas que tem energia elétrica maior que a do estado da Bahia, chegando a atender 96,8% dos domicílios, onde ainda 3,20% não recebem atendimento.

6.2.2 Demandas Hídricas

O estudo das demandas visa o conhecimento da necessidade de água de uma determinada região, e aliado ao conhecimento das potencialidades e disponibilidades hídricas, se torna um dos elementos essenciais para a realização de seu balanço hídrico, além de constituir um instrumento valioso para o planejamento e estabelecimento das prioridades de uma política de uso dos recursos hídricos.

O levantamento das demandas hídricas foi feito tanto para dados atuais (2010) como para dados futuros (2015, 2020, 2025 e 2030).

- **População urbana e rural**

Analisando o domínio V pode-se observar que a maior parte da população é urbana, com uma taxa de crescimento positiva de 1,05%, a taxa de crescimento da população rural é negativa igual a 0,13%, como pode ser observado na Tabela 6.8.

Tabela 6.8 – População e demanda para abastecimento humano (2010).

População	2010	Demanda (m ³ /dia)	Taxa de crescimento (%)
Rural	163.984	24.504	-0,13
Urbana	235.086	65.228	1,05

Este aumento da população urbana e diminuição da população rural indica um processo de urbanização da região. O processo de urbanização é decorrente do desenvolvimento econômico e distribuição de trabalho, intimamente ligado à industrialização.

O crescimento populacional neste subdomínio aumenta a competição pelos mesmos recursos naturais, para suprimento das necessidades humanas, e, ao mesmo tempo, a produção de poluição. Tudo isso pode implicar na degradação de muitos recursos naturais e aumento de epidemias. Podemos notar que a demanda hídrica rural é menor que demanda hídrica urbana.

- **Dessedentação animal**

O domínio V representa 8% de bovinos, 0% de bubalinos, 19% de equinos, 14% de asininos, 37% de muares, 15% de caprinos, 19% de ovinos, 23% de suínos e 17% de aves do somatório total das cabeças de todos os subdomínios da Bahia. O quantitativo de cabeças e o consumo da dessedentação de animais estão na Tabela 6.9.

Tabela 6.9 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.

Rebanhos	Nº de cabeças
Bovinos	187.948,91
Bubalinos	-
Equinos	22.024,08
Asininos	3.158,02
Muares	5.193,04
Caprinos	76.329,41
Ovinos	96.850,13
Suínos	51.599,06
Aves	474.322,69
Demanda para dessedentação animal (m ³ /dia)	252.174,85

- **Irrigação**

O domínio V apresentou, em 2010, uma estimativa de área irrigada de 12.192 hectares. A partir dos dados de área irrigada e com o coeficiente de demanda unitária adotado, de 0,4 L/s.ha, foi possível converter a área irrigada em demanda hídrica, que foi estimada em 421.339 m³/dia.

- **Indústria**

A demanda de recursos hídricos das indústrias, para o domínio V, demonstra ser pequena em relação à demanda de abastecimento da população, sendo igual a 14,85 m³/dia. Porém, segundo análise na seção de demanda de população rural e urbana, pode-se concluir que é uma região com baixo desenvolvimento industrial.

6.2.3 Demandas futuras (2015, 2020, 2015, 2030)

- **População urbana e rural**

A Tabela 6.10 a seguir apresenta as projeções feitas, para a população urbana e rural no domínio V. Os coeficientes de retirada de água per capita, também definido na metodologia, foram aplicados às populações projetadas nos referidos anos, de forma a obterem-se as demandas para abastecimento urbano e rural para o domínio V.

Tabela 6.10 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.

População/Ano	2015	2020	2025	2030
Rural	163.221	162.663	162.279	162.067
Urbana	243.254	249.617	253.345	255.624
Demanda hídrica rural (m ³ /dia)	23.414	22.617	22.068	21.764
Demanda hídrica urbana (m ³ /dia)	71.340	76.707	79.400	80.893

- **Dessedentação animal**

Devido à falta de dados mais recentes foi necessário projetar o número de cabeças por espécie, admitindo a mesma taxa de crescimento linear obtida entre os anos de 1996 e 2006. Assim, foi possível estimar o número de cabeças por espécie para 2010 e da mesma forma se procedeu para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030. Uma vez aplicada a taxa de crescimento linear, estimou-se o número de cabeças por espécie para o domínio V, e o consumo para dessedentação animal. Ambos apresentados na Tabela 6.11.

Tabela 6.11 – Projeção do número de cabeças para o Domínio V.

Rebanhos	Nº de cabeças por ano			
	2015	2020	2025	2030
Bovinos	200.251,65	213.359,71	227.325,80	242.206,07
Bubalinos	-	-	-	-
Equinos	23.465,73	25.001,75	26.638,31	28.382,00
Asininos	3.364,73	3.584,98	3.819,65	4.069,67
Muares	5.532,97	5.895,14	6.281,03	6.692,17
Caprinos	81.325,77	86.649,19	92.321,06	98.364,21
Ovinos	103.189,73	109.944,32	117.141,05	124.808,86
Suínos	54.976,63	58.575,29	62.409,50	66.494,70
Aves	505.370,87	538.451,40	573.697,31	611.250,34
Demanda para dessedentação (m ³ /dia)	268.681,69	286.269,04	305.007,61	324.972,78

• Irrigação

De posse da demanda atual para agricultura em 2010, deu-se prosseguimento às metodologias já aplicadas para os demais anos que compõem o horizonte deste estudo. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 6.12.

O resultado dessas projeções consiste nas áreas irrigadas a serem consideradas no futuro. Assim, utilizando-se dos coeficientes de demanda para agricultura, obtêm-se a demanda hídrica futura para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030.

Tabela 6.12 – Projeção dos métodos utilizados para irrigação no Domínio V.

Área irrigada (ha) / Ano	2015	2020	2025	2030
		15.560	19.859	25.345
Demanda para irrigação (m ³ /dia)	537.747	686.317	875.934	1.117.938

• Indústria

Para demanda relacionada à indústria, de forma semelhante ao que foi feito para calcular a de 2010, projetou-se os PIBs secundários para o domínio. Essa projeção teve como base uma taxa de crescimento linear obtida através da comparação entre os PIBs de 2002 e 2012.

Ao aplicar o coeficiente de consumo específico para classe 900 (genérica), equivalente a 0,02713 m³/US\$, como definido na metodologia, inferiram-se as demandas industriais para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030 (Tabela 3.13).

Tabela 6.13 – Projeção da demanda hídrica industrial para o Domínio V.

Demanda Industrial (m ³ /dia)			
2015	2020	2025	2030
16,88	18,70	19,71	20,34

6.3 Vulnerabilidade

A vulnerabilidade foi avaliada de acordo com a metodologia EPIK comentada no item 1.6 do presente relatório.

A classificação dos parâmetros E, P, I e K, é mostrada na Figura 6.5. Essa classificação mostra os seguintes resultados:

- Parâmetro E – Epicarste: 35% de epicarste franco, 60% de epicarste encoberto (classe E2) e 5% ausente (classe E3).
- Parâmetro P – Cobertura de proteção: 65% para a classe P1, 34% para a classe P2 e 1% para a classe P3.
- Parâmetro I – Condições de infiltração: 85% para a classe I1 e 15% para a classe I2.
- Parâmetro K – Grau de desenvolvimento da rede cárstica: 70% para a classe K1, 25% para a classe K2 e 5% para a classe K3.

Na definição das classes do parâmetro P foi muito útil o mapa das unidades de solo, mostrado na Figura 6.6.

Com os diferentes parâmetros zoneados, foi possível elaborar o mapa de vulnerabilidade (ver item 1.6), mostrado na Figura 6.7. A partir desse mapa quantificam-se percentualmente, na Figura 6.8, as classes de vulnerabilidade.

Como se pode observar na Figura 6.8, o Domínio V Bacia de Irecê-a apresenta vulnerabilidade baixa em apenas 5% da sua área e vulnerabilidade média em não mais que 6%. Em praticamente toda a área desse domínio (89%) prevalece uma alta vulnerabilidade.

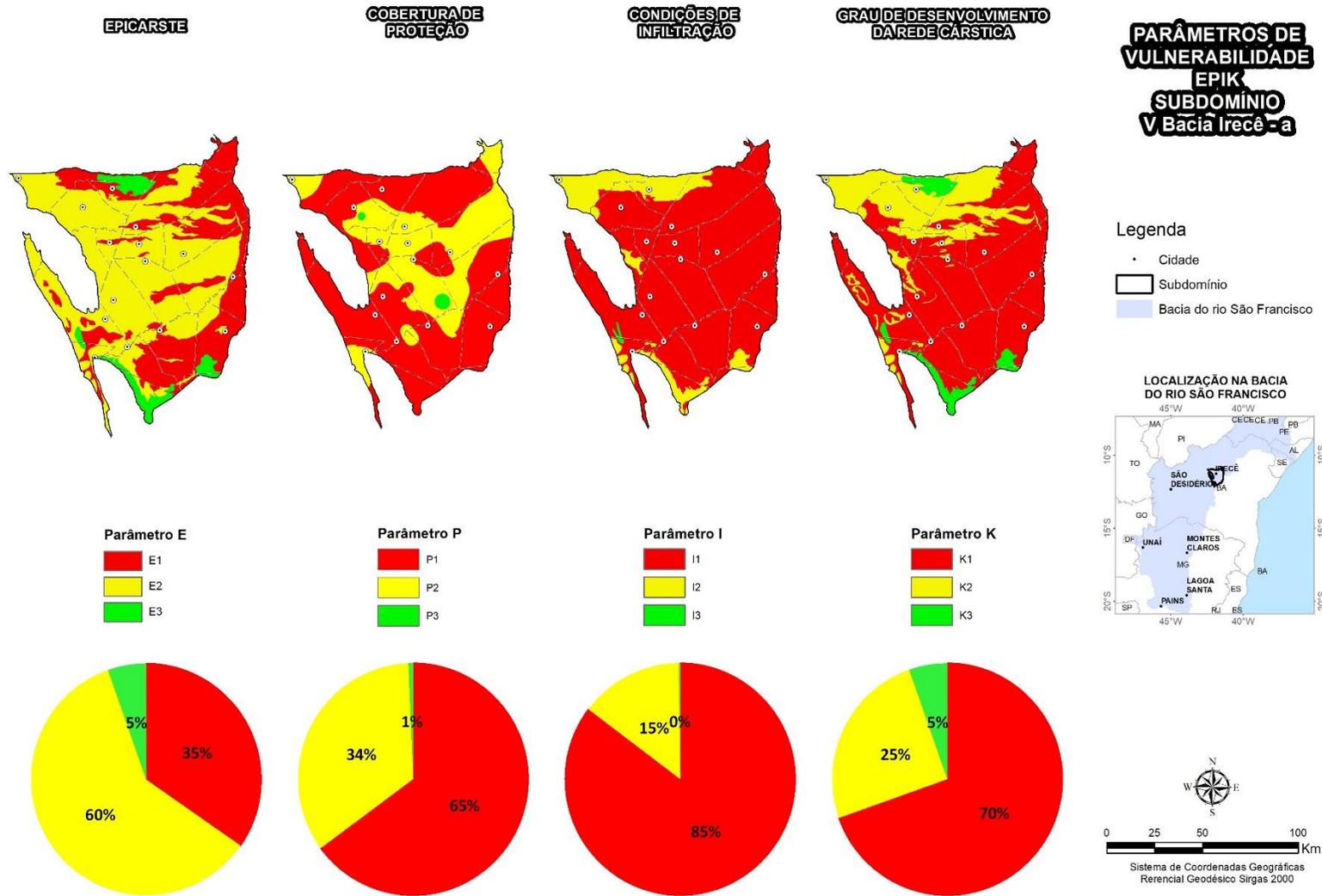


Figura 6.5: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.

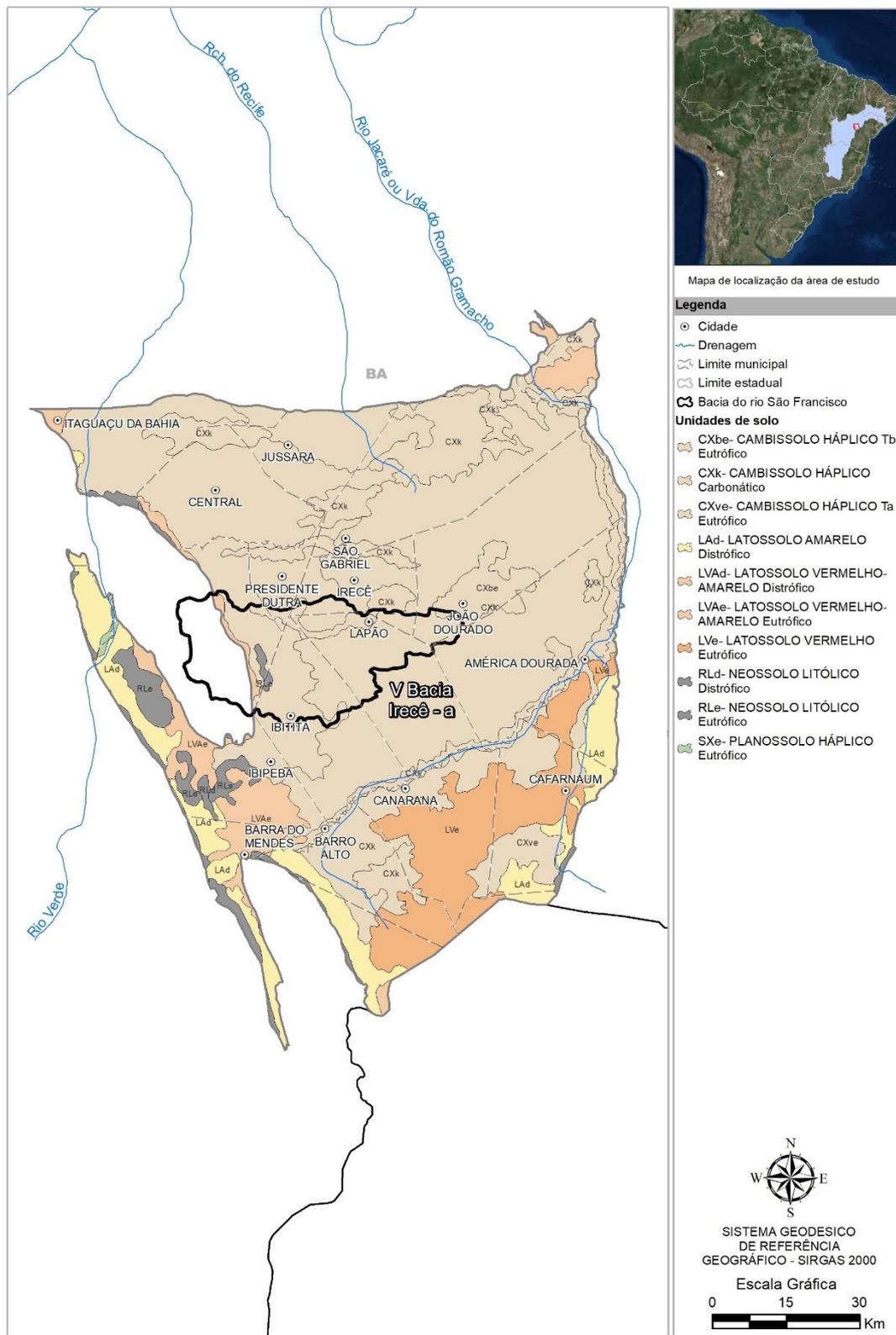


Figura 6.6: Unidades de solo com a classificação do parâmetro P.

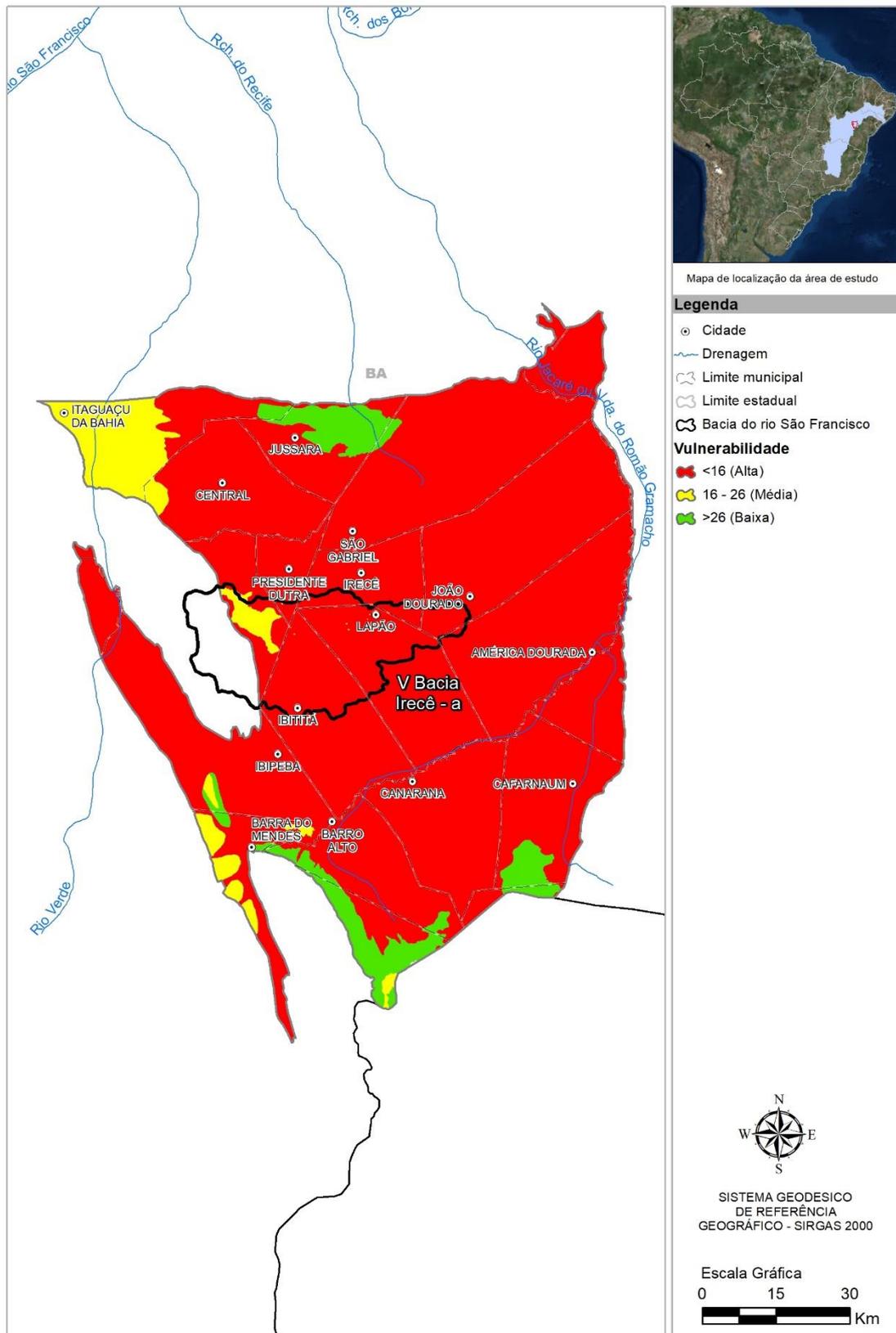


Figura 6.7: Vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Domínio V - Bacia Irecê - a.

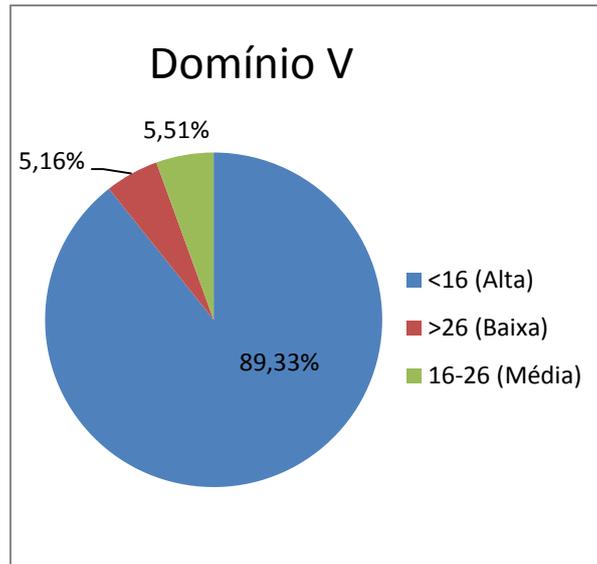


Figura 6.8: Classificação da vulnerabilidade para o Domínio V - Bacia Irecê - a.

6.4 Perigo de contaminação

Na Tabela 6.14 estão relacionadas às fontes contaminantes cadastradas no Domínio V Bacia de Irecê-a, com indicação dos respectivos índices Posh.

Tabela 6.14 – Fontes potenciais de contaminação do Domínio V Bacia de Irecê-a.

ATIVIDADE	QUANTIDADE	ÍNDICE POSH
Cemitério	18	Moderado
Posto de combustível	73	Elevado
Lavoura temporária	103,74 km ²	Elevado

A distribuição dessas fontes contaminantes é mostrada em dois mapas. Na Figura 6.9 apresenta-se a distribuição das cargas contaminantes classificadas de acordo com o índice POSH. Na Figura 6.14 apresenta-se a distribuição das cargas contaminantes sobre o mapa de vulnerabilidades. Neste último se pode avaliar o perigo de contaminação no Domínio V Bacia de Irecê-a. Observa-se que o domínio apresenta perigo de contaminação extremo em várias partes, uma vez que é frequente a presença de postos de combustíveis, cemitérios e inúmeras lavouras temporárias, distribuídos numa área contínua de vulnerabilidade alta. Alto perigo de contaminação ocorre apenas em uma pequena área na região noroeste do mapa, caracterizada por vulnerabilidade média (cor amarela) com fontes de contaminação classificadas como elevadas segundo a metodologia POSH. Essas fontes são, como sempre, postos de combustíveis e lavouras temporárias. Estas últimas ocupam 28% da área do domínio, ou 2.702,10 Km².

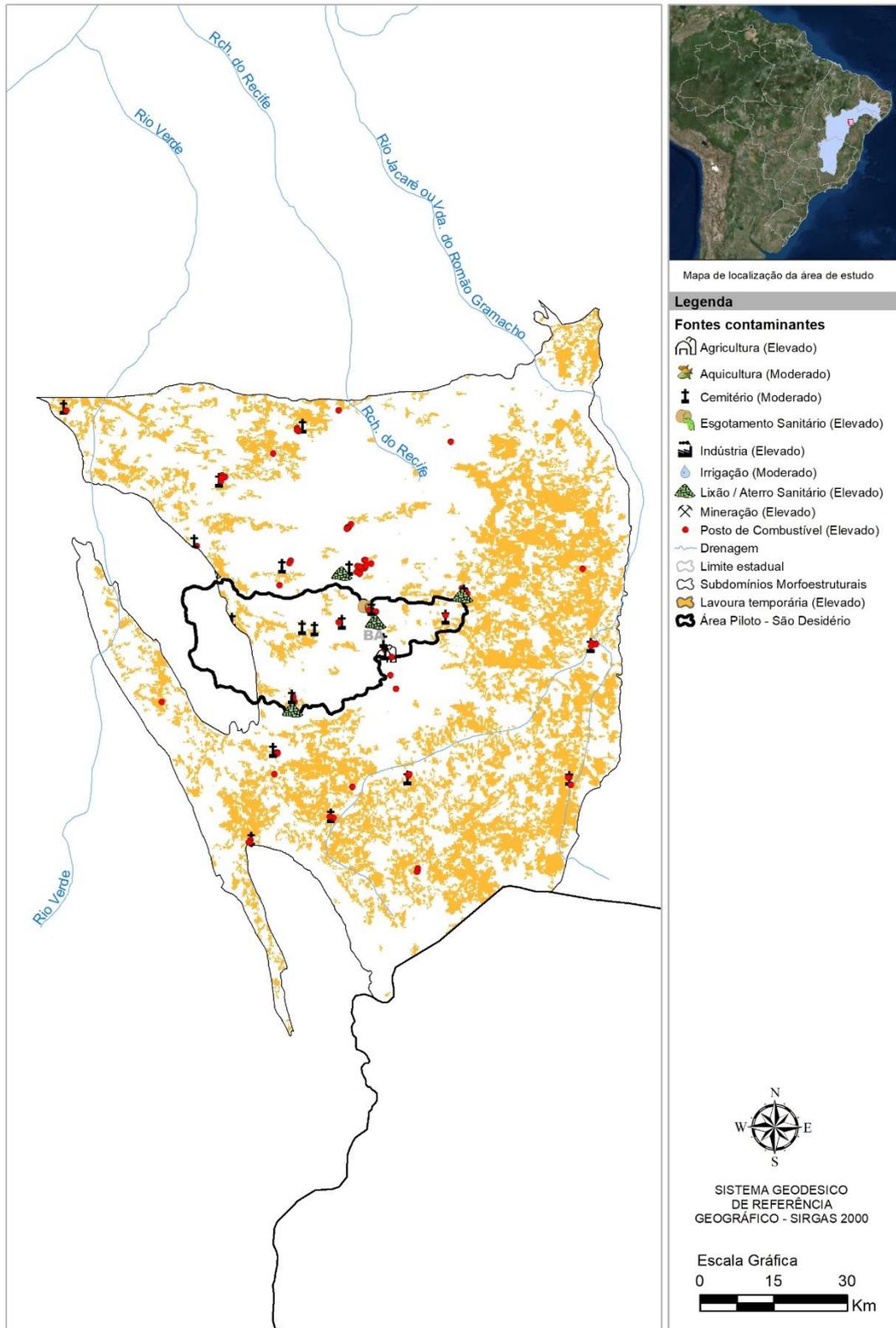


Figura 6.9: Distribuição das cargas contaminantes no domínio V com classificação POSH.

O Domínio V Bacia de Irecê-a abriga a maior densidade populacional da Bacia homônima. Ficam aí localizados todos os centros urbanos dos municípios que integram o domínio. Como não existem atividades industriais, as principais fontes potenciais de contaminação são os postos de revenda de combustíveis, aterros comuns (lixões) e cemitérios, além de ocorrências pontuais, como é o caso de uma surgência que recebe o esgoto proveniente do mercado público no município de Irecê.



Figura 6.10: Surgência localizada nas proximidades do mercado municipal de Irecê/BA.

Os postos revendedores de combustível estão presentes em toda a área (Figura 6.11). Sua localização preferencial são as proximidades das rodovias principais que cortam os municípios e as estradas vicinais dos povoados. Nestes, em especial, os postos têm uma estrutura de menor porte, não disponibilizando outro serviço que não seja o de abastecimento. Os medidores das bombas de combustíveis ainda são do tipo analógico e sem identificação do nome do estabelecimento visível (Figura 6.11d e Figura 6.11f). O principal município deste Domínio, Irecê, os postos oferecem outros serviços, tais como, lojas de conveniência (Figura 6.11a) e até hospedagem. Na zona rural, principalmente para trajetos que não ultrapassam os limites das fazendas e povoados afastados do centro urbano, os automóveis são movidos por gás liquefeito de petróleo (GLP), através de um botijão de uso doméstico.



Figura 6.11: Fontes potenciais de contaminação relacionados a Postos de combustível.

Dentre as fontes potenciais de contaminação destacam-se os lixões, dispostos a céu aberto como aterros comuns nas imediações das rodovias (Figura 6.12e) ou em terrenos próximos aos centros urbanos dos municípios. Não apresentam limites físicos, tais como muros que isole a área de descarte evitando contato de pessoas ou animais. Existem, às vezes, cercas vivas como, por exemplo, no lixão de Irecê (JC055R - Figura 6.12a e Figura 6.12b).



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 6.12: Disposição dos resíduos sólidos nos municípios envolvidos na área correspondente ao Domínio V. Aterro comum localizado no município de Irecê JC055R (a) e (b) Cerca de espinhos (quiabento) apenas na entrada, mas sem continuidade, facilitando a entrada de pessoas e animais; (c) e (d) JC081R, Aterro comum pertencente ao município de João Dourado; (e) JC100R, margens da BA432, Povoado de Segredo, município de Souto Soares; (f) JC128R, aterro comum pertencente ao Município de Gentil do Ouro.

Os cemitérios dos municípios no Domínio V Bacia de Irecê-a, apresentam em sua maioria, uma estrutura padronizada que consiste em um muro com aproximadamente 3 metros de altura, delimitando a área dos túmulos e limitando o acesso. Na parte interna, apresentam apenas uma passarela central que dá acesso às sepulturas. Suas localizações são geralmente a periferia da sede dos centros urbanos (Figura 6.13a e Figura 6.13b). Os cemitérios dos municípios menores, por sua vez, têm muros baixos e não dispõem de passarela de acesso às sepulturas. Esse acesso é em terra batida (Figura 6.13c e Figura 6.13d) com as sepulturas dispostas de maneira desordenada.

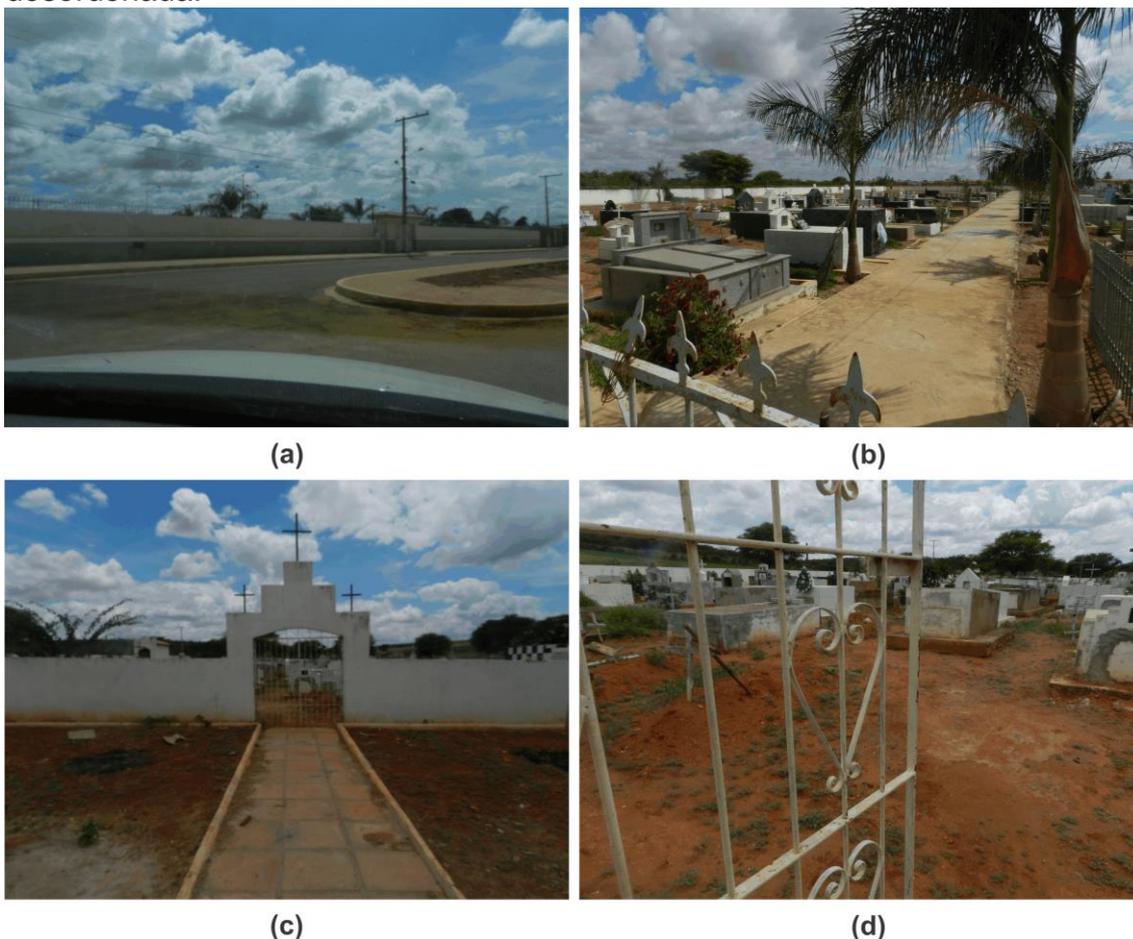


Figura 6.13: Cemitérios cadastros no Subdomínio V.

(a) e (b) JC082R, Cemitério Municipal do Município de João Dourado, apresentando muro alto cercando a área com uma passarela principal que dá acesso as sepulturas, diferentemente de cemitérios como, (c) e (d) JC088R, localizado no município de América Dourada, apresentando um muro baixo e mesmo com disposição organizada das sepulturas, mas sem pavimentação ou passarela de acesso.

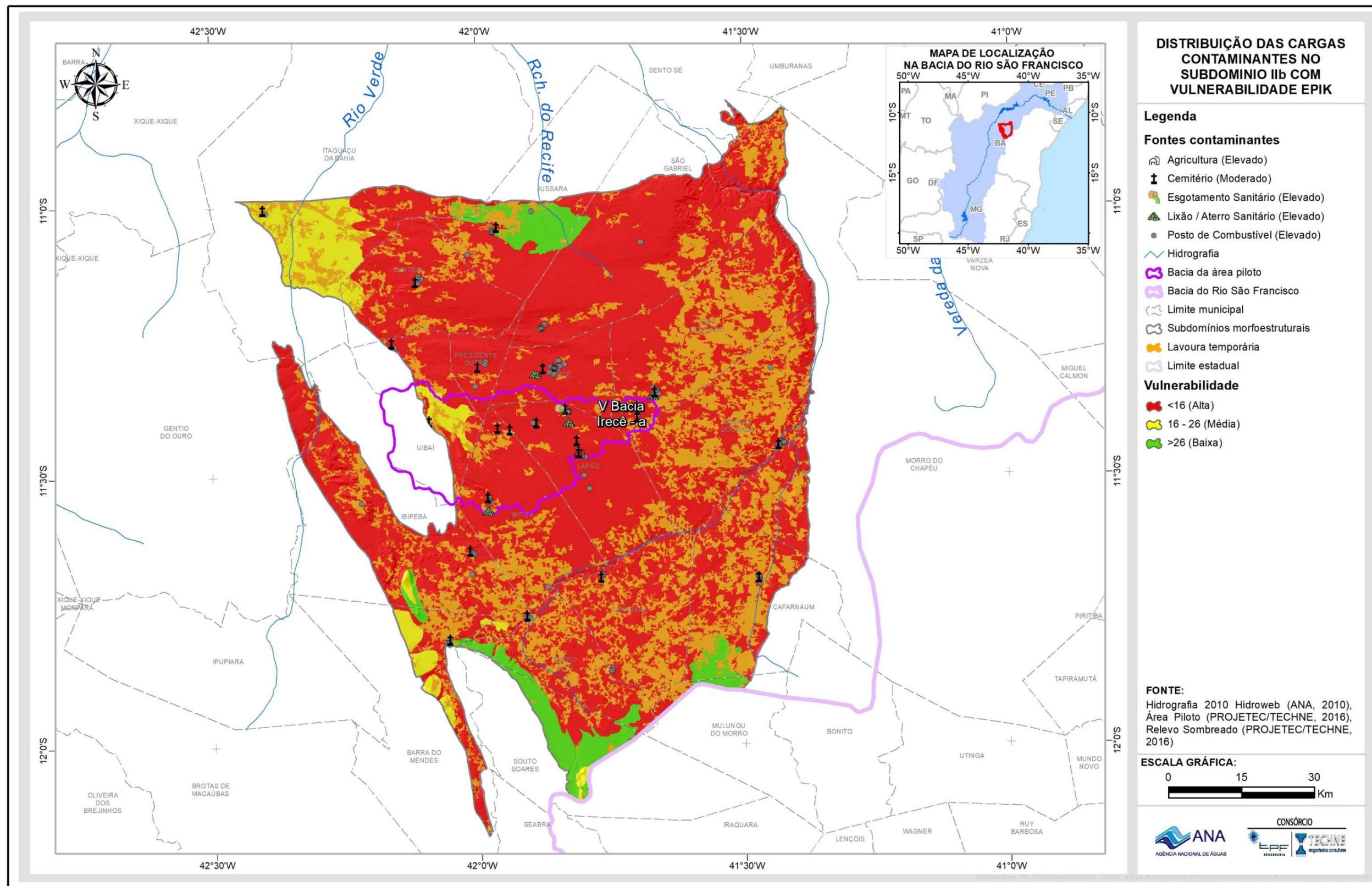


Figura 6.14: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o domínio V.

6.5 Recarga e zonas de exploração

Começando com um panorama regional da evolução histórica dos níveis de água subterrânea no domínio cárstico em Minas Gerais, a situação da exploração das águas subterrâneas do SAB no domínio V inclui uma estatística descritiva dos dados de poços levantados e catalogados no âmbito do Projeto ANA – Carste São Francisco bem como uma caracterização do regime de funcionamento dos poços e uma estimativa da produção global de água. Para a recarga, foram realizados os cálculos em função das precipitações e o regime fluvial para cada subdomínio. Com os valores de recarga e exploração do subdomínio foi possível realizar o zoneamento de exploração, demonstrado na Figura 6.23.

6.5.1 Levantamento e sistematização dos dados

Os dados de poços levantados no domínio V - Bacia Irecê - a, no âmbito do Projeto foram sistematizados e fazem parte do SIG, que constitui a principal fonte de consulta sobre poços.

6.5.1.1 Poços catalogados e cadastrados

A pesquisa hidrogeológica desenvolvida no domínio V baseou-se em dados de 3.367 poços constantes no SIG, dos quais 2.490 foram catalogados do SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2010), 115 são novos poços cadastrados, no âmbito do Projeto ANA - Carste São Francisco, 4 foram catalogados da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), 756 foram catalogados da Companhia de Engenharia e Recursos Hídricos da Bahia (CERB) e 2 foram catalogados do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia (INEMA) (ANEXO 12.23 – Tabela de poços do Domínio V, Volume 3). Para o tratamento estatístico não foram considerados os poços escavados. Desses 3.367 poços excluem-se 2 cisternas cadastradas durante o estudo. O resultado disso são 3.365 poços: 2.490 catalogados do SIAGAS, 113 cadastrados, 4 catalogados da CODEVASF, 756 catalogados na CERB e 2 catalogados do INEMA.

6.5.1.2 Tratamento estatístico dos poços

Na Tabela 6.15 é apresentada a estatística descritiva dos valores numéricos de profundidade, diâmetro do revestimento, nível estático, nível dinâmico e vazão dos poços cadastrados e catalogados no Domínio V, localizado na porção noroeste da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

Tabela 6.15 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Domínio V.

Parâmetros Estatísticos	Profundidade (m)	Diâmetro da boca(mm)	Nível Estático - NE (m)	Nível Dinâmico - ND (m)	Vazão (m ³ /h)
Média	99,3	155,1	19,5	43,4	12,6
Mediana	90,0	152,4	16,1	40,1	8,8
Desvio Padrão	35,3	13,8	14,5	25,8	16,7
Coefficiente Variação	0,4	0,1	0,7	0,6	1,3
Valor máximo	408,0	304,8	134,0	162,0	400,0
Valor mínimo	1,0	127,0	0,2	1,6	0,1
Nº valores	3007	1347	2451	2273	2188

6.5.1.2.1 Profundidade

A profundidade dos poços inventariados no domínio V variou de 1 a 408 m. A profundidade média foi de 99,3 m e se explica pelo fato de que a classe mais frequente (39%) corresponde a poços com profundidade superior a 100 m. Se considerarmos todos os poços com mais de 40 m teremos 2.941 poços ou 98% do total no domínio V. Já as classes compreendidas entre 0 e 40 m de profundidade possuem uma frequência absoluta muito baixa, com apenas 2,19% do total. A tabela 6.16 mostra que na classe dos poços entre 80 e 100 m e na classe dos poços entre 40 e 60 m estão localizados, respectivamente, 17% e 10%, ou seja, a terceira e a quarta classe mais predominante.

Tabela 6.16 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no INEMA, na CODEVASF, na CERB e dos novos cadastrados no Domínio V.

Classe Profundidade (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤20	9	9	0,00	0,30
20<x≤40	57	66	0,02	2,19
40<x≤60	315	381	0,10	12,67
60<x≤80	926	1307	0,31	43,47
80<x≤100	516	1823	0,17	60,63
x>100	1184	3007	0,39	100,00
Total	3007			

A distribuição da frequência da profundidade dos poços no Domínio V pode ser visualizada no diagrama da Figura 6.15.

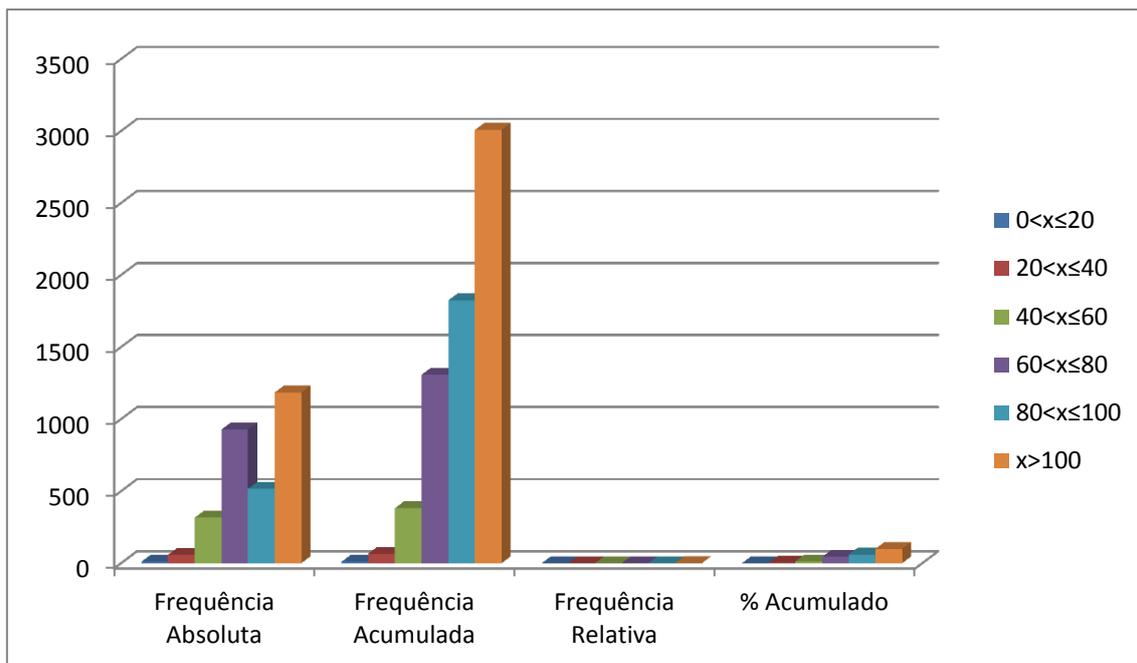


Figura 6.15: Frequências das classes de profundidade dos poços no Domínio V.

6.5.1.2.2 Diâmetro da Boca do Poço

De acordo com a Tabela 6.17 e Figura 6.16, no Domínio V, existem duas classes de diâmetro da boca dos poços, a primeira com 107 poços até 152 mm e a segunda com 1.240 poços na classe entre 152 mm e 310 mm. Nota-se a presença da maioria dos poços concentrada na classe de menor diâmetro.

Tabela 6.17 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM, no INEMA, na CODEVASF, na CERB e dos novos cadastrados no Domínio V.

Classe Diâmetro da Boca (mm)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 152	107	107	0,08	7,94
152 < x ≤ 300	1240	1347	0,92	100,00
Total	1347			

A Figura 6.16 ilustra a distribuição de frequência do diâmetro da boca dos poços no Domínio V.

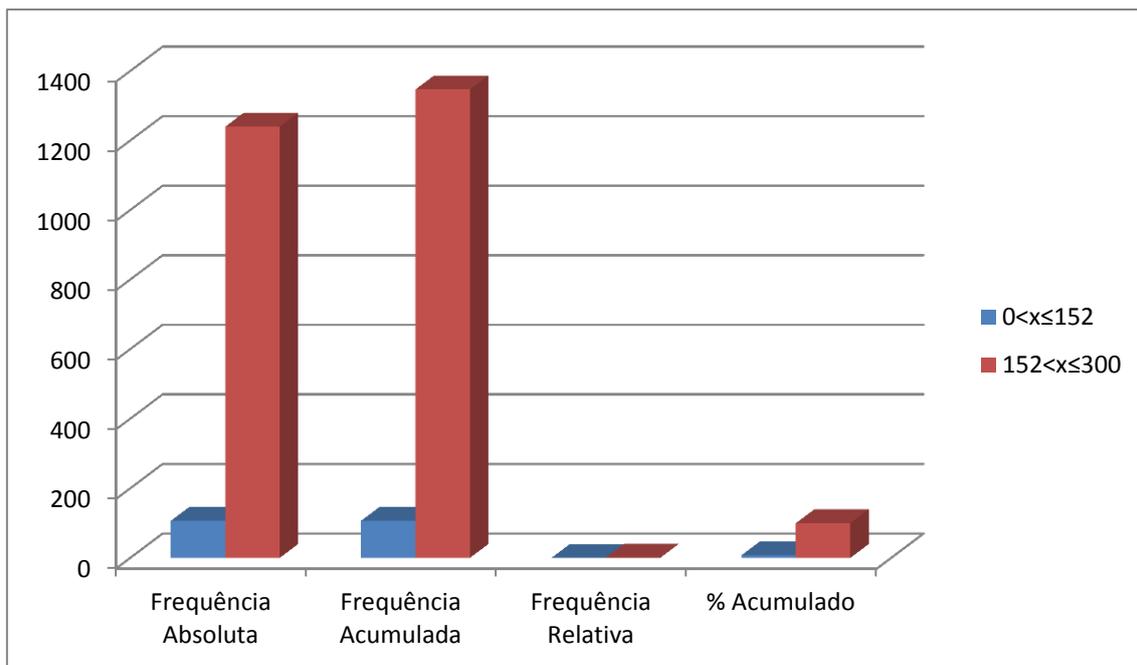


Figura 6.16: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Domínio V.

6.5.1.2.3 Nível Estático

De acordo com os dados da Tabela 6.18 e Figura 6.17, observa-se que aproximadamente 64% dos poços apresentam níveis estáticos até 20 m, o que significa que esses níveis são rasos, de modo geral. Nas classes de 20 a 30 m encontram-se cerca 20% dos poços e no intervalo de poços acima de 30 m estão 17% do total. A rigor, todos esses níveis, notadamente os mais profundos, não são “estáticos”, já que a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração.

Tabela 6.18 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no INEMA, na CODEVASF, na CERB e dos novos cadastrados no Domínio V.

Classe Nível Estático (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 10	680	680	0,28	27,74
10 < x ≤ 20	878	1558	0,36	63,57
20 < x ≤ 30	481	2039	0,20	83,19
x > 30	412	2451	0,17	100,00
Total	2451			

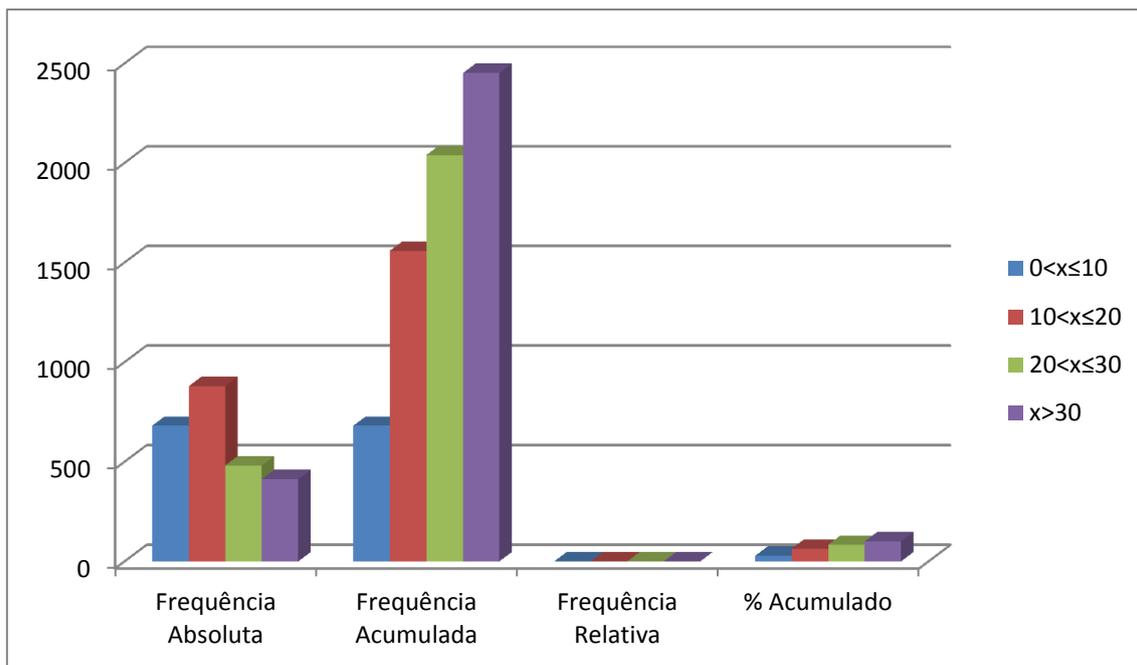


Figura 6.17: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Domínio V.

6.5.1.2.4 Nível Dinâmico

Para os níveis dinâmicos dos poços no domínio V, tem-se que a classe menos frequente corresponde ao intervalo entre 0 a 10 m (6%). Secundariamente, 14% dos poços (311/2273) estão no intervalo entre 30 e 40 m, como pode ser observado na tabela 6.19 e Figura 6.18. Nota-se, finalmente, que a grande maioria dos níveis dinâmicos (1139/2273), representando 50%, está no intervalo de poços com profundidades maiores que 40 metros.

Tabela 6.19 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no INEMA, na CODEVASF, na CERB e dos novos cadastrados no Domínio V.

Classe Nível Dinâmico (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 10	136	136	0,06	5,98
10 < x ≤ 20	347	483	0,15	21,25
20 < x ≤ 30	340	823	0,15	36,21
30 < x ≤ 40	311	1134	0,14	49,89
x > 40	1139	2273	0,50	100,00
Total	464			

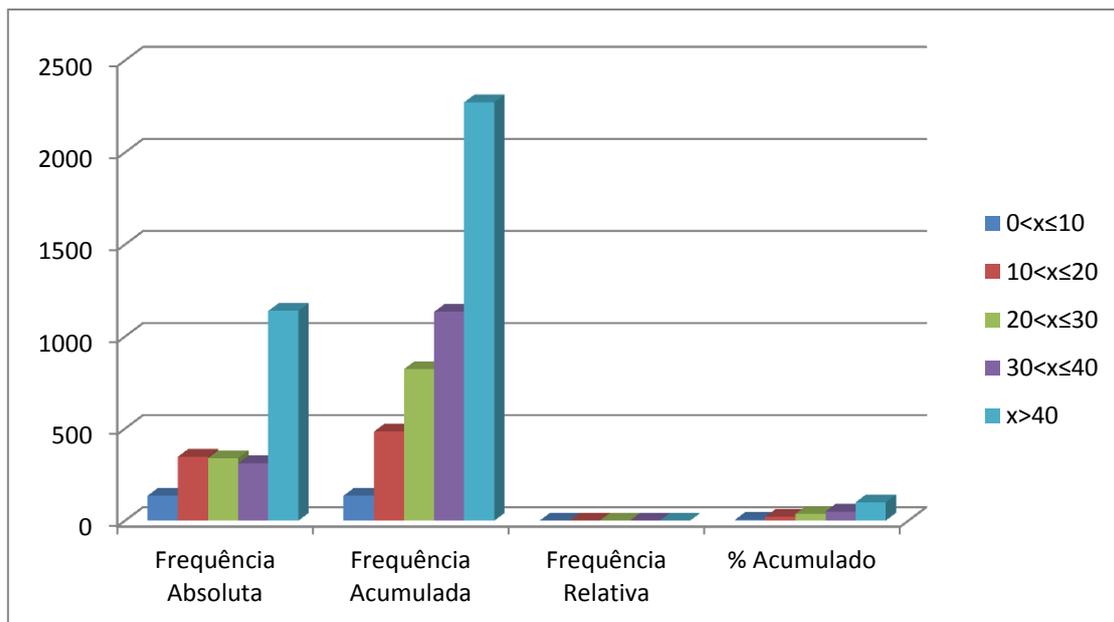


Figura 6.18: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Domínio V.

6.5.1.2.5 Vazão

No que se refere à vazão dos poços que exploram o Aquífero Salitre do carste São Francisco no Domínio V (Tabela 6.20), verifica-se que do total de poços catalogados e cadastrados existem 2.188 poços com vazão informada. Observa-se que a classe mais frequente é a entre 0 e 10 metros, com aproximadamente 55% e frequência absoluta de 1.213 poços. A de menor frequência é o intervalo entre 40 e 50 m, com apenas 1% do total. (Figura 6.19)

Tabela 6.20 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, no INEMA, na CODEVASF, na CERB e dos novos cadastrados no Domínio V.

Classe Vazão (m ³ /h)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	1213	1213	0,55	55,44
10<x≤20	581	1794	0,27	81,99
20<x≤30	229	2023	0,10	92,46
30<x≤40	109	2132	0,05	97,44
40<x≤50	15	2147	0,01	98,13
x>50	41	2188	0,02	100,00
Total	2188			

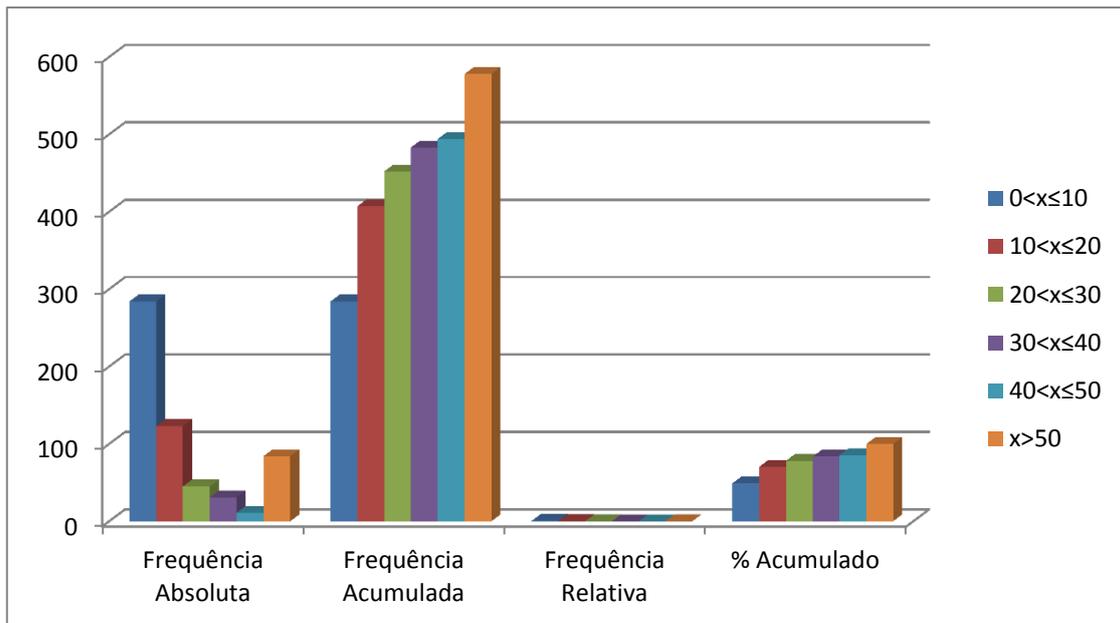


Figura 6.19: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Domínio V.

Não obstante, de acordo com as condições operacionais em que se encontram os poços (Tabela 6.21) verifica-se que existem 3.365 unidades (12,9%) em condições de funcionamento, ou seja, são poços que estão bombeando (7,9%), estão equipados (5,0%).

Tabela 6.21 – Situação operacional dos 3.365 poços catalogados e cadastrados no Domínio V.

Registros	Bombeando	Equipado	Seco	Parado/ Não Instalado	Sem informação	Em condições de funcionamento
3365	267	167	205	23	2703	434
100%	7,9%	5,0%	6,1%	0,7%	80,3%	12,9%

6.5.1.3 Conclusões

Com base nos dados apresentados anteriormente referentes ao Aquífero Salitre do Carste do São Francisco no Domínio V é possível concluir que:

- A profundidade dos poços inventariados no Domínio V variou de 1 a 408 m, com média aproximada de 99,3 m (Tabela 6.15), sendo que os poços nos intervalos acima de 40 metros constituem (Tabela 6.16) as classes mais frequente (98%);
- 28% dos poços (Tabela 6.18) possuem níveis estáticos entre 0 e 10 m de profundidade, somados a classe de 10 a 20 m chegam a 1.558 poços ou 64% do total. Vale ressaltar que a rigor esses níveis não são “estáticos”, pois a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração;
- As vazões informadas dos poços (Tabela 6.20) em cerca de 55% dos casos são menores ou iguais a 10 m³/h e nos 45% restantes oscilam entre mais de 10 m³/h até 400 m³/h;
- Em termos de condições operacionais (Tabela 6.21) do total de 3.365 poços existem 23 poços parados, 205 não utilizáveis, ainda 2.703 poços sem informação sobre o tema. Dos poços com condições de utilização são: 267 poços bombeando e 167 equipados no domínio V;
- No que se refere ao tipo de equipamento instalado nos poços (Tabela 6.22), verificou-se que nos 412 poços com informações sobre bombas, são: 254 com bomba submersa, 28 com cata-vento, 8 com bomba pistão, 107 com compressor de ar, 11 com bomba injetora, 2 com bomba centrífugas e 2 com bomba manual.

Tabela 6.22 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.

Equipamentos de bombeamento	Nº	Bomba submersa	Bomba injetora	Bomba centrífuga	Compressor	Cata-vento	Pistão	Manual
Registros	412	254	11	2	107	28	8	2
Percentual	100%	61,7%	2,67%	0,49%	26%	6,8%	1,9%	0,49%

6.5.2 Regime de Funcionamento dos Poços

Na Tabela 6.23 são mostrados os valores dos parâmetros estatísticos do número de horas por dia em que são bombeados os poços da área estudada, segundo dados do cadastro de água subterrânea da ANA realizado no âmbito do projeto.

Existem apenas 106 poços com regime de funcionamento informado e o cálculo do regime médio de funcionamento para todos os 434 poços, em condições de utilização, é feito usando a média ponderada pela frequência do número de horas de bombeamento, nos intervalos de classe, conforme a expressão:

$$\overline{R}_e = \sum_{j=1}^{12} R_{ej} \times w_j$$

Ou seja, o regime médio estimado é dado pela somatória do regime médio ponderado pela frequência relativa ou fator de ponderação.

Tabela 3.23 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Domínio V, usando 106 poços segundo dados do cadastro de água subterrânea da ANA realizado no âmbito do projeto.

Classe Regime Informado (h/dia)	Frequência Absoluta Número de Poços n_j	Regime médio informado R_{ej} (h/dia)	Frequência Relativa ou Peso $w_j=n_j/N$	Regime médio ponderado (h/dia) $R_{ej} \cdot w_j$
0<x≤1	8	0,791	0,075	0,060
1<x≤2	11	2,000	0,104	0,208
2<x≤3	10	3,000	0,094	0,283
3<x≤4	5	4,000	0,047	0,189
4<x≤5	8	5,000	0,075	0,377
5<x≤6	10	6,000	0,094	0,566
6<x≤7	4	7,000	0,038	0,264
7<x≤8	13	8,000	0,123	0,981
8<x≤9	2	9,000	0,019	0,170
9<x≤10	5	10,000	0,047	0,472
10<x≤11	0	0,000	0,000	0,000
11<x≤12	14	12,000	0,132	1,585
12<x≤24	16	20,938	0,151	3,160
Soma	106			8,314

Legenda:

$N = \sum n_j = N = \sum n_j$ = número total de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro de água subterrânea realizado ao longo do projeto.

Frequência Absoluta (n_j): número de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro realizado ao longo do projeto.

Regime Médio Informado (R_{ej}) = Média de horas de funcionamento dos poços em cada intervalo de classe.

Regime médio ponderado em cada intervalo de classe: ($R_{ej} \times w_j$).

Frequência Relativa ou fator de ponderação: $w_j = n_j / N$.

Regime Médio Estimado: $\bar{R}_e = \sum_{j=1}^9 R_{ej} \times w_j$ 8 horas e 19 minutos.

Como visto na Tabela 6.23, o regime médio de funcionamento estimado para os poços no Domínio V em 2015 é de 8,314 horas por dia, o que equivale a 8h:19 min.

6.5.3 Produção Global dos Poços

Considerando o regime de funcionamento e a vazão média dos diferentes intervalos de classe de vazão apresentados na Tabela 6.24, obtém-se uma produção estimada de 47.746,23 m³/dia, ou 564,2 L/s.

Tabela 6.24 - Produção global estimada, explorada no Domínio V.

Classe Vazão (m ³ /h)	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Vazão Média (m ³ /h)	Efetivo de Poços	Vazão Estimada (m ³ /dia)	Vazão Estimada (m ³ /s)	
						473 poços	436 poços
0<x≤1	16	0,04	0,52	18	78,56	0,0009	0,0008
1<x≤2,5	31	0,08	1,70	35	502,33	0,0058	0,0051
2,5<x≤5	54	0,14	3,74	62	1920,77	0,0222	0,0194
5<x≤7,5	43	0,11	6,48	49	2652,40	0,0307	0,0268
7,5<x≤10	42	0,11	8,96	48	3582,20	0,0415	0,0362
10<x≤15	79	0,21	12,67	90	9533,12	0,1103	0,0964
15<x≤30	83	0,22	21,44	95	16943,19	0,1961	0,1713
x>30	31	0,08	45,85	35	13533,66	0,1566	0,1368
Total	379			434	48746,23	0,5642	0,4927

Legenda:

N = número total de poços com vazão informada no SIG

Frequência Absoluta (FA) = número de poços com vazão informada no SIG em cada intervalo de classe.

Frequência Relativa (FR) = FA/N.

Vazão Média (QM) = média dos valores de vazão informada em cada intervalo de classe.

Efetivo de poços = N° P.P. x FR = número de poços produtores (bombeando/equipado) encontrados dentro dos limites do domínio.

Vazão Estimada (QE) m³/dia = QM x RME x Efetivo de poços em cada intervalo de classe.

Vazão Estimada (QE) m³/s = QE (m³/dia) x Quantidade de segundos em um dia (84.600).

Segundo os dados informados, a produção de água para um efetivo de 434 poços em operação no ano de 2015 foi estimada em 0,5642 m³/s conforme a Tabela 6.24.

A Tabela 6.25 apresenta a distribuição da produção global dos poços em condições de funcionamento (Tabela 6.21) de acordo com a situação operacional informada. Como visto na Tabela 6.24, a produção global de água estimada para os 434 poços atinge 0,5642 m³/s. Só com os 379 poços em operação, a exploração extraía 87,32% desse total, ou seja, 0,4927 m³/s.

Tabela 6.25 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Domínio V.

Poços	Em condições de funcionamento	Bombeando	Equipado
Número	434	267	167
Percentual	100%	61,52%	38,47%
Vazão (m ³ /s)	0,5642	0,3470	0,2170

A distribuição espacial dos poços produtores no Domínio V é mostrada na Figura 6.20.

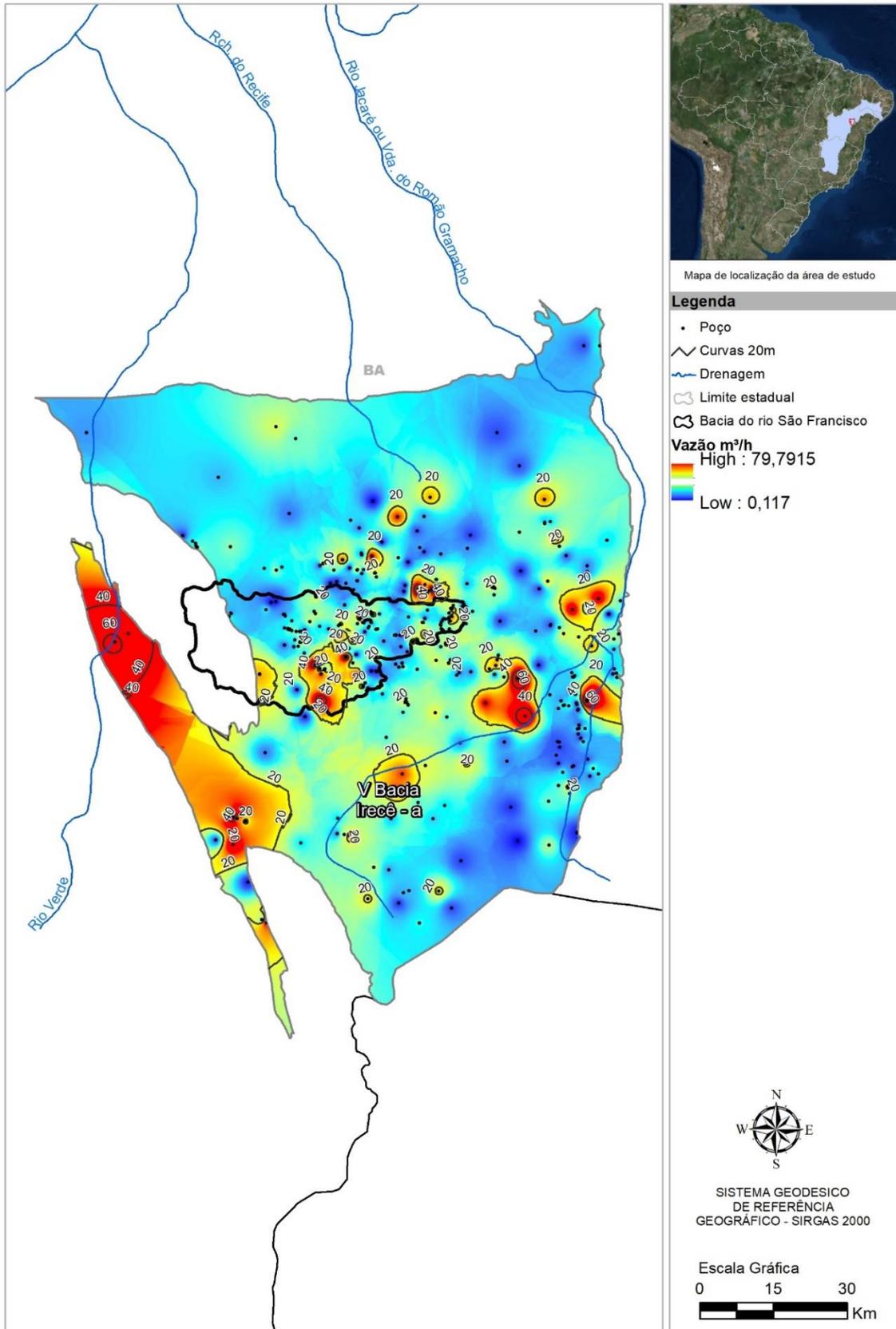


Figura 6.20: Distribuição espacial da produção de 434 poços em operação localizados no Subdomínio IVb.

6.5.4 Recarga no Domínio V

A Tabela 6.26 apresentada a seguir, identifica quais são as estações utilizadas para os cálculos de recarga, sendo mostradas ainda, outras informações como dimensão da bacia, código e nome da estação, e o período a que se referem os registros de medições de descarga em cada uma delas.

Tabela 6.26 – Informações básicas sobre as estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do Domínio V.

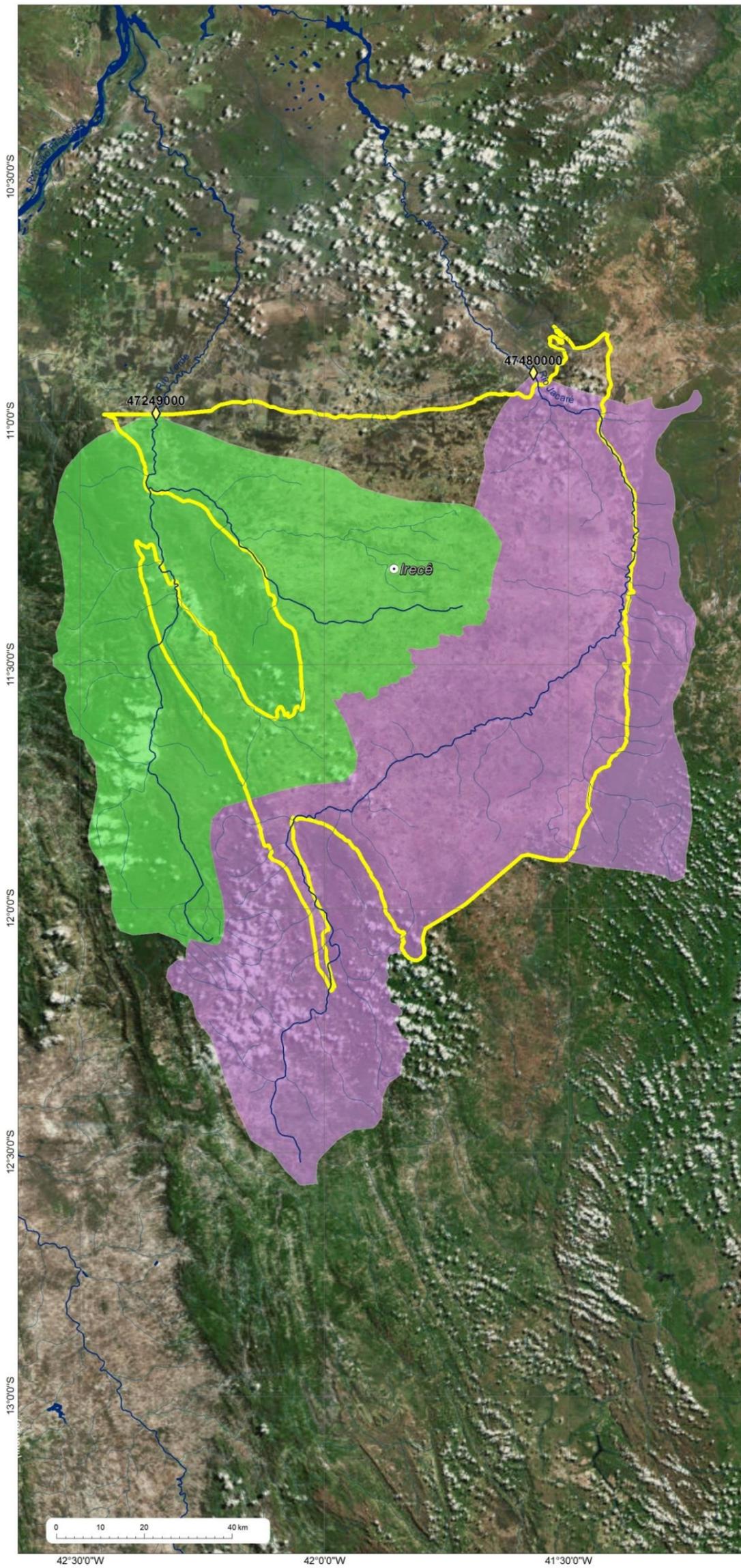
Código da estação*	Latitude	Longitude	Denominação	Curso d'água	Área (km ²)	Período de monitoramento	Período adotado para cálculo
47480000	- 10,8847	- 41,5903	Jaguaraci	Rio Jacaré/Vereda do Romão	8.446,66	1969 - 2010	1969 - 2005
47249000	- 10,9844	- 42,3439	Rio Verde II	Rio Verde	6.008,23	1977 – 2015	1977 - 2007

Como se observa na Figura 6.21 apresentada a seguir, a configuração hidrográfica das duas bacias de interesse revela que uma pequena porção do Domínio V não pode ser qualificada por estas, o que, no entanto, não prejudicou os cálculos realizados. Ressalta-se que as duas estações analisadas apresentam porções que extrapolam os limites do Domínio V, tendo sido, portanto, computados somente os volumes interiores de cada uma das bacias em relação às áreas pertencentes a esse domínio.

Do ponto de vista geológico, o conteúdo litológico das duas bacias avaliadas mostrou-se distribuído pelas seguintes tipologias: Formação Açuruá, Formação Tombador – fácies 1, Formação Tombador – fácies 2, Formação Caatinga, Formação Tombador Indivisa, Unidade Nova América, Unidade Nova América – Subunidade Lapão, Unidade Nova América – Subunidade Sarandi, Formação Morro do Chapéu – fácies 2, Formação Morro do Chapéu – fácies 1, Formação Morro do Chapéu – fácies 3, Formação Morro do Chapéu – fácies 5, Formação Morro do Chapéu Indivisa, Formação Bebedouro, Formação Caboclo Indivisa, Formação Caboclo – fácies 4, Unidade Jussara Médio e Inferior, Unidade Jussara Superior, Unidade Gabriel, Unidade Irecê, Formação Lagoa de Dentro, Formação Ouricuri do Ouro, Formação Mangabeira, Formação Rio dos Remédios, Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas, Coberturas residuais e Soleiras e Diques de Brotas de Macaúbas e Vale do Paramirim.

A Tabela 6.27 apresentada abaixo indica os percentuais de distribuição de cada uma das tipologias litológicas existentes no Domínio V.

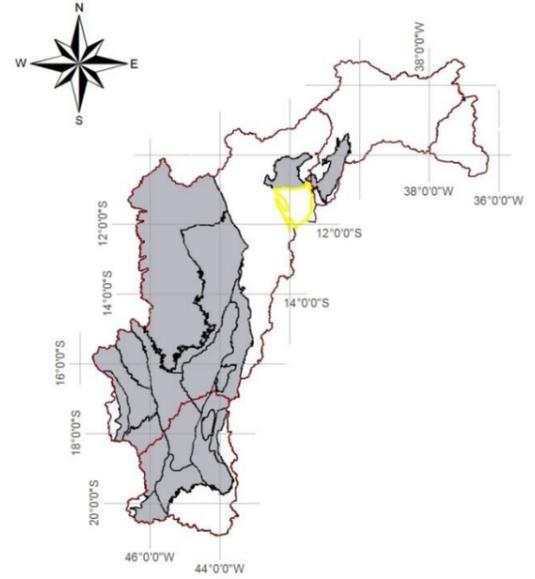
Subdomínio V – Bacia de Irecê pouco deformada



Mapas de localização



Mapa de domínios de ocorrência de unidades carbonáticas



Legenda

- Estação fluviométrica
- Sedes municipais
- Zonas de descarga local
- Zonas de descarga intermediária
- Subdomínio**
- Subdomínio V – Bacia de Irecê pouco deformada
- Limite bacia hidrográfica**
- Jaguaraci
- Rio Verde II

Figura 6.21: Mapa de localização das 2 bacias hidrográficas consideradas nos cálculos de recarga do Domínio V.

Tabela 6.27 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Domínio V.

GEOLOGIA DO DOMÍNIO V			
Unidade Geológica	Área (km ²)	%	Tipologia Litológica
Caatinga	331,30	3,42	Brecha carbonática, Calcrete
Nova América	2203,03	22,77	Calcilutito, Calcarenito
Jussara Superior	1986,25	20,53	Calcirrudito, Calcilutito, Calcarenito, Arcóseo, Rocha pelítica
Gabriel	2000,28	20,67	Calcilutito, Calcarenito, Arenito, Dolomito, Rocha pelítica, Silexito
Jussara Médio e Inferior	1723,69	17,81	Calcilutito, Calcarenito, siltito, Calcissiltito, Arcóseo
Morro do Chapéu – fácies 4	0,33	0,00	Rocha pelítica, Arenito
Morro do Chapéu Indivisa	9,81	0,10	Arenito, Rocha pelítica, Arenito arcoseano, Arenito conglomerático, Conglomerado
Irecê	228,50	2,36	Calcilutito, Calcarenito, Marga, Arenito, Arcóseo, Siltito, Silexito, Argilito
Nova América – Subunidade Lapão	331,99	3,43	Calcário, Calcarenito oolítico, Dolomito, Silexito
Nova América – Subunidade Sarandi	240,08	2,48	Calcilutito, Calcarenito, Calcissiltito
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	109,44	1,13	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila
Coberturas residuais	478,27	4,94	Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte
Morro do Chapéu – fácies 3	11,51	0,12	Arenito
Bebedouro	21,18	0,22	Diamictito, Arenito, Grauvaca, Rocha pelítica, Arcóseo
Total	9675,65	100,00	

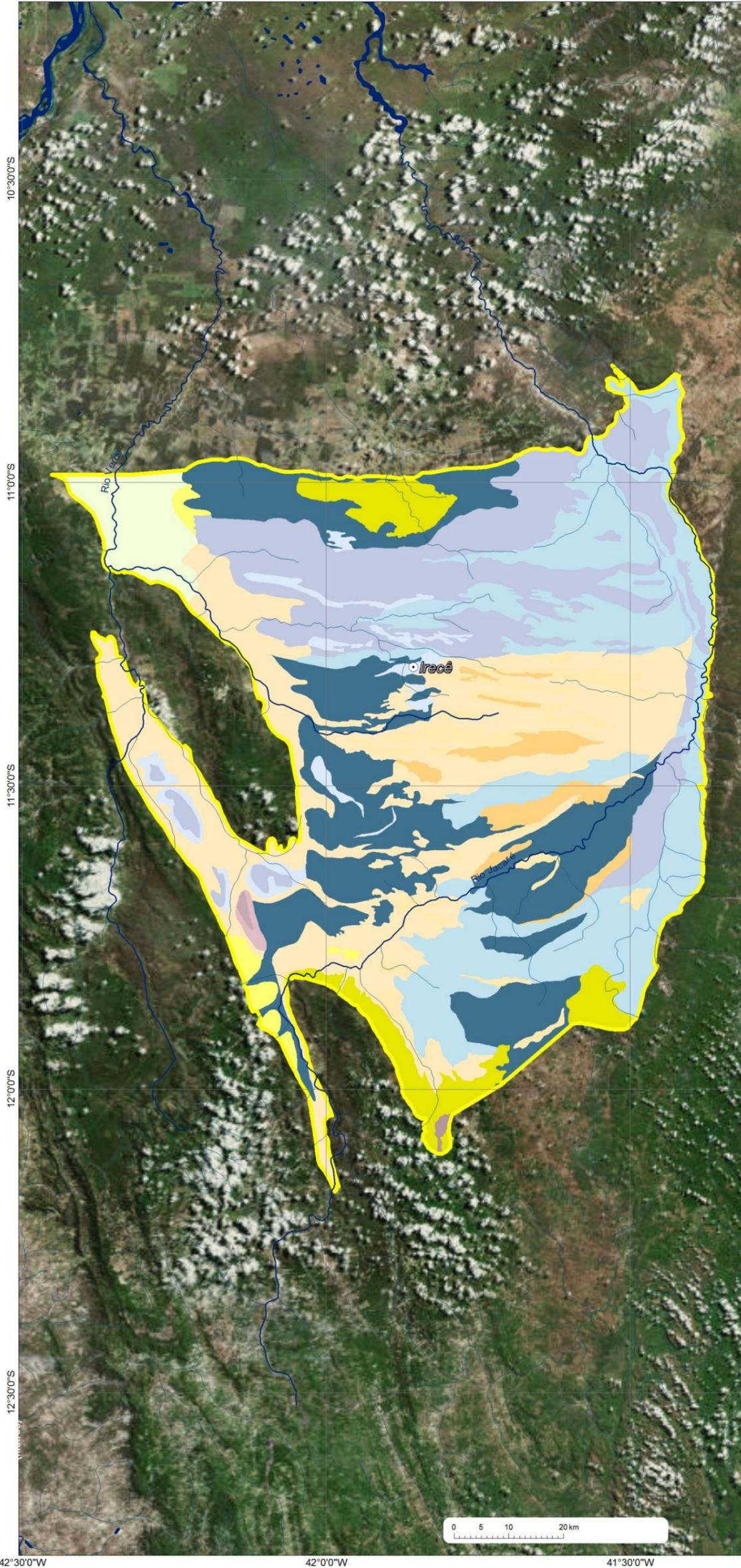
O mapa da Figura 6.22 mostra a distribuição dos tipos de rocha existentes no interior do domínio V, bem como sua inserção na bacia do rio São Francisco.

6.5.4.1 Resultados

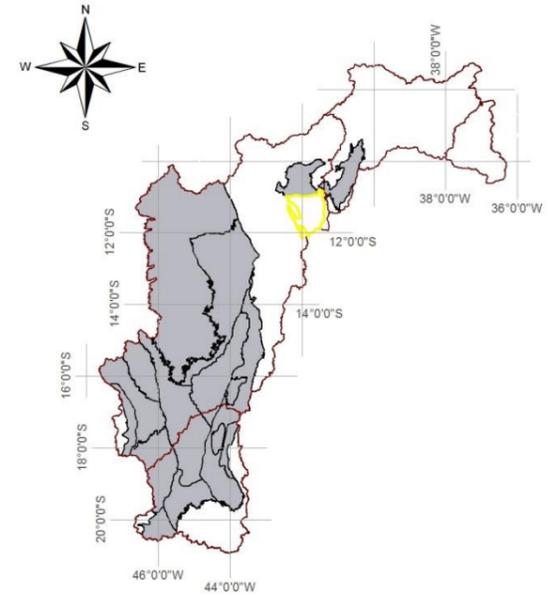
De posse da análise dos hidrogramas de cada um das oito estações fluviométricas, pôde-se levantar os quantitativos referentes às descargas subterrâneas para cada tipologia litológica, bem como os valores médios de recarga anual e seus respectivos percentuais, quando considerada a média pluviométrica obtida pelas isoietas distribuídas em 2 estações no e em torno do domínio V. Esses valores ainda poderão sofrer ajustes quando da identificação e análise de subdomínios vizinhos, quando avaliadas as outras estações existentes.

Subdomínio V – Irecê

Mapas de localização



Mapa de domínios de ocorrência de unidades carbonáticas



Legenda

- Sedes municipais
- Zonas de descarga local
- Zonas de descarga intermediária
- Subdomínio**
- ▭ Subdomínio V – Irecê
- Unidades Geológicas**
- ▭ Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas
- ▭ Coberturas residuais
- ▭ Formação Caatinga
- ▭ Formação Nova América
- ▭ Formação Nova América - Subunidade Lapão
- ▭ Formação Nova América - Subunidade Sarandi
- ▭ Formação Jussara Médio e Inferior
- ▭ Formação Jussara Superior
- ▭ Formação Gabriel
- ▭ Unidade Irecê
- ▭ Formação Bebedouro
- ▭ Formação Morro do Chapéu - fácies 3
- ▭ Formação Morro do Chapéu - fácies 4
- ▭ Formação Morro do Chapéu Indivisa

Figura 6.22: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Domínio V.

Os hidrogramas de cada estação de interesse, os quais serviram para caracterizar os volumes médios que representam as descargas oriundas dos aquíferos permitem visualizar os traçados que representam os filtros adotados nos procedimentos metodológicos (Eckardt 2008), e servem ainda para identificar os volumes médios de referência (Filtros A e B) adotados como o valor de base assumido para o escoamento subterrâneo (recarga), considerando-se todo o período de medição de descargas de cada estação.

Considerando-se que cada tipologia litológica apresenta uma determinada característica hidrogeológica, ou seja, suas propriedades físicas intrínsecas permitem que sua capacidade de armazenamento de água seja variável (entre distintos tipos de rocha), o conjunto de rochas presentes numa dada bacia hidrográfica vai definir o potencial médio de água capaz de ser liberado no tempo, e no espaço físico da bacia hidrográfica, o que, por sua vez, definirá o volume de descarga específica média numa dada seção fluviométrica e, também, se for o caso, por tipologia litológica. Por isso, a análise ano a ano de cada hidrograma, segundo os métodos de aplicação de filtros para separação dos escoamentos superficial e subterrâneo, revela-se como ferramenta importante para o reconhecimento dessas descargas específicas médias, numa dada seção de interesse.

Os resultados finais de descarga subterrânea específica obtida em cada estação são apresentados nas Tabelas 6.28 e 6.29 a seguir.

Tabela 6.28 – Áreas e valores de vazão para a estação Jaguaraci.

Estação Jaguaraci	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Tombador – fácies 2	Arenito conglomerático, Arenito	256,093	2,711	0,026	6,584	0,032
Caatinga	Brecha carbonática, Calcrete	19,156	0,203	0,044	0,840	
Tombador – fácies 1	Ortoconglomerado, Paraconglomerado, Arenito conglomerático, conglomerado polimítico, Arenito	3,913	0,041	0,026	0,101	
Nova América	Calcilutito, Calcarenito	1164,853	12,331	0,038	44,038	
Morro do Chapéu – fácies 2	Arenito, Arenito arcoseano	100,926	1,068	0,022	2,213	
Jussara Superior	Calcirrudito, Calcilutito, Calcarenito, Arcóseo, Rocha pelítica	943,212	9,985	0,035	32,807	
Gabriel	Calcilutito, Calcarenito, Arenito, Dolomito, Rocha pelítica, Silixito	1735,527	18,372	0,035	60,365	
Morro do Chapéu – fácies 3	Arenito	412,085	4,362	0,030	12,464	
Caboclo – fácies 4	Argilito, siltito, Calcarenito, Arenito, Ritmito, Calcário estromatolítico, Arenito conglomerático, Lamito	938,388	9,934	0,022	20,577	
Bebedouro	Diamictito, Arenito, Grauvaca, Rocha pelítica	124,274	1,316	0,021	2,631	
Tombador Indivisa	Rocha pelítica, Arenito, Arenito conglomerático, Conglomerado polimítico, Arcóseo	188,044	1,991	0,020	3,697	
Jussara Médio e Inferior	Calcilutito, Calcarenito, Siltito, Calcissiltito, Arcóseo	614,122	6,501	0,044	26,932	
Morro do Chapéu – fácies 1	Arenito, Ortoconglomerado, Paraconglomerado, Arenito conglomerático	223,088	2,362	0,026	5,735	
Coberturas residuais	Depósitos de areia, Depósitos de argila	412,099	4,362	0,045	18,696	
Caboclo Indivisa	Argilito, Arenito, Siltito, Lamito, Calcário estromatolítico, Arenito conglomerático, Marga	52,169	0,552	0,020	1,026	
Morro do Chapéu – fácies 5	Rocha pelítica, Arenito arcoseano	294,108	3,113	0,021	6,227	
Morro do Chapéu Indivisa	Arenito, rocha pelítica, Arenito arcoseano, Arenito conglomerático, conglomerado	8,552	0,091	0,022	0,188	
Irecê	Calcilutito, Calcarenito, Marga, Arenito, Arcóseo, Siltito, Silixito, Argilito	2,780	0,029	0,033	0,092	
Açuruá	Metassiltito, Ardósia, Conglomerado, Folhelho, siltito, Metarenito	183,170	1,939	0,018	3,324	
Nova América – Subunidade Lapão	Calcário, Calcarenito oolítico, dolomito, Silixito	205,672	2,177	0,041	8,398	
Nova América – subunidade Sarandi	Calcilutito, Calcarenito, Calcissiltito	201,390	2,132	0,033	6,700	
Lagoa de Dentro	Rocha pelítica, Metarenito	140,224	1,484	0,023	3,181	
Ouricuri do Ouro	Metaconglomerado polimítico	188,926	2,000	0,020	3,714	
Mangabeira	Metaconglomerado, Metarenito	143,911	1,523	0,020	2,829	
Rio dos Remédios	Metariodacito, Metariolito, Metadacito	19,553	0,207	0,009	0,177	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	870,426	9,214	0,038	32,907	

Tabela 6.29 – Áreas e valores de vazão para a estação Rio Verde II.

Estação Jaguaraci	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Caatinga	Brecha carbonática, Calcrete	288,577	4,118	0,145	41,881	0,103
Nova América	Calcilutito, Calcarenito	1170,126	16,696	0,125	146,396	
Jussara Superior	Calcirrudito, Calcilutito, Calcarenito, Arcóseo, Rocha pelítica	626,581	8,941	0,125	78,392	
Gabriel	Calcilutito, Calcarenito, Arenito, Dolomito, Rocha pelítica, Silexito	175,852	2,509	0,125	22,001	
Tombador Indivisa	Rocha pelítica, Arenito, Arenito conglomerático, Conglomerado polimítico, Arcóseo	715,748	10,213	0,073	51,938	
Jussara Médio e Inferior	Calcilutito, Calcarenito, Siltito, Calcissiltito, Arcóseo	718,135	10,247	0,145	104,222	
Morro do Chapéu – fácies 4	Rocha pelítica, Arenito	145,509	2,076	0,073	10,559	
Caboclo Indivisa	Argilito, Arenito, Siltito, Lamito, Calcário estromatolítico, Arenito conglomerático, Marga	717,120	10,233	0,065	46,654	
Morro do Chapéu Indivisa	Arenito, rocha pelítica, Arenito arcoseano, Arenito conglomerático, conglomerado	1170,275	16,699	0,073	85,506	
Irecê	Calcilutito, Calcarenito, Marga, Arenito, Arcóseo, Siltito, Silexito, Argilito	217,112	3,098	0,110	23,904	
Açuruá	Metassiltito, Ardósia, Conglomerado, Folhelho, siltito, Metarenito	203,216	2,900	0,060	12,204	
Nova América – Subunidade Lapão	Calcário, Calcarenito oolítico, dolomito, Silexito	126,313	1,802	0,135	17,067	
Nova América – subunidade Sarandi	Calcilutito, Calcarenito, Calcissiltito	38,687	0,552	0,110	4,259	
Lagoa de Dentro	Rocha pelítica, Metarenito	116,840	1,667	0,075	8,771	
Soleiras e Diques de Brotas de Macaúbas e do Vale do Parnamirim	Diorito, Gabro, Diabásio	5,364	0,077	0,020	0,107	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	506,075	7,221	0,125	63,316	
Morro do Chapéu – fácies 3	Arenito	47,141	0,673	0,000	0,000	
Bebedouro	Diamictito, Arenito, Grauvaca, Rocha pelítica	19,566	0,279	0,000	0,000	

6.5.4.2 Considerações finais

Diante dos valores encontrados para as recargas dos aquíferos contidos no Domínio V, verifica-se a partir da Tabela 6.30, apresentada a seguir, que o valor médio da vazão subterrânea específica média é de 0,06 L/s.km², variando entre 0,01 L/s.km² e 0,14 L/s.km² e em termos médios anuais, a média geral da recarga anual para o Domínio V corresponde cerca de 1,66 mm/ano.

Tabela 6.30 – Resultados de recarga encontrados para o Domínio V.

Unidade	Área (km ²)	Vazão mínima ponderada por litologia (L/s)	Vazão subterrânea específica média (L/s.km ²)	Recarga média anual (mm/ano)
Caatinga	331,30	46,16	0,14	4,39
Nova América	2203,03	117,96	0,05	1,69
Jussara Superior	1986,25	129,90	0,07	2,06
Gabriel	2000,28	79,96	0,04	1,26
Jussara Médio e Inferior	1723,69	76,97	0,04	1,41
Morro do Chapéu – fácies 4	0,33	0,02	0,05	1,53
Morro do Chapéu Indivisa	9,81	0,24	0,02	0,77
Irecê	228,50	19,82	0,09	2,74
Nova América – Subunidade Lapão	331,99	20,00	0,06	1,90
Nova América – Subunidade Sarandi	240,08	18,10	0,08	2,38
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	109,44	4,35	0,04	1,25
Coberturas residuais	478,27	21,46	0,04	1,41
Morro do Chapéu – fácies 3	11,51	0,14	0,01	0,38
Bebedouro	21,18	0,06	0,00	0,10
				1,66

6.5.5 Zoneamento da exploração no Domínio V

O zoneamento da exploração é considerado fundamental para a gestão do aquífero e para cumprir essa finalidade foi adotado o seguinte procedimento:

- O ponto de partida para o *zoneamento da exploração* foi a inserção da área do Subdomínio V, em estudo, no interior de um retângulo compreendido entre os paralelos de 45°S e 47°S e entre os meridianos de 10°30'S e 12°30'S, no qual foi feita uma partição em células quadradas de 30' de lado, com área aproximadamente de 3025 km² (55 km x 55 km), conforme Figura 6.23. Globalmente, o Subdomínio V, com área de 16.230 km², foi recoberto por 11 células com áreas variáveis de 30,9 a 3019,7 km².
- Foi então realizado um balanço tendo como vazão de entrada em cada célula a recarga média avaliada por sub-bacia (Tabela 6.31) e como descarga de saída, a vazão informada no cadastro de usuários realizado em 2014 na área do projeto. Verificou-se que o número de poços existentes em condições de operação em cada célula varia bastante estando concentrados principalmente nas células G13, H12 e G12. Isto permitiu obter o mapa de zoneamento da exploração do aquífero em 2014 (Figura 6.23). Esse mapa revela que em todas as células há excedente hídrico e que as retiradas são bem inferiores à recarga.
- Essa conclusão baseada em vazão informada sugere que não há motivos para preocupação nesse subdomínio, notadamente porque a julgar pelo índice de concentração de poços, o resultado é consistente com a realidade.
- Neste sentido, não há prioridade para implementação de um programa de monitoramento automático de níveis e descargas de poços neste subdomínio.

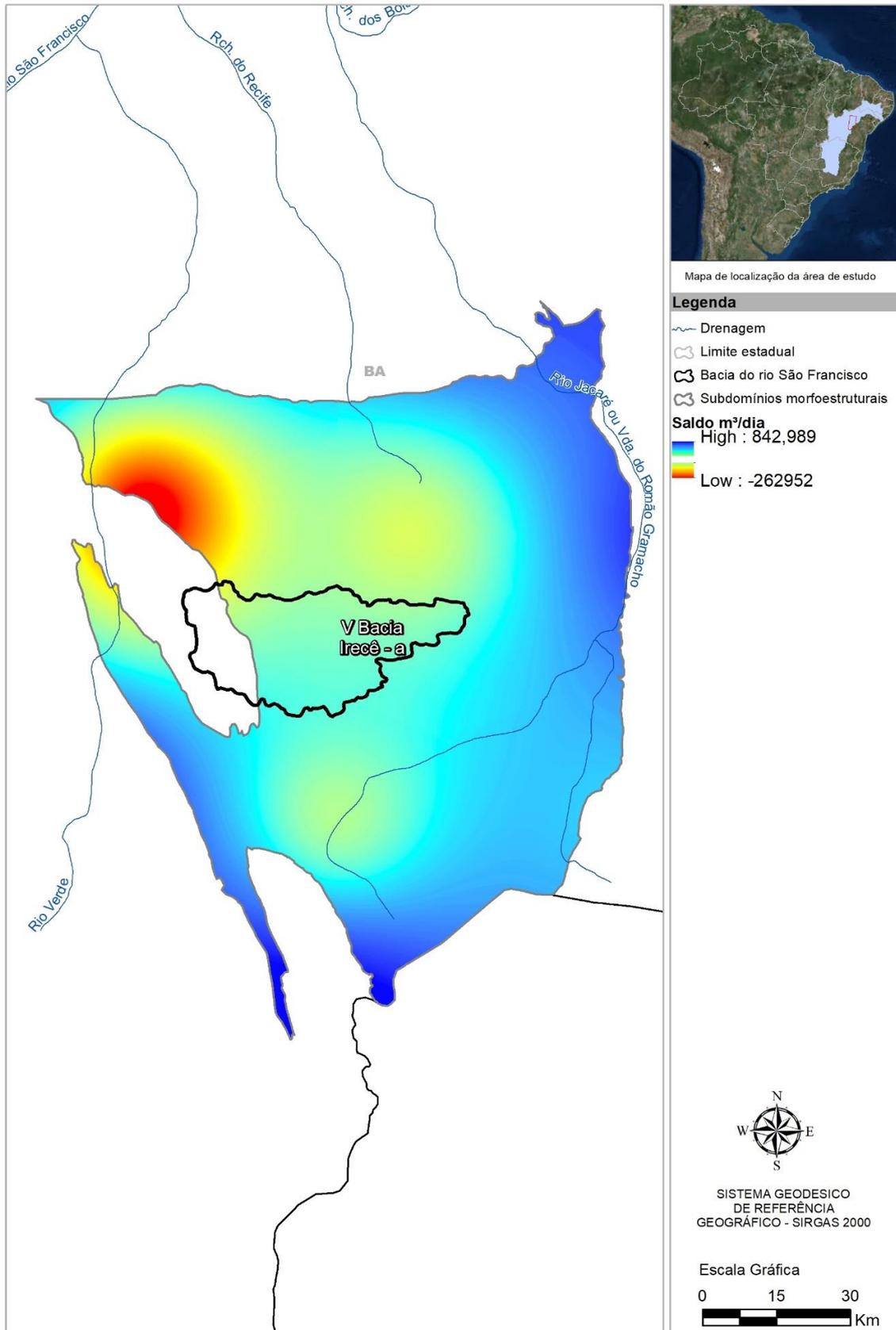


Figura 6.23: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Domínio V, Grupo Salitre Pouco Deformado, com excedente hídrico.

Tabela 6.31 – Balanço entre recarga natural e vazão explorada no Domínio V Salitre Pouco Deformado.

Célula	x	y	Area km ²	Número de Poços	Recarga m ³ /dia	Produção Estimada m ³ /dia	Saldo m ³ /dia
F12	-42,262	-10,733	113,1	8	624	2.080	-1.455
F13	-41,759	-10,739	231,1	31	1.518	5.165	-3.647
F14	-41,263	-10,745	154,2	13	1.206	5.715	-4.509
G12	-42,25	-11,2	1496,6	397	15.031	131.044	-116.013
G13	-41,771	-11,236	3019,7	1468	14.711	326.667	-311.956
G14	-41,245	-11,242	718,4	195	5.931	46.166	-40.235
H11	-42,4	-11,75	780,7	141	9.755	36.302	-26.547
H12	-41,9	-11,75	2645,8	922	15.007	206.417	-191.410
H13	-41,4	-11,75	368,6	138	9.005	25.701	-16.696
I11	-42,126	-12,199	30,9	4	3.003	664	2.339
I12	-41,919	-12,199	95,0	5	9.380	1.262	8.118

6.6 Reservas, potencialidades e exploração

As conceituações de reservas, potencialidades e exploração encontram-se nos tópicos 1.2, 1.3 e 1.4 do Capítulo 1.

6.6.1 Reservas permanentes

As reservas permanentes do Domínio V – Bacia de Irecê a, foram avaliadas de acordo com o exposto nos itens 1.2.1 e 1.2.2 do Capítulo 1 do presente relatório. A Tabela 6.32 a seguir sintetiza os valores utilizados e os resultados obtidos.

Tabela 6.32 – Reserva permanente do Domínio V – Bacia de Irecê a.

Subdomínio V - Bacia de Irecê a								
Unidade Geológica	Área (km²)	%	Litologia predominante	P (m)	NE (m)	η_e	b (m)	RP (hm³)
Caatinga	331,99	3,63	Brecha carbon, Calcrete	100,00	26,00	0,16	74,00	3.930,74
Nova América	2.233,48	24,42	Calcilutito, Calcarenito	97,00	19,00	0,13	78,00	22.647,46
Jussara Superior	2.011,00	21,99	Calcirr, Calcilut, Calcar, Arc, pelitos	102,00	17,00	0,12	85,00	20.512,20
Gabriel	2.025,38	22,14	Calcil, Calcar, Aren, Dolom, pelitos	99,00	25,00	0,12	74,00	16.985,38
Jussara Médio e Inf	1.742,33	19,05	Calcil, Calcar, silt, Calcisilt, Arcóseo	102,00	17,00	0,08	85,00	11.847,84
Irecê	228,83	2,50	Calcil, Calc, Marg, Aren, Silt, Argil	86,00	12,00	0,11	74,00	1.862,66
N Amér – Subun Lapão	332,68	3,64	Calc, Calcaren ool, Dolom, Silexito	98,00	23,00	0,14	75,00	3.493,16
N Amér – Subun Sarandi	240,44	2,63	Calcilutito, Calcarenito, Calcissiltito	94,00	19,00	0,11	75,00	1.983,64
Totais	9.146,13	100,00	Reserva permanente total					84.263,08
P = prof. média dos poços NE = nível est. médio η_e = poros efetiva b = espes. saturada média RP = Res. Perman.								

6.6.4 Exploração

O conceito de exploração de água subterrânea, aqui adotado, é discutido no item 1.4 do presente relatório.

Uma análise bastante detalhada da produção dos poços do Domínio V – Bacia de Irecê a, apresentada acima no item 3.5.3, oferece informações para uma estimativa da produção atual de água subterrânea.

6.6.4.1 Exploração efetiva

Foram cadastrados 3.137 poços tubulares no Domínio V em condições de funcionamento. Embora se tenha informações de vazão e de regime de bombeamento apenas numa pequena fração desses poços, as análises efetuadas (ver item 3.5.3) apontam para uma vazão média de 10,0 m³/h e um regime médio de operação de 8,3 horas/dia. Esses números sinalizam para uma exploração efetiva da ordem de 260.371,00 m³/dia ou 95,00 hm³/ano.

6.6.4.2 Exploração instalada

Considerando-se regime de bombeamento contínuo, chega-se a uma exploração instalada de 275,00 hm³/ano.

7 Domínio VI – Bacia Irecê – b

Ao norte da cidade de Jussara, a configuração das unidades geológicas da Bacia de Irecê é diferente da configuração na porção sul (Figura 7.1). Os metassedimentos neoproterozoicos não se apresentam mais confinados entre as unidades mais antigas, e não se observa na trama estrutural a mesma intensidade de dobramentos e falhas na direção EW que se observa na porção sul. Outra mudança marcante é a existência de uma extensa cobertura cenozoica que cobre completamente os calcários da Unidade Jussara (CPRM/CBPM, 2003).

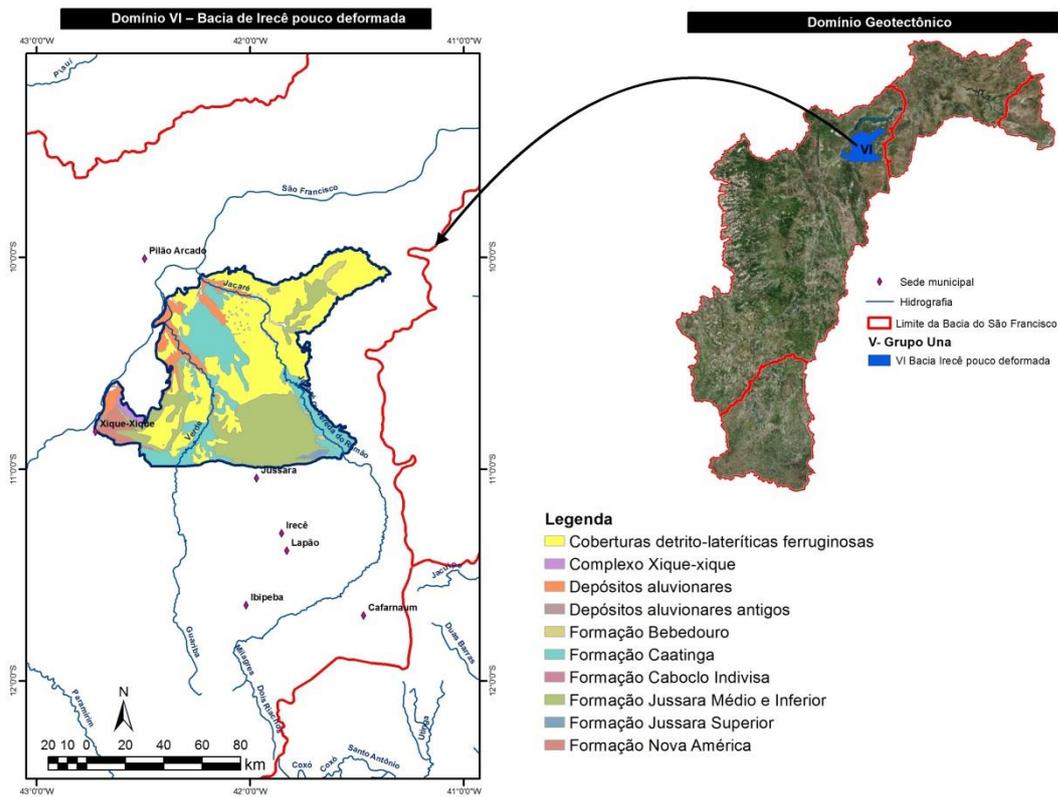


Figura 7.1: Localização do Domínio VI – Bacia Irecê pouco deformada.

7.1 Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação

Neste item tem-se o levantamento do uso do solo, das estruturas cársticas e das fontes de contaminação realizado para a área regional, conforme descrito no capítulo de Metodologia, e recortados aqui para o Domínio VI.

Na Tabela 7.1 têm-se as fontes contaminantes do Domínio VI.

Tabela 7.1 – Fontes contaminantes do Domínio VI.

Domínio V – Fontes contaminantes	
Cemitério	1
Indústria	1
Posto de combustível	4
Total:	6

O quantitativo de estruturas cársticas para o domínio VI foi de 7 dolinas, exibidas na Figura 7.2.

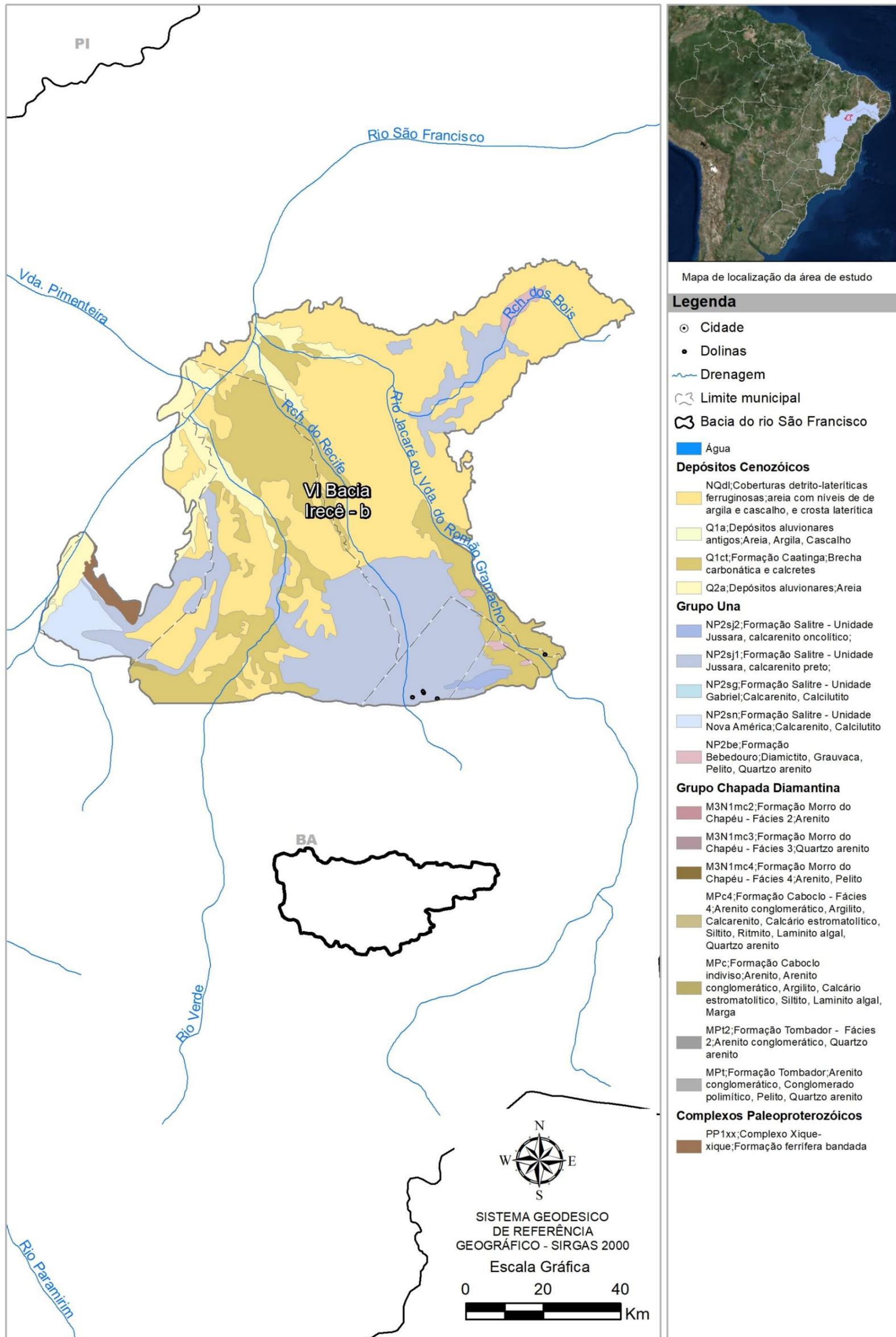


Figura 7.2: Mapa de estruturas cársticas do Domínio VI - Bacia Irecê - b.

As áreas das diferentes classes de uso do solo do domínio VI são quantificadas conforme mostrado na Tabela 7.2.

Tabela 7.2 – Áreas de uso do solo do Domínio VI.

Classes de uso do solo	Área em km ²
Área urbanizada	2,32
Campestre	3883,75
Corpo d'água continental	6,90
Florestal	3881,89
Lavoura temporária	1506,37
Sem informação	8,60
Total:	9289,83

A distribuição percentual das áreas das classes de uso do solo no domínio VI é mostrada na Figura 7.3.

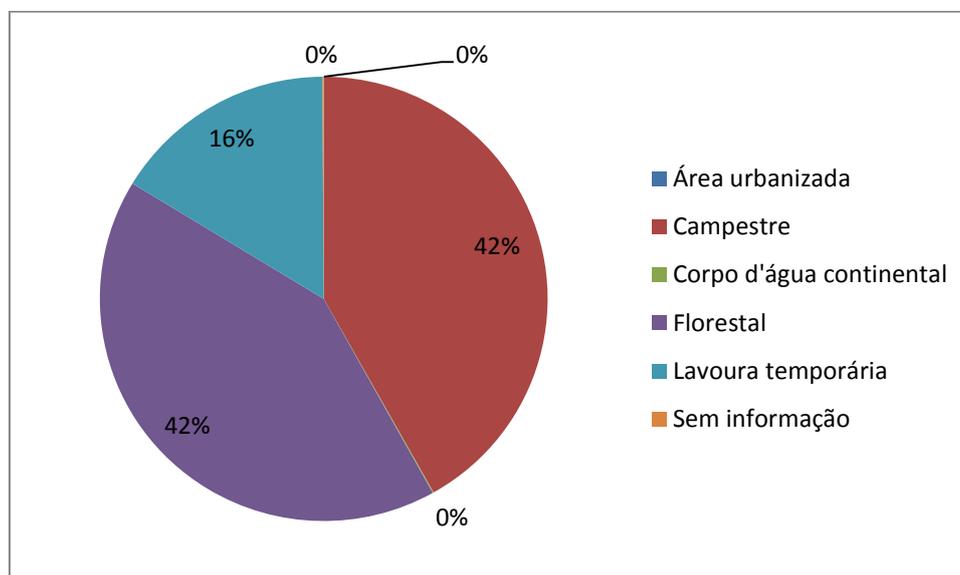


Figura 7.3: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Domínio VI.

A maior porcentagem encontra-se na classe Campestre, com 41,81% da área total de 8.289,83 km², ou seja, 3.883,75 km² de área; em seguida, a maior área foi identificada como Florestal com 41,79% ou 3.881,89 km²; a classe Lavoura Temporária representa 16% ou 1.506,37 km²; as demais classes, como Corpo de Água Continental, Área Urbanizada e Sem Informação, representam valor menor que 1%, respectivamente com 6,90 km², 2,32 km² e 8,60 km².

O mapa do uso do solo acrescido dos possíveis pontos de contaminação e estruturas cársticas, para o domínio VI, pode ser observado na Figura 7.4.

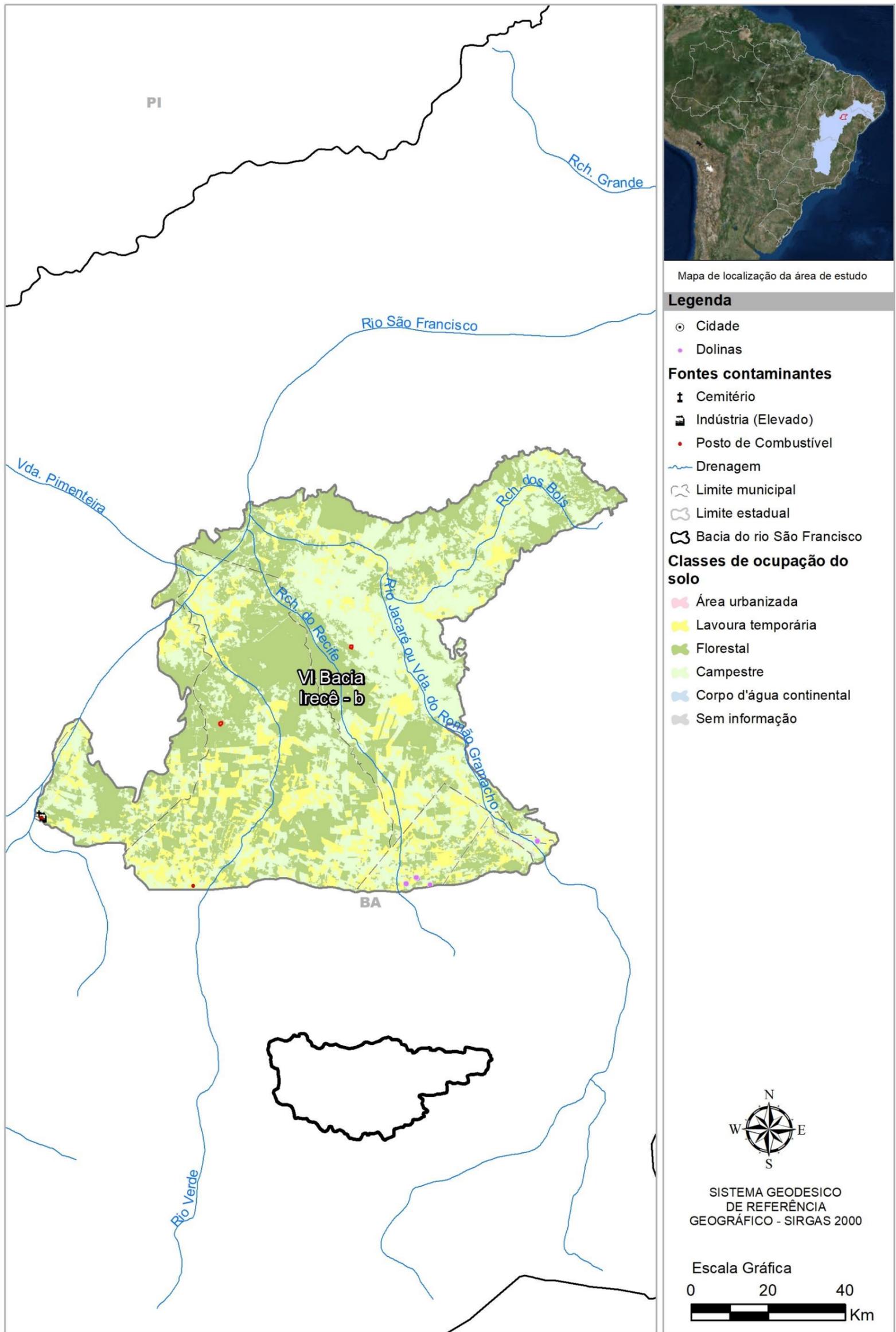


Figura 7.4: Uso e ocupação do solo no Domínio VI.

7.2 Levantamento socioeconômico e demandas hídricas

Para a realização de um estudo correto das demandas hídricas de uma localidade, se faz necessário o estudo de parâmetros socioeconômicos e populacionais.

A interpretação dos parâmetros de rendimento e taxa de alfabetização, auxiliam no entendimento do grau de desenvolvimento econômico de uma região, e a partir daí, torna-se possível correlacioná-los à necessidade de água no local. A Tabela 7.3 apresenta tais parâmetros para o domínio VI.

Tabela 7.3 - Dados socioeconômicos do Domínio VI.

Rendimento (R\$)	Alfabetização (%)	IDHM
488,93	77,7	0,57

O domínio VI apresentou, em 2010, o rendimento médio da população muito abaixo da média do estado da Bahia (R\$ 813,94), sendo cerca de 40% menor. Ainda, se comparado ao salário mínimo do ano em questão (R\$ 510,00), este rendimento é cerca de 4% abaixo do seu valor.

No tocante à taxa de alfabetização, o domínio VI apresenta uma taxa (77,7%) abaixo da taxa do estado da Bahia (84,6%).

No caso do rendimento, tem-se a consideração do peso proporcional de adultos potencialmente receptores de renda no domicílio, diante do cenário em que crianças e idosos tendem a não gerar renda. Sabendo que o rendimento é obtido pela divisão da receita domiciliar pelo número de integrantes no domicílio, um rendimento baixo pode ser entendido como receita familiar baixa e/ou alto número de integrantes da família, assim como um rendimento alto pode significar uma receita familiar alta e/ou um baixo número de integrantes da família.

Analogamente, a taxa de alfabetização contribui para análise das condições de vida populacional, proporcionando o entendimento do bem estar familiar. Essa taxa de alfabetização tende a ser mais baixa em localidades de menor rendimento, indicando menor oportunidade de acesso ao conhecimento.

Dessa forma, compreender o nível de qualidade de vida constitui um fundamento para gerar dados acerca do rendimento e taxa de alfabetização regional, de forma que uma menor qualidade de vida é relacionada a um menor rendimento e menor taxa de alfabetização, o que assinala menor demanda hídrica no local, ao passo que uma maior qualidade de vida é relacionada a um maior rendimento e maior taxa de alfabetização, assinalando uma maior demanda hídrica.

Quando consideramos o IDHM, é possível obter uma análise mais robusta, haja vista que tal índice pondera longevidade, educação e renda, simultaneamente. Nesse âmbito, o Índice de Desenvolvimento Humano para o domínio V foi de 0,57, em 2010, classificando-se na faixa de Desenvolvimento Humano Baixo (IDHM entre 0,500 e 0,599). Pode-se concluir que o domínio VI possui rendimento, taxa de alfabetização e IDHM baixos, o que indica uma menor demanda hídrica.

O domínio VI representa 2% do PIB e cerca de 5% da população do total dos subdomínios da Bahia. Quando analisado o PIB per capita, o subdomínio apresenta resultado muito abaixo da média da área de influência total.

Essa situação pode caracterizar má distribuição de renda na região, ou ainda, que a região não possui áreas comerciais/industriais, onde a produção de bens é mais intensa que os gastos domiciliares.

Esse cenário pode ser ainda confirmado diante do confronto desse PIB per capita com o PIB per capita da Bahia, chegando a ser 58% menor que do estado (11.966,08), ressaltando o baixo nível de produção econômica na área.

A Tabela 7.4 apresenta os valores do PIB para o Domínio VI.

Tabela 7.4 – PIB do Domínio VI.

PIB	População	PIB per capita
416.618,00	83.834	4.981,49

7.2.1 Aspectos sanitários dos municípios

O estudo dos aspectos sanitários da região servirá para o monitoramento da qualidade da água, identificando as deficiências que mais influenciam em problemas ambientais. Foram avaliados quatro pontos importantes: formas de abastecimento, tipos de esgotamento sanitário nos domicílios, destino do lixo e quantitativo de domicílios que recebem ou não energia elétrica.

- **Abastecimento**

A porcentagem de abastecimento por rede geral, ou seja, com tratamento de água, no domínio VI (83,2%) é um pouco superior à taxa de abastecimento do estado da Bahia (80,34%), apresentando menores taxas em relação ao abastecimento por poços, nascentes, rios, açudes.

A Tabela 7.5 apresenta a distribuição da forma de abastecimento no domínio VI.

Tabela 7.5 – Formas de abastecimento no Domínio VI.

Formas de abastecimento	%
Rede geral	83,20
Poço ou nascente na propriedade	1,40
Poço ou nascente fora da propriedade	6,70
Rio, açude, lago ou igarapé	5,00
Poço ou nascente na aldeia	0,00
Poço ou nascente fora da aldeia	0,00
Outra	3,80

- **Esgotamento sanitário**

Neste domínio, um total de 17,20% dos domicílios não possuíam nem banheiro nem sanitário, mostrando-se com taxa maior que a do estado da Bahia (7,92%). A porcentagem de esgoto que não é transportado pela rede geral, não é posto em redes pluviais e nem tratado em fossa séptica é significativa, apontando para grande impacto no meio ambiente desta região.

A Tabela 7.6 abaixo apresenta as porcentagens da existência de banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário no domínio VI.

Tabela 7.6 – Existência de banheiro ou sanitário no Domínio VI.

Tipos de esgotamento sanitário	Quantitativo (%)
Banheiro de uso exclusivo do domicílio	78,00
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	44,40
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - outro	55,60
Sanitário	4,80
Sanitário - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	12,60
Sanitário - outro escoadouro	87,40
Sem banheiro e sem sanitário	17,20

- **Destino do lixo**

Com o estudo realizado, foi possível verificar que o domínio VI possui um sistema de destino do lixo um pouco abaixo da média de todo o estado da Bahia, mostrando que apenas 61,2% do lixo é coletado, enquanto a média do estado é 76,21%. E ainda 38,8% do lixo possui destino indefinido, o que pode indicar uma destinação incorreta podendo causar contaminação do solo e de águas.

A Tabela 7.7 apresenta as porcentagens de destinação do lixo no domínio VI.

Tabela 7.7 – Destinos do lixo no Domínio VI.

Destino do lixo	Quantitativo (%)
Coletado	61,20
Coletado por serviço de limpeza	93,30
Coletado em caçamba de serviço de limpeza	6,70
Outro destino	38,80

- **Energia Elétrica**

Neste quesito, pode-se identificar que o domínio VI é uma região bem atendida por redes elétricas, porém com porcentagem de domicílios que são abastecidos com energia elétrica menor que a do estado da Bahia, chegando a atender 93,8% dos domicílios, onde ainda 6,20% não recebem atendimento.

7.2.2 Demandas Hídricas

O estudo das demandas visa o conhecimento da necessidade de água de uma determinada região, e aliado ao conhecimento das potencialidades e disponibilidades hídricas, se torna um dos elementos essenciais para a realização de seu balanço hídrico, além de constituir um instrumento valioso para o planejamento e estabelecimento das prioridades de uma política de uso dos recursos hídricos.

O levantamento das demandas hídricas foi feito tanto para dados atuais (2010) como para dados futuros (2015, 2020, 2025 e 2030).

- **População urbana e rural**

Analisando o domínio VI pode-se observar que a maior parte da população é urbana, com uma taxa de crescimento positiva de 1,05%, a taxa de crescimento da população rural, apesar de pequena, é positiva igual a 0,14%, como pode ser observado na Tabela 7.8.

Tabela 7.8 – População e demanda para abastecimento humano (2010).

População	2010	Demanda (m³/dia)	Taxa de crescimento (%)
Rural	27.744	4.732	0,14
Urbana	54.217	15.786	1,05

Este aumento da população urbana e o baixíssimo crescimento da população rural indica um processo de urbanização da região. O processo de urbanização é decorrente do desenvolvimento econômico e distribuição de trabalho, intimamente ligado à industrialização.

O crescimento populacional neste subdomínio aumenta a competição pelos mesmos recursos naturais, para suprimento das necessidades humanas, e, ao mesmo tempo, a produção de poluição. Tudo isso pode implicar na degradação de muitos recursos naturais e aumento de epidemias. Podemos notar que a demanda hídrica rural é menor que demanda hídrica urbana.

- **Dessedentação animal**

O domínio VI representa 3% de bovinos, 0% de bubalinos, 3% de equinos, 11% de asininos, 1% de muares, 10% de caprinos, 8% de ovinos, 2% de suínos e 1% de aves do somatório total das cabeças de todos os subdomínios da Bahia. O quantitativo de cabeças e o consumo da dessedentação de animais estão na Tabela 7.8.

Tabela 7.9 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.

Rebanhos	Nº de cabeças
Bovinos	65.598,11
Bubalinos	-
Equinos	3.240,06
Asininos	2.493,17
Muares	166,21
Caprinos	47.898,13
Ovinos	41.365,34
Suínos	3.950,72
Aves	30.515,78
Demanda para dessedentação animal (m ³ /dia)	85.672,03

- **Irrigação**

O domínio VI apresentou, em 2010, uma estimativa de área irrigada de 5.065 hectares. A partir dos dados de área irrigada e com o coeficiente de demanda unitária adotado, de 0,4 L/s.ha, foi possível converter a área irrigada em demanda hídrica, que foi estimada em 175.047 m³/dia.

- **Indústria**

A demanda de recursos hídricos das indústrias, para o domínio VI, demonstra ser pequena em relação à demanda de abastecimento da população, sendo igual a 2,49 m³/dia. Porém, segundo análise na seção de demanda de população rural e urbana, pode-se concluir que é uma região com baixo desenvolvimento industrial.

7.2.3 Demandas futuras (2015, 2020, 2025, 2030)

- **População urbana e rural**

A Tabela 7.10 a seguir apresenta as projeções feitas, para a população urbana e rural no domínio VI. Os coeficientes de retirada de água per capita, também definido na metodologia, foram aplicados às populações projetadas nos referidos anos, de forma a obterem-se as demandas para abastecimento urbano e rural para o domínio VI.

Tabela 7.10 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.

População/Ano	2015	2020	2025	2030
Rural	27.881	27.982	28.051	28.090
Urbana	56.097	56.473	57.418	57.943
Demanda hídrica rural (m ³ /dia)	4.538	4.395	4.297	4.243
Demanda hídrica urbana (m ³ /dia)	16.037	16.953	17.582	17.931

- **Dessedentação animal**

Devido à falta de dados mais recentes foi necessário projetar o número de cabeças por espécie, admitindo a mesma taxa de crescimento linear obtida entre os anos de 1996 e 2006. Assim, foi possível estimar o número de cabeças por espécie para 2010 e da mesma forma se procedeu para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030. Uma vez aplicada a taxa de crescimento linear, estimou-se o número de cabeças por espécie para o domínio VI, e o consumo para dessedentação animal. Ambos apresentados na Tabela 7.11.

Tabela 7.11 – Projeção do número de cabeças para o Domínio VI.

Rebanhos	Nº de cabeças por ano			
	2015	2020	2025	2030
Bovinos	68.892,03	74.467,02	78.341,47	84.535,00
Bubalinos	-	-	-	-
Equinos	3.452,14	3.678,12	3.918,88	4.175,40
Asininos	2.656,37	2.830,25	3.015,51	3.212,90
Muare	177,09	188,68	201,03	214,19
Caprinos	52.098,90	55.509,18	58.142,70	63.014,06
Ovinos	44.073,03	46.957,96	50.031,73	53.306,70
Suínos	4.209,32	4.484,86	4.778,43	5.091,21
Aves	32.513,28	34.641,53	36.909,09	38.325,09
Demanda para dessedentação (m³/dia)	91.279,94	96.254,94	103.621,04	19.403,86

• Irrigação

De posse da demanda atual para agricultura em 2010, deu-se prosseguimento às metodologias já aplicadas para os demais anos que compõem o horizonte deste estudo. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 7.12.

O resultado dessas projeções consiste nas áreas irrigadas a serem consideradas no futuro. Assim, utilizando-se dos coeficientes de demanda para agricultura, obtêm-se a demanda hídrica futura para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030.

Tabela 7.12 – Projeção dos métodos utilizados para irrigação no Domínio VI.

Área irrigada (ha) / Ano	2015	2020	2025	2030
Demanda para irrigação (m ³ /dia)	223.409	285.133	363.910	464.452

• Indústria

Para demanda relacionada à indústria, de forma semelhante ao que foi feito para calcular a de 2010, projetou-se os PIBs secundários para o domínio. Essa projeção teve como base uma taxa de crescimento linear obtida através da comparação entre os PIBs de 2002 e 2012.

Ao aplicar o coeficiente de consumo específico para classe 900 (genérica), equivalente a 0,02713 m³/US\$, como definido na metodologia, inferiram-se as demandas industriais para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030 (Tabela 7.13).

Tabela 7.13 – Projeção da demanda hídrica industrial para o Domínio VI.

Demanda Industrial (m ³ /dia)			
2015	2020	2025	2030
2,76	2,99	3,12	3,20

7.3 Vulnerabilidade

A vulnerabilidade foi avaliada de acordo com a metodologia EPIK comentada no item 1.6 do presente relatório.

A classificação dos parâmetros E, P, I e K, é mostrada na Figura 7.5. Essa classificação mostra os seguintes resultados:

- Parâmetro E – Epicarste: 7% de epicarste franco, 84% de epicarste encoberto (classe E2) e 9% ausente (classe E3).
- Parâmetro P – Cobertura de proteção: 69% para a classe P1 e 31% para a classe P2.
- Parâmetro I – Condições de infiltração: 19% para a classe I1, 79% para a classe I2 e 2% para a classe I3.
- Parâmetro K – Grau de desenvolvimento da rede cárstica: 9% para a classe K1, 82% para a classe K2 e 9% para a classe K3.

Na definição das classes do parâmetro P foi muito útil o mapa das unidades de solo, mostrado na Figura 7.6.

Com os diferentes parâmetros zoneados, foi possível elaborar o mapa de vulnerabilidade (ver item 1.6), mostrado na Figura 7.7. A partir desse mapa quantificam-se percentualmente, na Figura 7.8, as classes de vulnerabilidade.

Como se pode observar na Figura 7.8, o Domínio VI Bacia de Irecê-b apresenta vulnerabilidade baixa em 9% da sua área, vulnerabilidade média em 65% e vulnerabilidade alta nos restantes 26%.

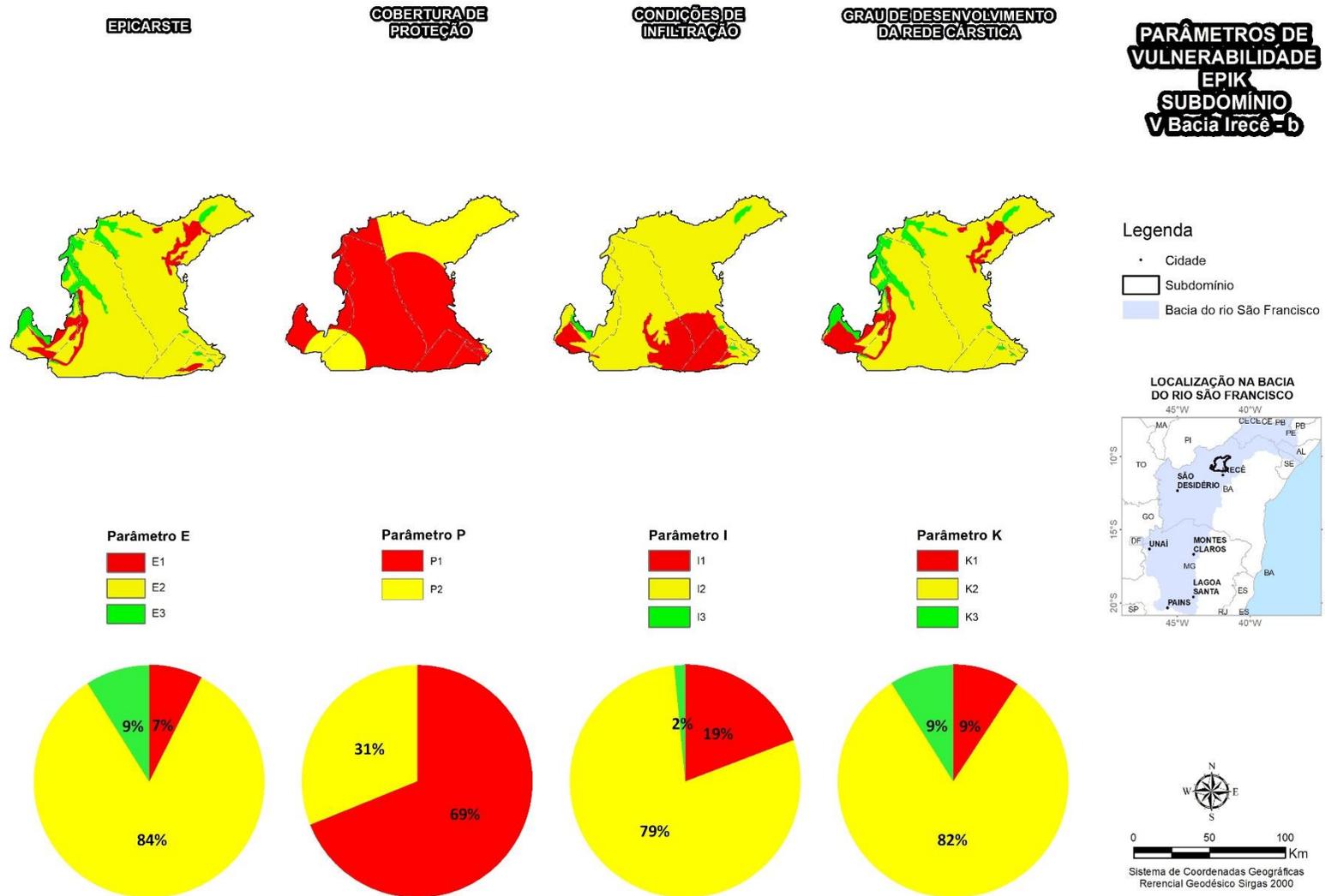


Figura 7.5: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.

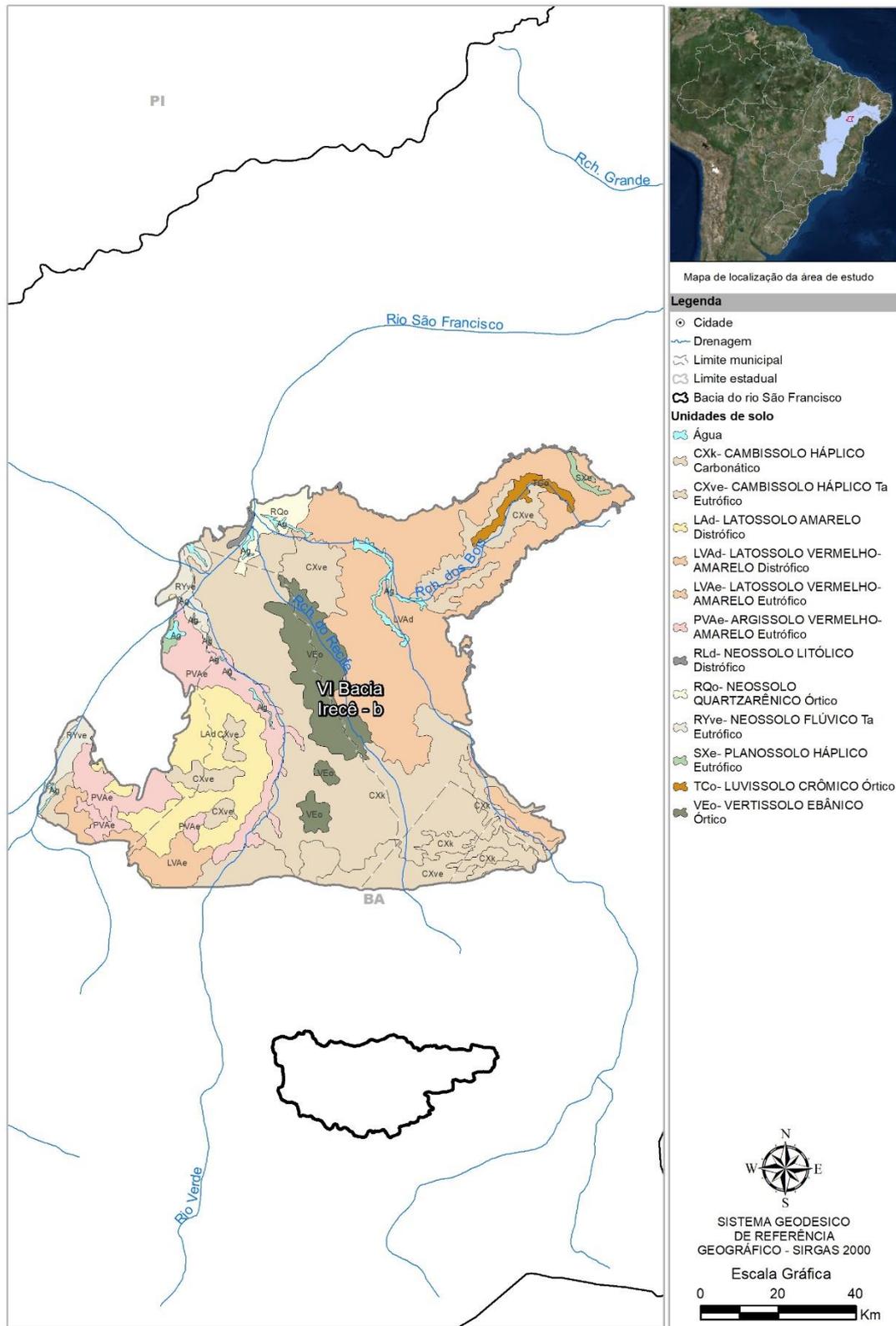


Figura 7.6: Unidades de solo com a classificação do parâmetro P.

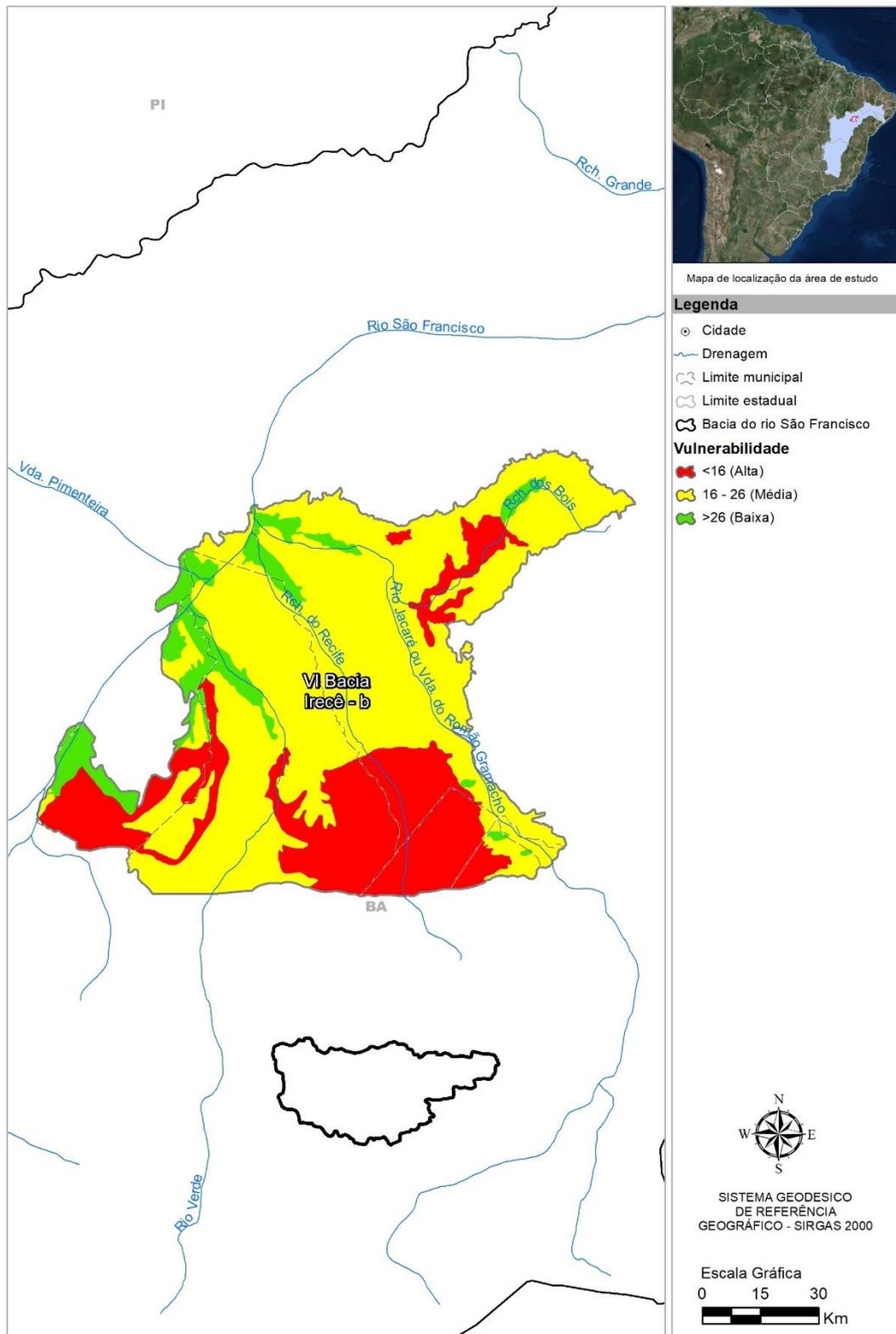


Figura 7.7: Vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Domínio VI - Bacia Irecê - b.

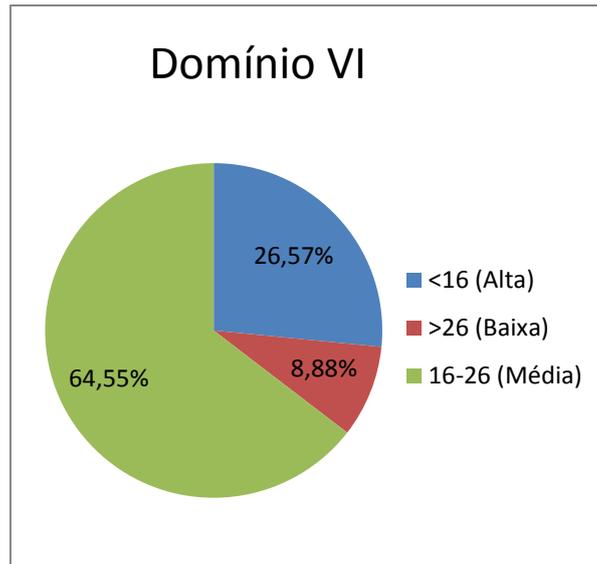


Figura 7.8: Classificação da vulnerabilidade para o Domínio VI - Bacia Irecê - b.

7.4 Perigo de contaminação

Na Tabela 7.14 estão relacionadas as fontes contaminantes cadastradas no Domínio VI Bacia de Irecê-b, com indicação dos respectivos índices Posh.

Tabela 7.14 – Fontes potenciais de contaminação do Domínio VI Bacia de Irecê-b

ATIVIDADE	QUANTIDADE	ÍNDICE POSH
Cemitério	18	Moderado
Posto de combustível	73	Elevado
Lavoura temporária	103,74 km ²	Elevado

A distribuição dessas fontes contaminantes é mostrada em dois mapas. Na Figura 7.9 apresenta-se a distribuição das cargas contaminantes classificadas de acordo com o índice POSH. Na Figura 7.10 apresenta-se a distribuição das cargas contaminantes sobre o mapa de vulnerabilidades. Neste último se pode avaliar o perigo de contaminação no Domínio VI Bacia de Irecê-b. Verifica-se, no mapa da Figura 7.13, a ocorrência de 3 grandes setores de alta vulnerabilidade, a nordeste, sudoeste e sudeste, onde há extensas lavouras permanentes, caracterizando perigo de contaminação extremo. Alto perigo de contaminação, por sua vez, ocorre em pequenas manchas distribuídas nas áreas de vulnerabilidade média (cor amarela) decorrentes da presença de postos de combustíveis e lavouras temporárias, estas últimas ocupando apenas 5% da área do domínio.

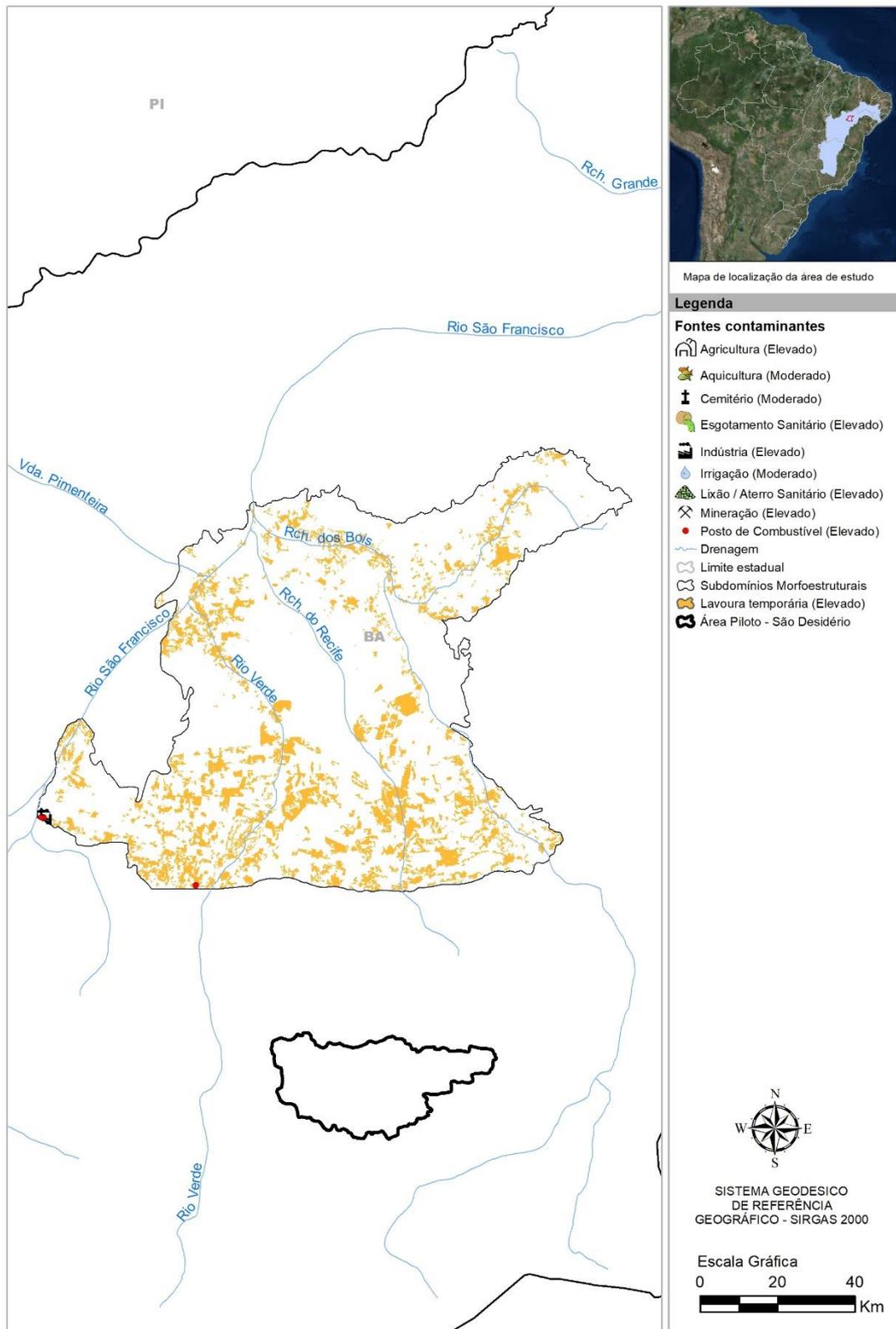


Figura 7.9: Distribuição das cargas contaminantes no domínio VI com classificação POSH.

Pela análise do mapa da Figura 7.10 pode-se observar que o Domínio VI apresenta área de perigo de contaminação extremo em 3 grandes partes do subdomínio (nordeste, sudoeste e sudeste), onde existe extensas áreas de lavoura permanente e alta vulnerabilidade. Tem-se também um alto perigo em pequenas áreas distribuídas por várias partes do mapa, onde estão às áreas de vulnerabilidade média (cor amarela) com fontes de contaminação classificadas como elevadas segundo a metodologia POSH, que são os postos de combustíveis e as áreas de lavoura temporária (que representa apenas 5%, conforme apresentado na Figura 7.9).

Para o Domínio VI, as fontes contaminantes respondem basicamente por postos de distribuição de combustíveis, Aterros comuns (Lixões) e cemitérios. No extremo Norte da Bacia de Irecê, a localização destas principais fontes fica restrito ao centro urbano e aos povoados e distritos que pertencem aos municípios de Jussara e Itaguaçu da Bahia, corroborando para o aumento do fator do risco de contaminação das águas subterrâneas. Com isso, a água subterrânea, que é utilizada como fonte de abastecimento, também a negligência dos proprietários dos postos que não realizam o monitoramento contínuo, tal como a troca dos tanques de armazenamento de combustíveis, facilitando o surgimento de vazamentos devido o elevado estado de deteriorização dos mesmos e principalmente pela idade dos tanques instalados. Esta afirmação é justificada pela estrutura observada nos postos de distribuição de combustível, cadastrados, como só pontos JC107R e JC111R, no município de Jussara, localizados na entrada e outro no centro urbano onde, apresentam no máximo 4 bombas de abastecimento do tipo analógicas (Figura 7.10a e Figura 7.10b).



Figura 7.10: Postos de revenda de combustível cadastrados no Domínio VI município de Jussara.

Ponto JC107R Auto Posto Jussara; (b) Ponto JC111R, Posto JK.

Os cemitérios constituem fontes potenciais de contaminação, especificamente de uma carga contaminante microbiológica relativamente pequena e restrita. A estrutura básica consiste em um muro baixo cercando toda a área, por vezes com portões de ferro sem cadeado ou outro tipo de dispositivo que restrinja o acesso. Não há organização das sepulturas ou no mínimo passarelas pavimentadas com acesso as mesmas. Estas por sua vez, são escavadas sem

impermeabilização ou algum tipo de precaução especial (Figura 7.11a, Figura 7.11b, Figura 7.11d, Figura 7.11e), localizados no centro urbano. Para os cadastrados em povoados, a exemplo do pertencente a Barreiros, Município de Itaguaçu da Bahia, sequer existe um muro de limitação da área, sendo apenas uma cerca de arame farpado e sem cancela de acesso ou porteira (Figura 7.11c).



Figura 7.11: Principais fontes potenciais de contaminação relacionados a cemitérios.

(a) e (b) JC074R, Cemitério Municipal de Itaguaçu da Bahia; (c) JC075R, Cemitério localizado no Povoado de Barreiros, Município de Itaguaçu da Bahia; (d) e (e) JC109R, Cemitério Municipal de Jussara.

Para a disposição dos resíduos sólidos nos municípios envolvidos no Domínio VI, os lixões a céu aberto obedecem a mesma configuração dos observados, apresentando o mesmo cenário dos municípios discutidos anteriormente. São lançados nas imediações das rodovias e em terrenos na periferia nas proximidades do centro urbano dos municípios (Figura 7.12). Não apresentam limites delimitados por muros ou cercas e de fácil acesso de pessoas e animais. Ainda assim, sua localização por vezes em estradas vicinais que dão acesso aos povoados (Figura 7.12d).

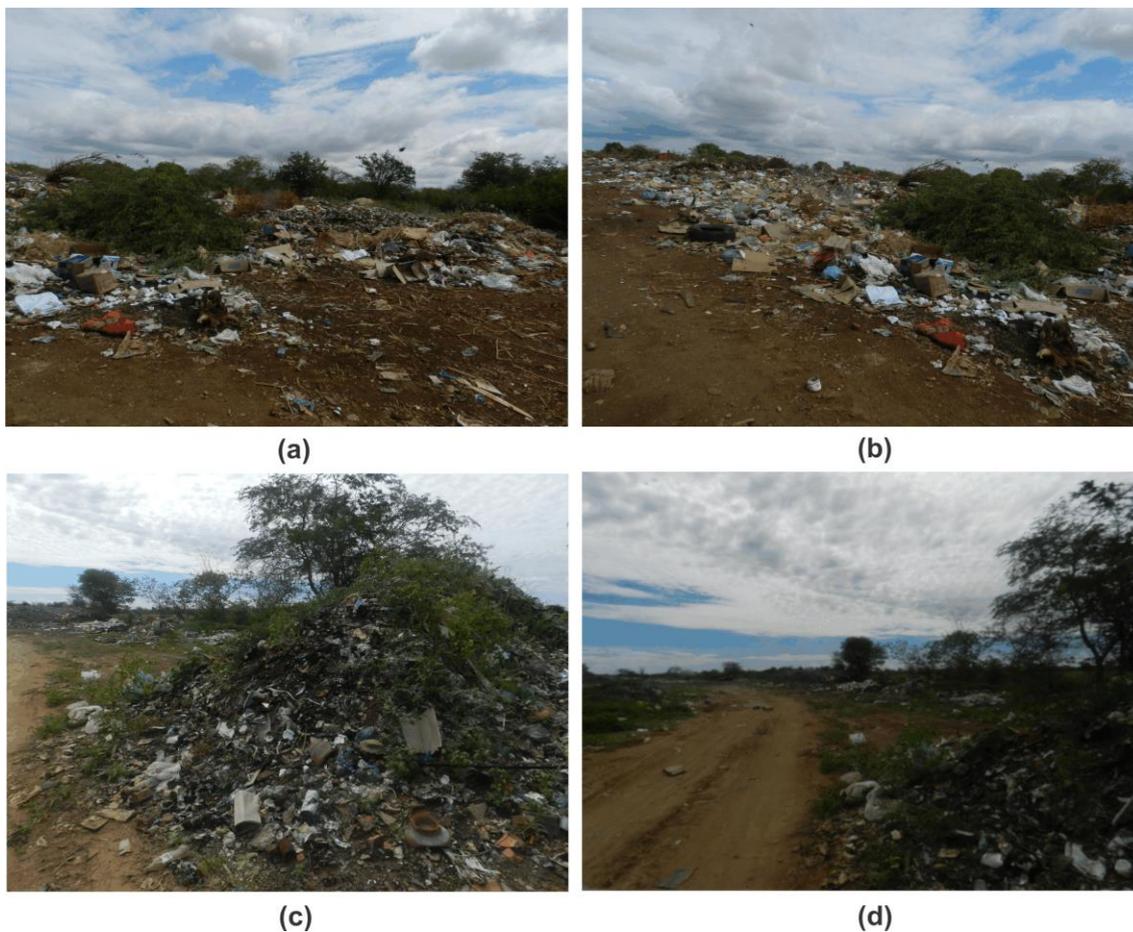


Figura 7.12: Aterros comuns cadastrados para o domínio VI.

(a) e (b) Lixão municipal do Município de Jussara; (c) Lixão municipal do Município de Jussara, localizado na margem esquerda da BA052, Km 422; (d) Estrada vicinal que dá acesso ao Povoado de Queimada.

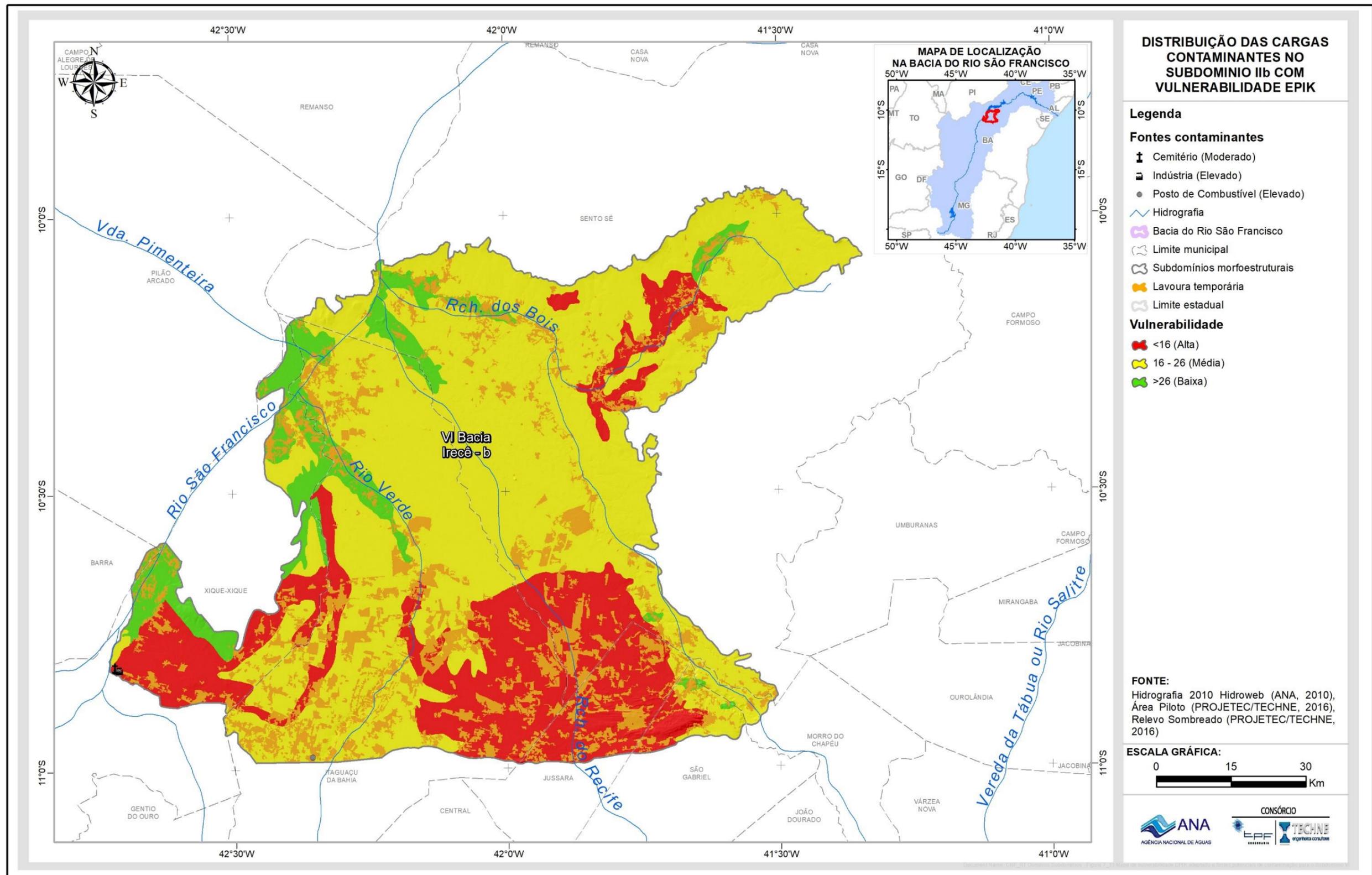


Figura 7.13: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Domínio VI.

7.5 Recarga e zonas de exploração

Começando com um panorama regional da evolução histórica dos níveis de água subterrânea no domínio cárstico em Minas Gerais, a situação da exploração das águas subterrâneas do SAB no domínio VI inclui uma estatística descritiva dos dados de poços levantados e catalogados no âmbito do Projeto ANA – Carste São Francisco bem como uma caracterização do regime de funcionamento dos poços e uma estimativa da produção global de água. Para a recarga, foram realizados os cálculos em função das precipitações e o regime fluvial para cada subdomínio. Com os valores de recarga e exploração do subdomínio foi possível realizar o zoneamento de exploração, demonstrado na Figura 7.21.

7.5.1 Levantamento e sistematização dos dados

Os dados de poços levantados no domínio VI - Bacia Irecê - b, no âmbito do Projeto foram sistematizados e fazem parte do SIG, que constitui a principal fonte de consulta sobre poços.

7.5.1.1 Poços catalogados e cadastrados

A pesquisa hidrogeológica desenvolvida no domínio VI baseou-se em dados de 347 poços constantes no SIG, dos quais 291 foram catalogados do SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2010) e 56 foram catalogados da Companhia de Engenharia e Recursos Hídricos da Bahia (CERB) (ANEXO 12.24 – Tabela de poços do Domínio VI, Volume 3). Para o tratamento estatístico não foram considerados os poços escavados. Desses 347 poços excluem-se 2 cisternas cadastradas durante o projeto. O resultado são 345 poços: 289 catalogados do SIAGAS e 56 catalogados na CERB.

7.5.1.2 Tratamento estatístico dos dados de poços catalogados e cadastrados

Na Tabela 7.15 é apresentada a estatística descritiva dos valores numéricos de profundidade, diâmetro do revestimento, nível estático, nível dinâmico e vazão dos poços cadastrados e catalogados no Domínio VI, localizado na poção noroeste da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

Tabela 7.15 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Domínio VI.

Parâmetros Estatísticos	Profundidade (m)	Diâmetro da boca (mm)	Nível Estático - NE (m)	Nível Dinâmico - ND (m)	Vazão (m ³ /h)
Média	94,5	152,7	19,4	44,6	13,3
Mediana	88,0	152,4	17,7	41,0	10,0
Desvio Padrão	33,3	11,0	12,6	26,4	12,5
Coefficiente Variação	0,4	0,1	0,6	0,6	0,9
Valor máximo	200,0	219,1	56,3	138,0	132,0
Valor mínimo	21,0	50,8	1,7	3,7	0,2
Nº valores	318	240	254	175	231

7.5.1.2.1 Profundidade

A profundidade dos poços inventariados no domínio VI, variou de 21 a 200 m. A profundidade média foi de 94,5 m e se explica pelo fato de que a classe mais frequente (36%) corresponde a poços com profundidade superior a 100 m. Se considerarmos todos os poços com mais de 40 m teremos 303 poços ou pouco mais de 95% do total no domínio VI. Já as classes compreendidas entre 0 e 40 m de profundidade possuem uma frequência absoluta muito baixa, com apenas 4,72% do total. A tabela 7.16 mostra que na classe dos poços entre 80 e 100 m e na classe dos poços entre 60 e 80 m estão localizados, respectivamente, 19% e 31%, ou seja, a terceira e a segunda classe mais predominante.

Tabela 7.16 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM e na CERB no Domínio VI.

Classe Profundidade (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤20	0	0	0,00	0,00
20<x≤40	15	15	0,05	4,72
40<x≤60	31	46	0,10	14,47
60<x≤80	100	146	0,31	45,91
80<x≤100	59	205	0,19	64,47
x>100	113	318	0,36	100,00
Total	318			

A distribuição da frequência da profundidade dos poços no Domínio VI pode ser visualizada no diagrama da Figura 7.14.

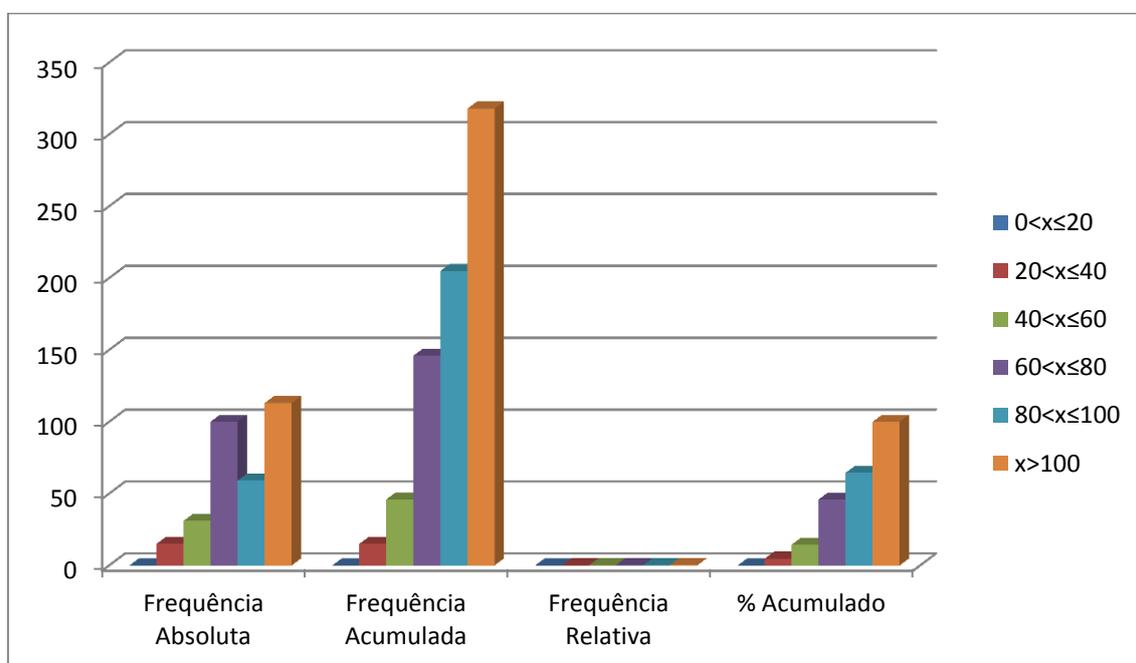


Figura 7.14: Frequências das classes de profundidade dos poços no Domínio VI.

7.5.1.2.2 Diâmetro da Boca do Poço

De acordo com a Tabela 7.17 e Figura 7.15, no Domínio VI, existem duas classes de diâmetro da boca dos poços, a primeira com 4 poços até 152 mm e a segunda com 236 poços na classe entre 152 mm e 310 mm. Nota-se a presença da maioria dos poços concentrada na segunda classe de diâmetro.

Tabela 7.17 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM e na CERB no Domínio VI.

Classe Diâmetro da Boca (mm)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
$0 < x \leq 152$	4	4	0,02	1,67
$152 < x \leq 300$	236	240	0,98	100,00
Total	240			

A Figura 7.15 ilustra a distribuição de frequência do diâmetro da boca dos poços no Domínio VI.

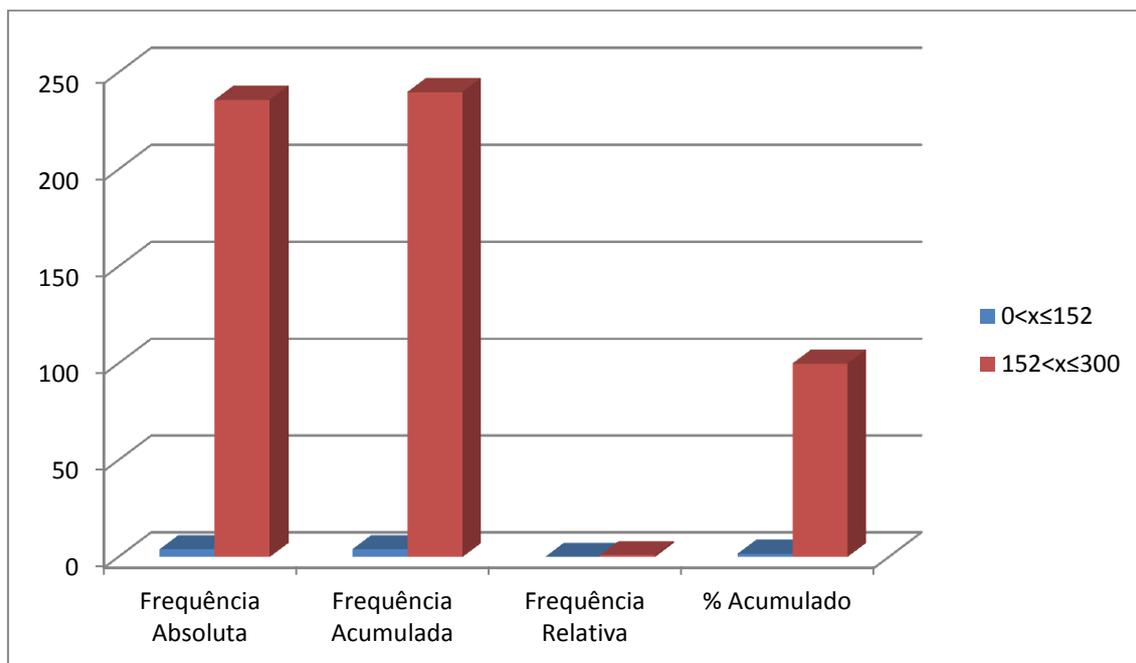


Figura 7.15: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Domínio VI.

7.5.1.2.3 Nível Estático

De acordo com os dados da Tabela 7.18 e Figura 7.16, observa-se que aproximadamente 61% dos poços apresentam níveis estáticos até 20 m, o que significa que esses níveis são rasos, de modo geral. Nas classes de 20 a 30 m encontram-se cerca 18% dos poços e no intervalo de poços acima de 30 m estão 21% do total. A rigor, todos esses níveis, notadamente os mais profundos, não são “estáticos”, já que a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração.

Tabela 7.18 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM e na CERB no Domínio VI.

Classe Nível Estático (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	74	74	0,29	29,13
10<x≤20	82	156	0,32	61,42
20<x≤30	45	201	0,18	79,13
x>30	53	254	0,21	100,00
Total	254			

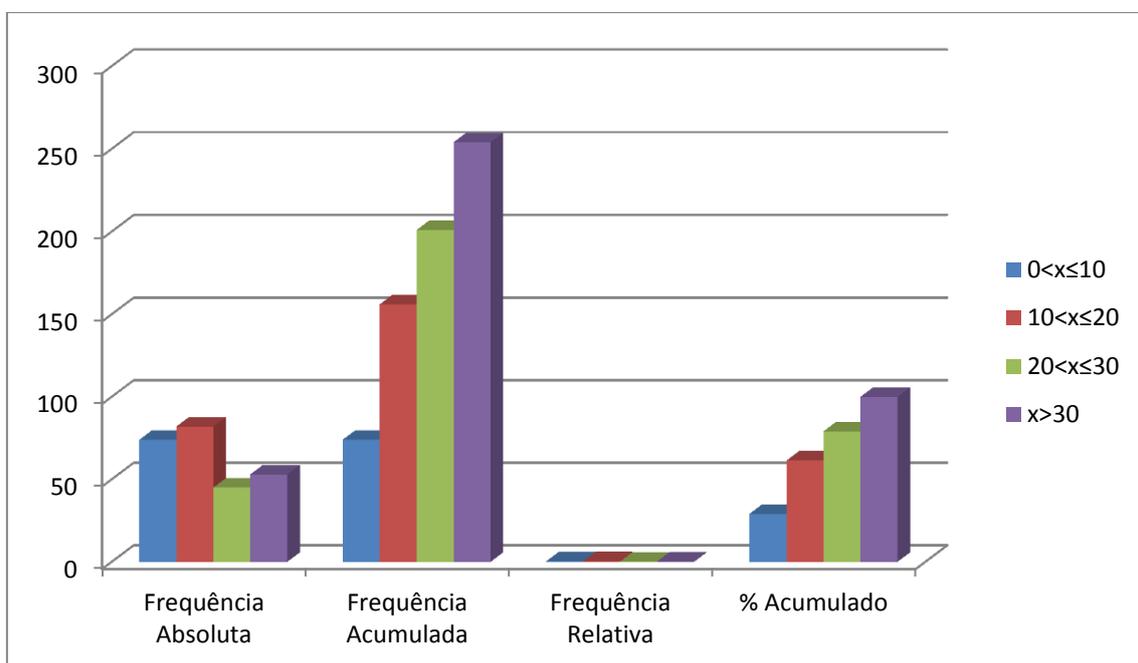


Figura 7.16: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Domínio VI.

7.5.1.2.4 Nível Dinâmico

Para os níveis dinâmicos dos poços no domínio VI, tem-se que a classe menos frequente corresponde ao intervalo entre 0 a 10 m (5%). Secundariamente, 13% dos poços (22/175) estão no intervalo entre 10 e 20 m, como pode ser observado na tabela 7.19 e Figura 7.17. Nota-se, finalmente, que a grande maioria dos níveis dinâmicos (89/175), representando 51%, está no intervalo de poços com profundidades maiores que 40 metros.

Tabela 7.19 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM e na CERB para o Domínio VI.

Classe Nível Dinâmico (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	8	8	0,05	4,57
10<x≤20	22	30	0,13	17,14
20<x≤30	30	60	0,17	34,29
30<x≤40	26	86	0,15	49,14
x>40	89	175	0,51	100,00
Total	175			

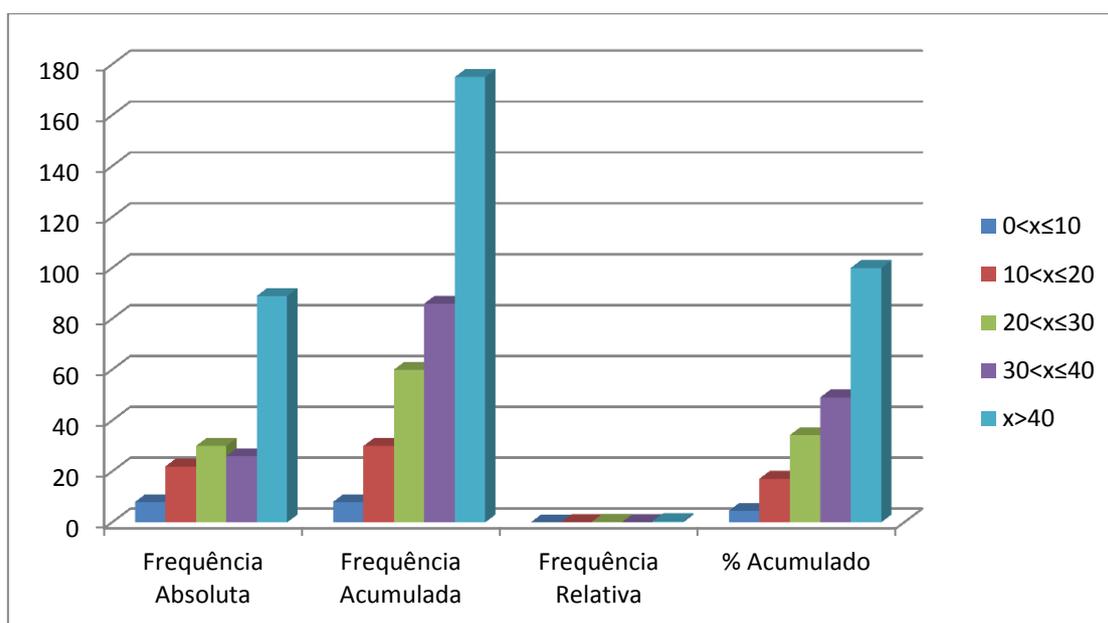


Figura 7.17: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Domínio VI.

7.5.1.2.5 Vazão

No que se refere à vazão dos poços que exploram o Aquífero Salitre do carste São Francisco no Domínio VI (Tabela 7.20), verifica-se que do total de poços catalogados e cadastrados existem 231 poços com vazão informada. Observa-se que a classe mais frequente é a entre 0 e 10 metros, com aproximadamente 51% e frequência absoluta de 117 poços. As de menores frequências são os intervalos entre 40 e 50 m e de poços com vazões maiores que 50 m, com apenas 1% do total (Figura 7.18).

Tabela 7.20 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM e na CERB para o Domínio VI.

Classe Vazão (m³/h)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	117	117	0,51	50,65
10<x≤20	66	183	0,29	79,22
20<x≤30	30	213	0,13	92,21
30<x≤40	16	229	0,07	99,13
40<x≤50	1	230	0,00	99,57
x>50	1	231	0,00	100,00
Total	231			

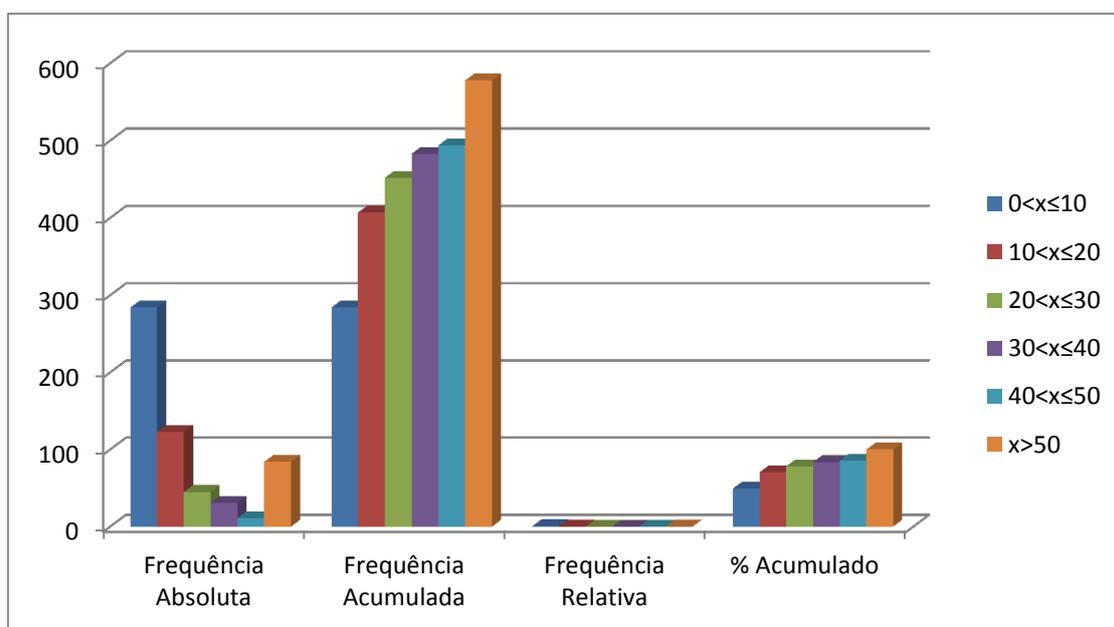


Figura 7.18: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Domínio VI.

Não obstante, de acordo com as condições operacionais em que se encontram os poços (Tabela 7.21) verifica-se que existem 76 unidades (22,0%) em condições de funcionamento, ou seja, são poços que estão bombeando (20,6%), estão equipados (1,74%).

Tabela 7.21 – Situação operacional dos 345 poços catalogados e cadastrados no Domínio VI.

Registros	Bombeando	Equipado	Seco	Parado/ Não Instalado	Sem informação	Em condições de funcionamento
345	71	5	60	21	181	76
100%	20,6%	1,4%	17,4%	6,1%	52,5%	22,0%

7.5.1.3 Conclusões

Com base nos dados apresentados anteriormente referentes ao Aquífero Salitre do Carste do São Francisco no Domínio VI é possível concluir que:

- A profundidade dos poços inventariados no Domínio V variou de 21 a 200 m, com média aproximada de 94,5 m (Tabela 7.15), sendo que os poços nos intervalos acima de 40 metros constituem (Tabela 7.16) as classes mais frequente (95%);
- 29% dos poços (Tabela 7.18) possuem níveis estáticos entre 0 e 10 m de profundidade, somados a classe de 10 a 20 m chegam a 156 poços ou 61% do total. Vale ressaltar que a rigor esses níveis não são “estáticos”, pois a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração;
- As vazões informadas dos poços (Tabela 7.20) em cerca de 51% dos casos são menores ou iguais a 10 m³/h e nos 49% restantes oscilam entre mais de 10 m³/h até 132 m³/h;
- Em termos de condições operacionais (Tabela 7.21) do total de 345 poços existem 21 poços parados, 60 não utilizáveis, ainda 181 poços sem informação sobre o tema. Dos poços com condições de utilização são: 71 poços bombeando e 5 equipados no domínio VI;
- No que se refere ao tipo de equipamento instalado nos poços (Tabela 7.22), verificou-se que nos 79 poços com informações sobre bombas, são: 22 com bomba submersa, 1 com cata-vento, 39 com compressor de ar, 16 com bomba injetora e 1 com bomba manual.

Tabela 7.22 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.

Equipamentos de bombeamento	Nº	Bomba submersa	Bomba injetora	Compressor	Cata-vento	Manual
Registros	79	22	16	39	1	1
Percentual	100	27,8%	20,25%	49,4%	1,3%	1,3%

7.5.2 Regime de Funcionamento dos Poços

Na Tabela 7.23 são mostrados os valores dos parâmetros estatísticos do número de horas por dia em que são bombeados os poços da área estudada, segundo dados do cadastro de água subterrânea da ANA realizado no âmbito do projeto.

Particularmente no domínio VI não existem poços com regime de funcionamento informado, o que inviabiliza os cálculos do regime médio de funcionamento através da metodologia aplicada para os domínios anteriores, ou seja, para aqueles poços em condições de utilização, o cálculo do regime deveria ser feito usando a média ponderada pela frequência do número de horas de bombeamento, nos intervalos de classe, conforme a expressão:

$$\bar{R}_e = \sum_{j=1}^{12} R_{ej} \times w_j$$

Diante desse caso, a solução encontrada foi a de levantamento dos dados regionais constantes nos domínios vizinhos V e VII, conforme pode ser visualizado na Figura 7.19, mas como o domínio VII também não possui informações nesse item então os valores utilizados serão aqueles presentes no domínio V.

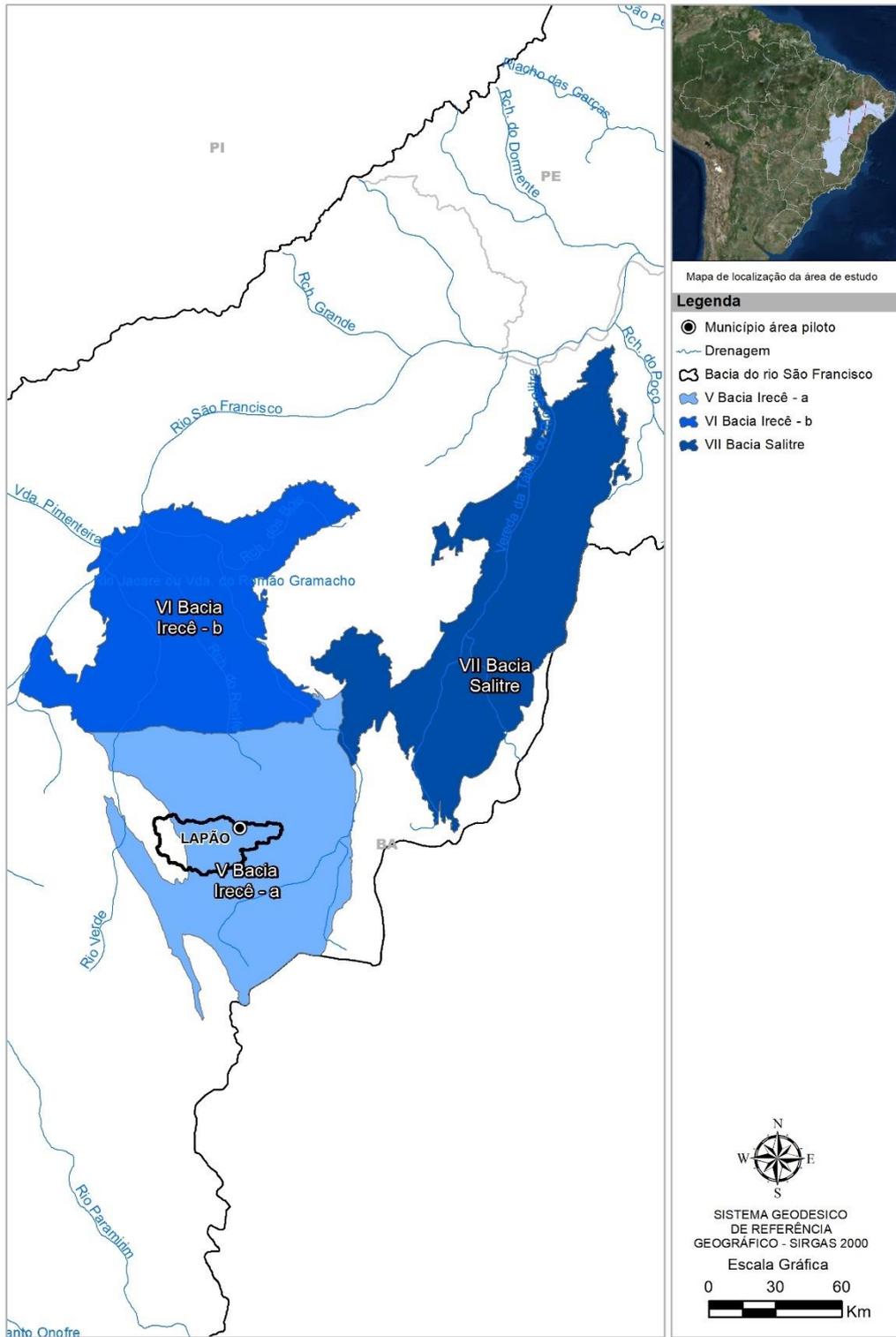


Figura 7.19: Localização dos domínios V – Bacia Irecê – a, VI – Bacia Irecê – b e VII – Bacia Salitre.

Tabela 7.23 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Domínio V e adotado no Domínio VI, usando 106 poços segundo dados do cadastro de água subterrânea da ANA realizado no âmbito do projeto.

Classe Regime Informado (h/dia)	Frequência Absoluta Número de Poços n_j	Regime médio informado R_{ej} (h/dia)	Frequência Relativa ou Peso $w_j=n_j/N$	Regime médio ponderado (h/dia) $R_{ej} \cdot w_j$
0<x≤1	8	0,791	0,075	0,060
1<x≤2	11	2,000	0,104	0,208
2<x≤3	10	3,000	0,094	0,283
3<x≤4	5	4,000	0,047	0,189
4<x≤5	8	5,000	0,075	0,377
5<x≤6	10	6,000	0,094	0,566
6<x≤7	4	7,000	0,038	0,264
7<x≤8	13	8,000	0,123	0,981
8<x≤9	2	9,000	0,019	0,170
9<x≤10	5	10,000	0,047	0,472
10<x≤11	0	0,000	0,000	0,000
11<x≤12	14	12,000	0,132	1,585
12<x≤24	16	20,938	0,151	3,160
Soma	106			8,314

Legenda:

$N = \sum n_j = N = \sum n_j$ = número total de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro de água subterrânea realizado ao longo do projeto.

Frequência Absoluta (n_j): número de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro realizado ao longo do projeto.

Regime Médio Informado (R_{ej}) = Média de horas de funcionamento dos poços em cada intervalo de classe.

Regime médio ponderado em cada intervalo de classe: ($R_{ej} \times w_j$).

Frequência Relativa ou fator de ponderação: $w_j = n_j / N$.

Regime Médio Estimado: $\bar{R}_e = \sum_{j=1}^9 R_{ej} \times w_j$ 8 horas e 19 minutos.

Como visto na Tabela 7.23, o regime médio de funcionamento adotado para os poços no Domínio VI em 2015, na falta de dados, foi o estimado para o Domínio V que é de 8,314 horas por dia, o que equivale a 8h:19 min.

7.5.3 Produção Global dos Poços

Considerando o regime de funcionamento e a vazão média dos diferentes intervalos de classe de vazão apresentados na Tabela 7.24, obtém-se uma produção estimada de 7.768,69 m³/dia, ou 101,5 L/s.

Tabela 7.24 - Produção global estimada, explorada no Domínio VI.

Classe Vazão (m³/h)	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Vazão Média (m³/h)	Efetivo de Poços	Vazão Estimada (m³/dia)	Vazão Estimada (m³/s)	
						76 poços	45 poços
0<x≤1	2	0,04	0,90	3	25,28	0,0003	0,0002
1<x≤2,5	2	0,04	2,35	3	66,00	0,0008	0,0005
2,5<x≤5	6	0,13	3,68	10	310,04	0,0036	0,0021
5<x≤7,5	5	0,11	5,78	8	405,78	0,0047	0,0028
7,5<x≤10	8	0,18	9,88	14	1.110,34	0,0129	0,0076
10<x≤15	3	0,07	11,78	5	496,36	0,0057	0,0034
15<x≤30	18	0,40	23,03	30	5.821,30	0,0674	0,0399
x>30	1	0,02	38,00	2	533,60	0,0062	0,0037
Total	45			76	7.768,69	0,1015	0,0601

Legenda:

N = número total de poços com vazão informada no SIG

Frequência Absoluta (FA) = número de poços com vazão informada no SIG em cada intervalo de classe.

Frequência Relativa (FR) = FA/N.

Vazão Média (QM) = média dos valores de vazão informada em cada intervalo de classe.

Efetivo de poços = N° P.P. x FR = número de poços produtores (bombeando/equipado) encontrados dentro dos limites do domínio.

Vazão Estimada (QE) m³/dia = QM x RME x Efetivo de poços em cada intervalo de classe.

Vazão Estimada (QE) m³/s = QE (m³/dia) x Quantidade de segundos em um dia (84.600).

Segundo os dados informados, a produção de água para um efetivo de 76 poços em operação no ano de 2015 foi estimada em 0,1015 m³/s conforme a Tabela 7.24.

A Tabela 7.25 apresenta a distribuição da produção global dos poços em condições de funcionamento (Tabela 7.21). Como visto na Tabela 7.24, a produção global de água estimada para os 76 poços atinge 0,1015 m³/s. Só com os 45 poços em operação, a exploração extraía 59,21% desse total, ou seja, 0,0601 m³/s.

Tabela 7.25 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Domínio VI.

Poços	Em condições de funcionamento	Bombeando	Equipado
Número	76	71	5
Percentual	100%	93,42%	6,58%
Vazão (m³/s)	0,1015	0,0948	0,0067

A distribuição espacial dos poços em condições de funcionamento localizados no Domínio VI é mostrada na Figura 7.20.

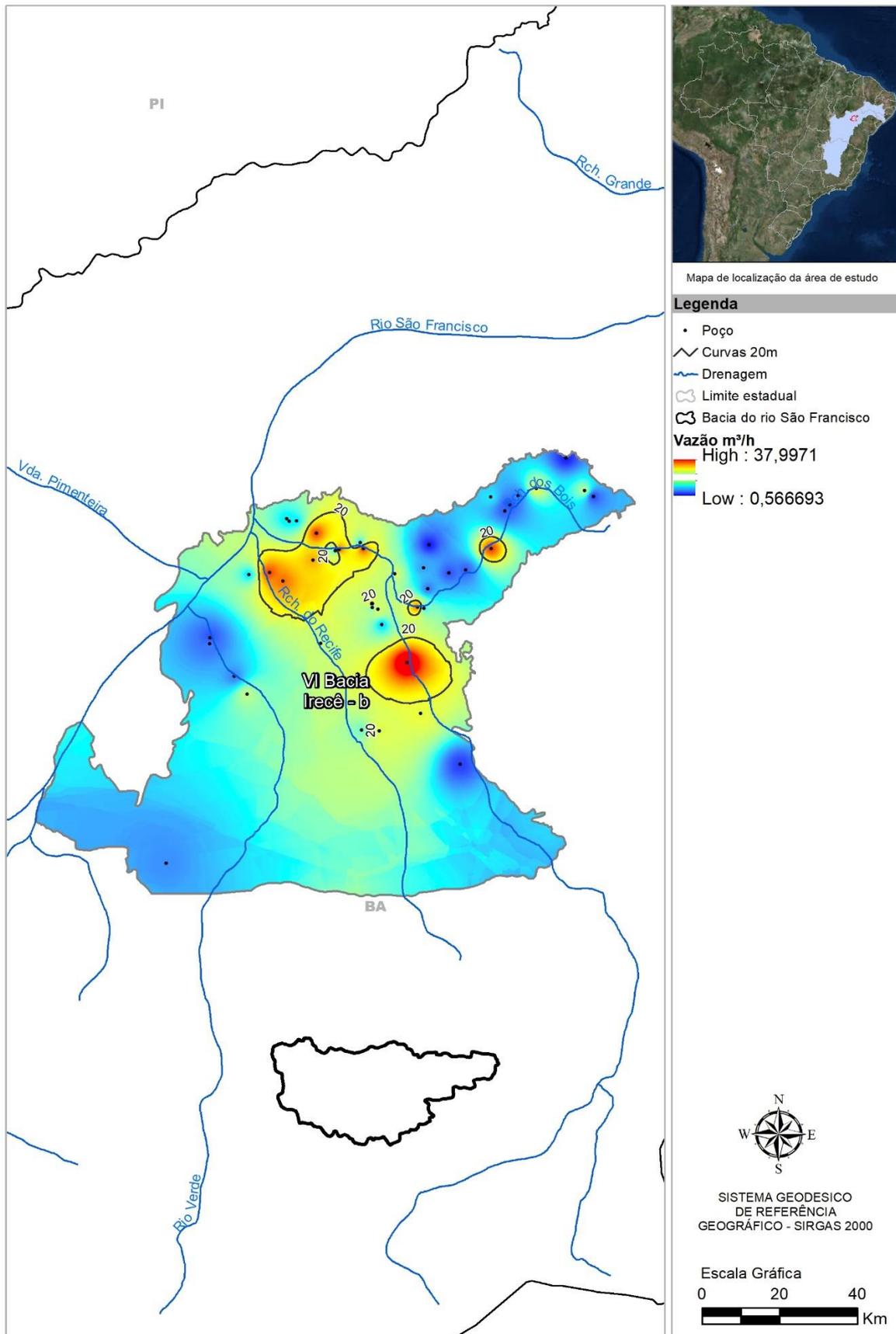


Figura 7.20: Distribuição espacial da produção de 76 poços em operação localizados no Domínio VI.

7.5.4 Recarga no Domínio VI

O domínio VI não dispõe de nenhuma estação fluviométrica que pudesse servir de base para a avaliação das reservas hídricas subterrâneas, como feito nos demais domínios hidrogeológicos.

Desse modo, a única alternativa plausível é a estimativa das recargas do Domínio VI com base nas avaliações feitas em ambientes similares vizinhos. Isso será feito adiante, no item 4.6.2. Apresenta-se, na Tabela 7.26, as áreas das diferentes litologias presentes no Domínio VI, que servirão de base para esse procedimento.

Tabela 7.26 - Percentuais de distribuição das litologias no Domínio VI.

GEOLOGIA DO DOMÍNIO VI			
Unid. Geológica	Área (km ²)	%	Tipologia Litológica
Bebedouro	69,71	0,76	Diamictito, Arenito, Grauvaca, Rocha pelítica
Caatinga	1842,63	20,07	Brecha carbonática
Caboclo Indivisa	8,56	0,09	Argilito, Arenito, Siltito, Lamito, Calcário estromatolítico, Arenito conglomerático, Marga
Cobert. Detr.-laterít. Ferrug..	4089,15	44,55	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila
Depósitos aluvion.	621,44	6,77	Areia
Depósit. aluvion. Antig.	13,48	0,15	Depósitos de argila, Depósitos de areia, Depósitos de cascalho
Gabriel	0,01	0,00	Calcilutito, Calcarenito
Jussara Médio e Inferior	2205,44	24,03	Calcilutito, Calcarenito, Siltito, Calcissiltito, Arcóseo
Jussara Superior	41,40	0,45	Calcirrudito, Calcilutito, Calcarenito
Nova América	215,50	2,35	Calcilutito, Calcarenito
Xique-xique	72,32	0,79	Formação ferrífera bandada (BIF'S)
Total Geral	9179,65	100,00	

7.5.5 Zoneamento da exploração no Domínio VI

O zoneamento da exploração é considerado fundamental para a gestão do aquífero e para cumprir essa finalidade foi adotado o seguinte procedimento:

- O ponto de partida para o *zoneamento da exploração* foi a inserção da área do domínio VI, em estudo, no interior de um retângulo compreendido entre os paralelos de 43°W e 41°W e entre os meridianos de 9°30'S e 11°S, no qual foi feita uma partição em células quadradas de 30' de lado, com área aproximadamente de 3025 km² (55 km x 55 km), conforme Figura 7.21. Globalmente, o Domínio VI, com área de 9289,83 km², foi recoberto por 8 células com áreas variáveis de 18,9 a 2606,2 km².

- Foi então realizado um balanço tendo como vazão de entrada em cada célula a recarga média avaliada por sub-bacia (Tabela 7.26) e como descarga de saída, a vazão informada no cadastro de usuários realizado em 2014 na área do projeto. Verificou-se que o número de poços existentes em condições de operação em cada célula varia bastante estando concentrados principalmente nas células F13, F12 e E13. Isto permitiu obter o mapa de zoneamento da exploração do aquífero em 2014 (Figura 7.21). Esse mapa revela que apenas nas células E13, F12 e F13 ocorre déficit hídrico, em todas as outras células há excedente hídrico e que as retiradas são bem inferiores à recarga.
- Essa conclusão baseada em vazão informada sugere que não há motivos para preocupação nesse subdomínio, notadamente porque a julgar pelo índice de concentração de poços, o resultado é consistente com a realidade.
- Neste sentido, não há prioridade para implementação de um programa de monitoramento automático de níveis e descargas de poços neste subdomínio.

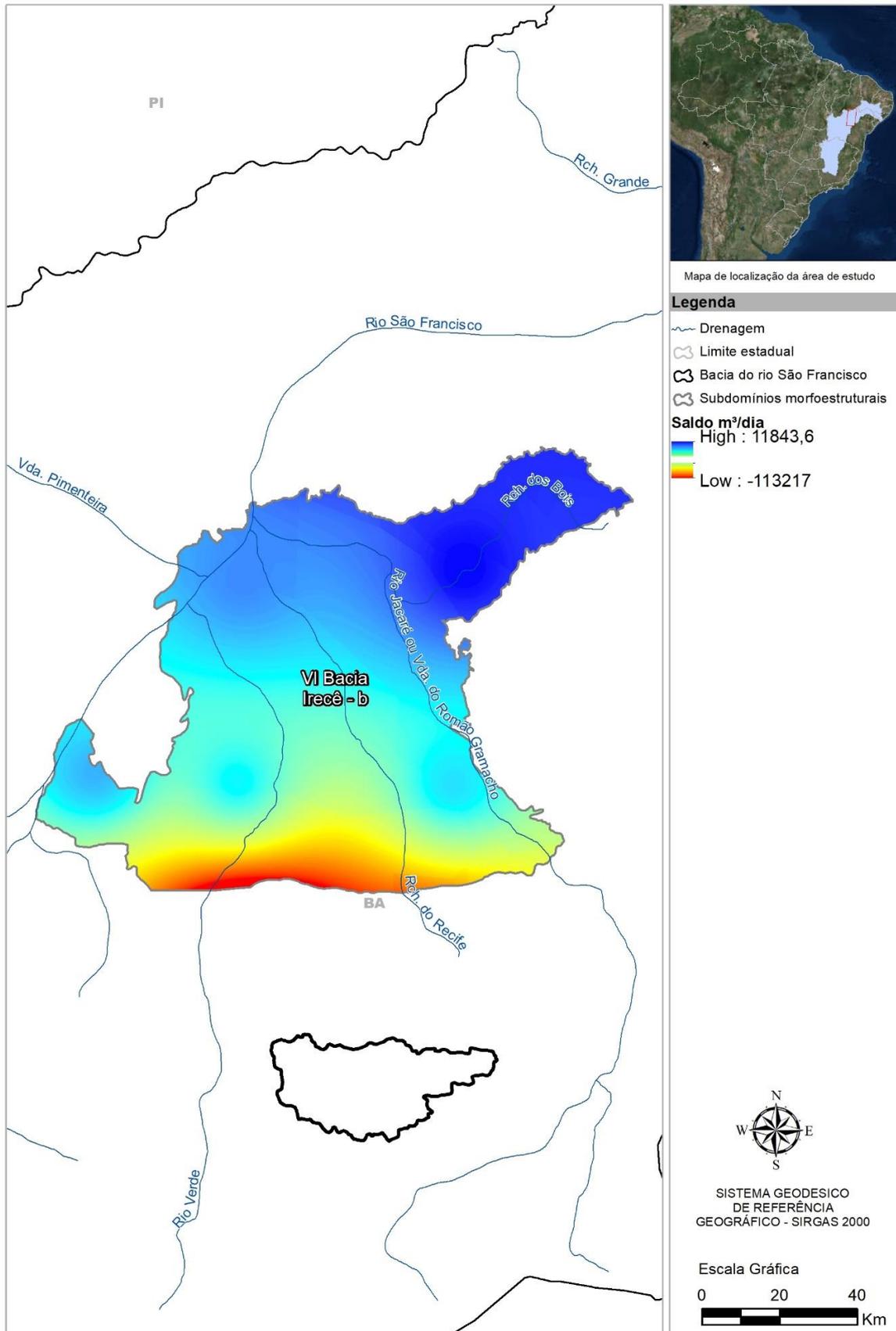


Figura 7.21: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Domínio VI, Grupo Una Pouco Deformado, com excedente hídrico.

Tabela 7.27 – Balanço entre recarga natural e vazão explotada no Domínio VI Bambuí Pouco Deformado.

Célula	x	y	Area km ²	Número de Poços	Recarga m ³ /dia	Produção Estimada m ³ /dia	Saldo m ³ /dia
D13	-41,761	-9,8202	58,9	3	10.504	255	10.249
D14	-41,263	-9,8137	18,9	0	15.007	0	15.007
E12	-42,247	-10,26	1990,9	64	15.007	14.856	151
E13	-41,735	-10,234	1913,2	70	15.007	16.129	-1.122
E14	-41,263	-10,247	164,6	10	10.674	1.354	9.320
F11	-42,593	-10,71	506,7	15	14.267	2.716	11.551
F12	-42,262	-10,733	2606,2	84	12.930	29.636	-16.706
F13	-41,759	-10,739	2030,4	98	10.073	21.975	-11.902

7.6 Reservas, potencialidades e exploração

As conceituações de reservas, potencialidades e exploração encontram-se nos tópicos 1.2, 1.3 e 1.4 do Capítulo 1.

7.6.1 Reservas permanentes

As reservas permanentes do Domínio VI – Bacia de Irecê b, foram avaliadas de acordo com o exposto nos itens 1.2.1 e 1.2.2 do Capítulo 1 do presente relatório.

Neste domínio a Formação Caatinga aflora numa significativa área de 1.843,00 km². Considerando, entretanto, suas pequenas espessuras e as grandes profundidades dos poços nela existentes, admite-se que os mesmos captam mais frequentemente o Aquífero Salitre subjacente. Assim sendo, foi julgado mais pertinente considerar a Formação Caatinga como recobrimento, sendo-lhe dado o mesmo tratamento que no caso das coberturas detrítico-lateríticas e aluviões. A área ocupada por esta formação foi, portanto, acrescida proporcionalmente às áreas das formações mais importantes.

7.6.4 Exploração

O conceito de exploração de água subterrânea, aqui adotado, é discutido no item 1.4 do presente relatório.

Foram cadastrados 345 poços tubulares no Domínio VI em condições de funcionamento. Embora se tenha informações de vazão e de regime de bombeamento apenas numa fração desses poços, as análises efetuadas (ver item 4.5.1) apontam para uma vazão média de 12,0 m³/h e um regime médio de operação de 8,3 horas/dia.

7.6.4.1 Exploração efetiva

Os números acima sinalizam uma exploração efetiva da ordem de 34.362,00 m³/dia ou 13,00 hm³/ano para 8,3 horas/dia de bombeamento.

7.6.4.2 Exploração instalada

Considerando-se regime de bombeamento contínuo, chega-se a uma exploração instalada de 36,00 hm³/ano.

Tabela 7.28 – Reserva permanente do Domínio VI – Bacia de Irecê b.

Subdomínio VI - Bacia de Irecê b								
Unidade Geológica	Área (km ²)	%	Litologia predominante	P (m)	NE (m)	η _e	b (m)	RP (hm ³)
Jussara Médio e Inferior	2.584,48	90,84	Calcilutito, Calcarenito, Siltito, Calcissiltito, Arcóseo	99,00	21,00	0,08	78,00	16.127,18
Jussara Superior	41,54	1,46	Calcirrudito, Calcilutito, Calcarenito	99,00	21,00	0,12	78,00	388,79
Nova América	219,12	7,70	Calcilutito, Calcarenito	94,00	14,00	0,13	80,00	2.278,82
Totais	2.845,14	100,00	Reserva permanente total					17.794,79
P = prof. média dos poços NE = nível est. médio η_e = poros efetiva b = espes. saturada média RP = Res. Perman.								

Tabela 7.29 – Estimativa da taxa de recarga no Domínio VI – Bacia de Irecê b.

Estimativa de recarga no Domínio 6 - Bacia de Irecê b					
Unidade Geológica	Rec. Dom. V (mm/ano)	Áreas (km ²)	Rec. Espec. (mm/ano/km ²)	Áreas Dom. VI (km ²)	Rec. Dom. VI (mm/ano)
Bebedouro	0,1	21,18	0,00472	69,71	0,329
Caatinga	4,39	331,3	0,01325	1842,63	24,416
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	1,25	109,44	0,01142	4089,15	46,705
Jussara Médio e Inferior	1,41	1723,69	0,00082	2205,44	1,804
Jussara Superior	2,06	1986,25	0,00104	41,4	0,043
Nova América	1,69	2203,03	0,00077	215,5	0,165
Total / Médias	1,82	9179,65		8463,83	12,24

8 Domínio VII – Bacia Salitre

O domínio VII localiza-se no norte do estado da Bahia e engloba as áreas a sul de Juazeiro até a cidade de Várzea Nova (Figura 8.1). Reúne ocorrências de rochas neoproterozoicas, estando entre elas, as unidades calcárias Unidade Nova América, Unidade Gabriel e Unidade Jussara, do Grupo Una. Essas unidades afloram principalmente em uma faixa NNE-SSW, entre unidades metassedimentares mesoproterozoicas e rochas cristalinas de idade paleo-proterozoica.

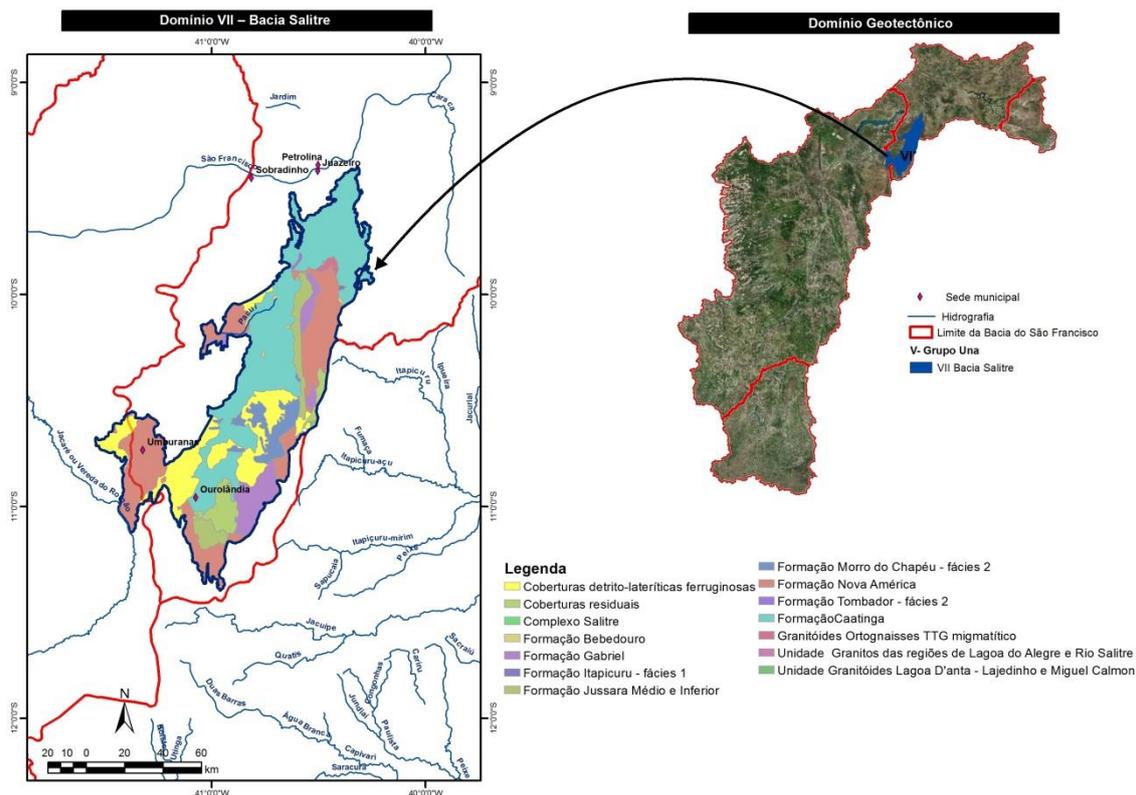


Figura 8.1: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Domínio VI, Grupo Una Pouco Deformado, com excedente hídrico.

8.1 Uso do solo, estruturas cársticas e fontes de contaminação

Neste item tem-se o levantamento do uso do solo, das estruturas cársticas e das fontes de contaminação realizado para a área regional, conforme descrito no capítulo de Metodologia e recortados aqui para o Domínio VII.

Na Tabela 8.1 tem-se as fontes contaminantes do Domínio VII.

Tabela 8.1 – Fontes contaminantes do Domínio VII.

Domínio V – Fontes contaminantes	
Cemitério	3
Posto de combustível	14
Total:	17

O quantitativo de estruturas cársticas para o domínio VII foi de 29 dolinas, exibidas na Figura 8.2.

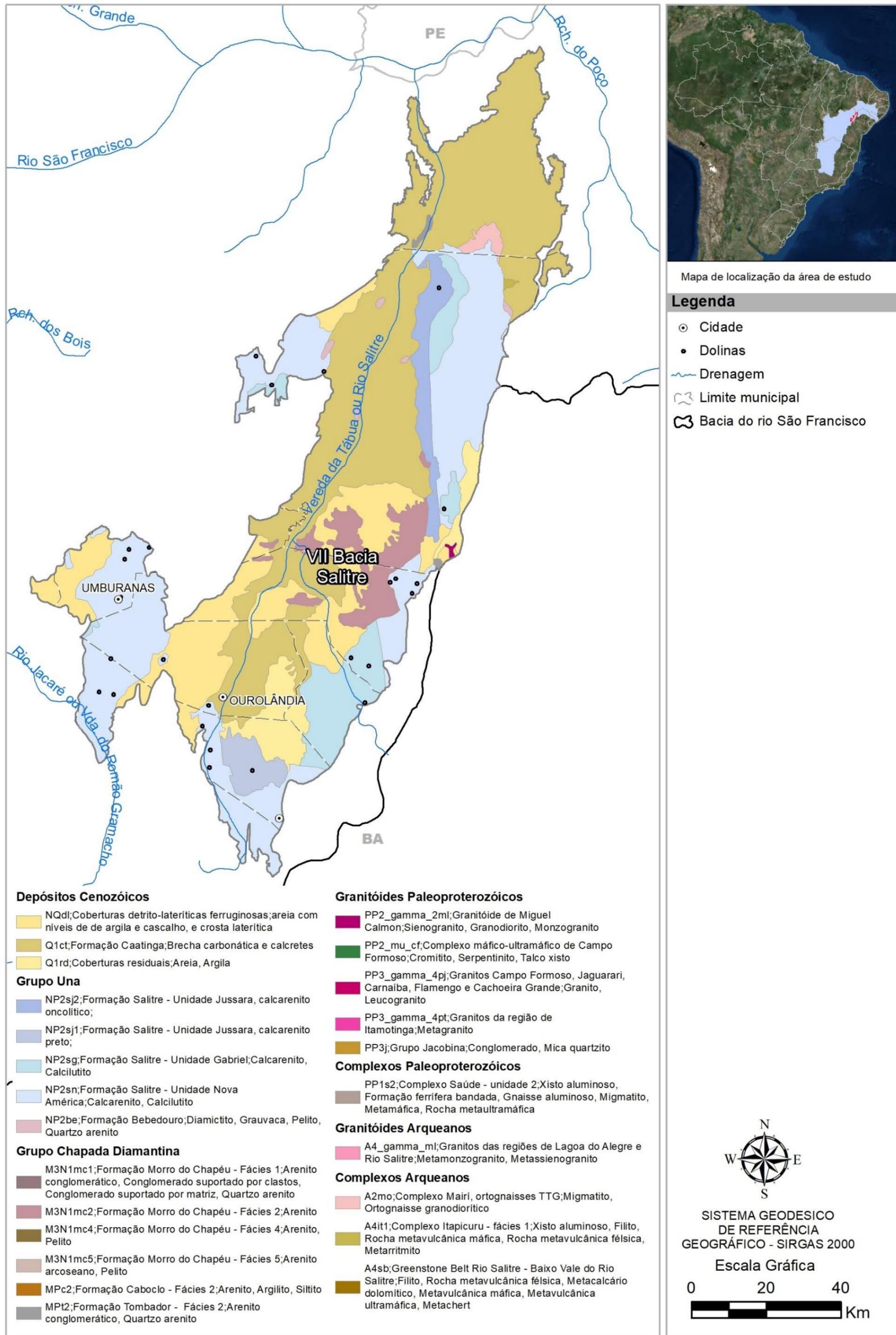


Figura 8.2: Mapa de estruturas cársticas do Domínio VII - Bacia Salitre.

As áreas das diferentes classes de uso do solo do domínio VII são quantificadas conforme mostrado na Tabela 8.2.

Tabela 8.2 – Áreas de uso do solo do Domínio VII.

Classes de uso do solo	Área em km ²
Área urbanizada	34,47
Campestre	3896,00
Corpo d'água continental	0,34
Florestal	3838,84
Lavoura temporária	2356,73
Sem informação	17,30
Total:	10143,68

A distribuição percentual das áreas das classes de uso do solo no domínio VII é mostrada na Figura 8.3.

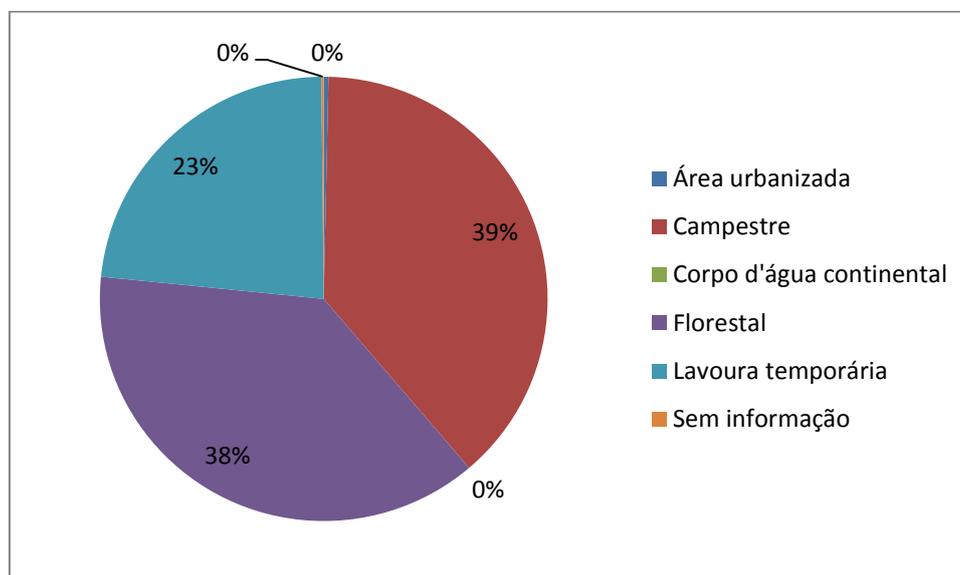


Figura 8.3: Distribuição percentual das áreas de uso do solo no Domínio VII.

A maior porcentagem encontra-se na classe Campestre, com 39% da área total de 9.143,68 km², ou seja, 3.896,00 km² de área; em seguida, a maior área foi identificada como Florestal com 38% ou 3838,84 km²; a classe Lavoura Temporária representa 23% ou 2.356,73 km²; as demais classes, como Corpo de Água Continental, Área Urbanizada e Sem Informação, representam valor menor que 1%, respectivamente com 0,34 km², 34,47 km² e 17,30 km².

O mapa do uso do solo acrescido dos possíveis pontos de contaminação e estruturas cársticas, para o domínio VII, pode ser observado na Figura 8.4.

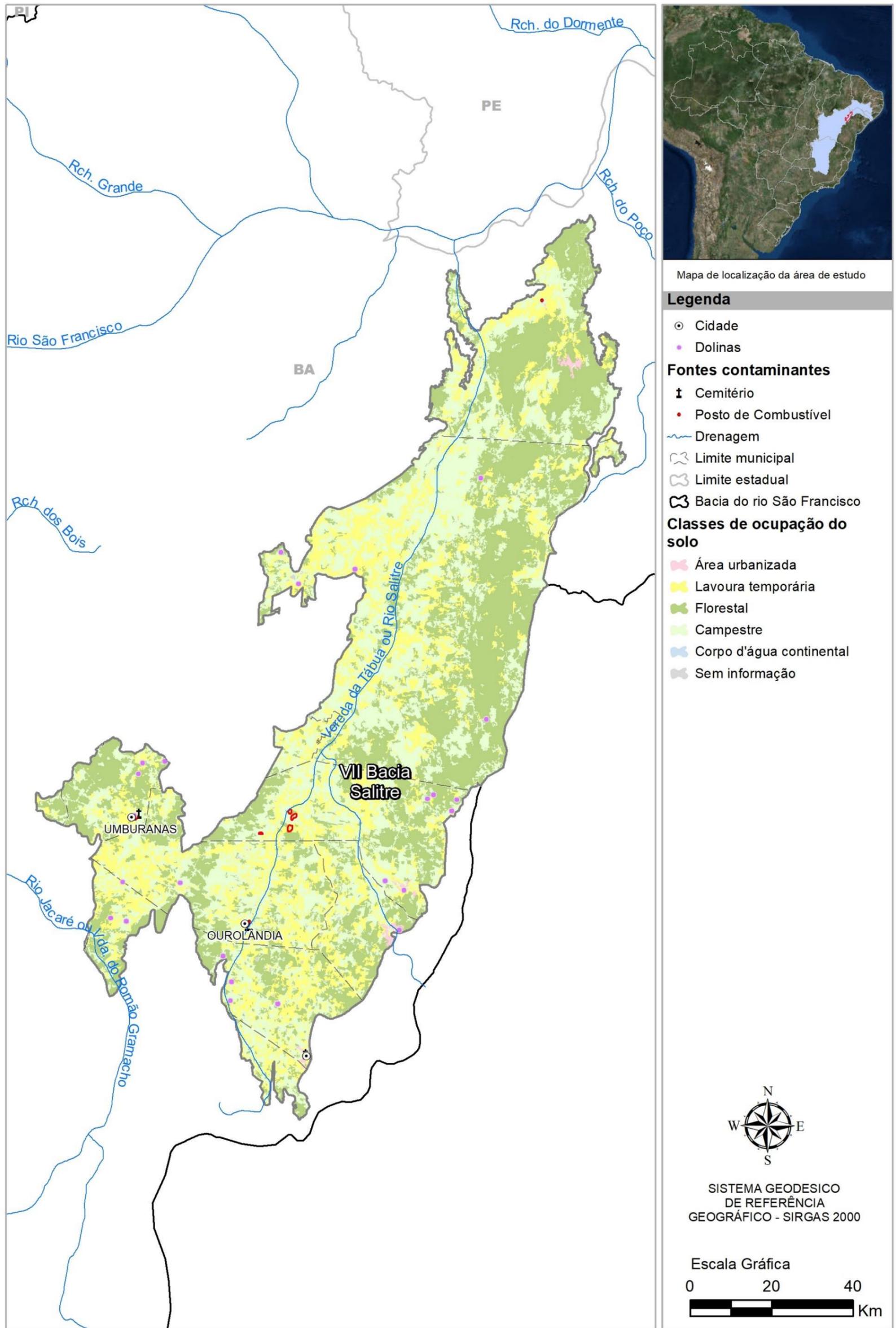


Figura 8.4: Uso e ocupação do solo no Domínio VII.

8.2 Levantamento socioeconômico e demandas hídricas

Para a realização de um estudo correto das demandas hídricas de uma localidade, se faz necessário o estudo de parâmetros socioeconômicos e populacionais.

A interpretação dos parâmetros de rendimento e taxa de alfabetização, auxiliam no entendimento do grau de desenvolvimento econômico de uma região, e a partir daí, torna-se possível correlacioná-los à necessidade de água no local. A Tabela 8.3 apresenta tais parâmetros para o domínio VII.

Tabela 8.3 - Dados socioeconômicos do Domínio VII.

Rendimento (R\$)	Alfabetização (%)	IDHM
658,29	82,5	0,62

O domínio VII apresentou, em 2010, o rendimento médio da população abaixo da média do estado da Bahia (R\$ 813,94), sendo cerca de 19% menor. Porém, se comparado ao salário mínimo do ano em questão (R\$ 510,00), este rendimento é cerca de 29% acima do seu valor.

No tocante à taxa de alfabetização, o domínio VII apresenta uma taxa (82,5%) um pouco abaixo da taxa do estado da Bahia (84,6%).

No caso do rendimento, tem-se a consideração do peso proporcional de adultos potencialmente receptores de renda no domicílio, diante do cenário em que crianças e idosos tendem a não gerar renda. Sabendo que o rendimento é obtido pela divisão da receita domiciliar pelo número de integrantes no domicílio, um rendimento baixo pode ser entendido como receita familiar baixa e/ou alto número de integrantes da família, assim como um rendimento alto pode significar uma receita familiar alta e/ou um baixo número de integrantes da família.

Analogamente, a taxa de alfabetização contribui para análise das condições de vida populacional, proporcionando o entendimento do bem estar familiar. Essa taxa de alfabetização tende a ser mais baixa em localidades de menor rendimento, indicando menor oportunidade de acesso ao conhecimento.

Dessa forma, compreender o nível de qualidade de vida constitui um fundamento para gerar dados acerca do rendimento e taxa de alfabetização regional, de forma que uma menor qualidade de vida é relacionada a um menor rendimento e menor taxa de alfabetização, o que assinala menor demanda hídrica no local, ao passo que uma maior qualidade de vida é relacionada a um maior rendimento e maior taxa de alfabetização, assinalando uma maior demanda hídrica.

Quando consideramos o IDHM, é possível obter uma análise mais robusta, haja vista que tal índice pondera longevidade, educação e renda, simultaneamente. Nesse âmbito, o Índice de Desenvolvimento Humano para o domínio VII foi de 0,62, em 2010, classificando-se na faixa de Desenvolvimento Humano Médio (IDHM entre 0,600 e 0,699). Pode-se concluir que o domínio VII possui rendimento, taxa de alfabetização e IDHM médios, o que indica uma demanda hídrica um pouco maior, se comparado aos subdomínios com as referidas taxas baixas.

O domínio VII representa 21% do PIB e cerca de 25% da população do total dos subdomínios da Bahia. Quando analisado o PIB per capita, o subdomínio apresenta resultado um pouco abaixo da média da área de influência total.

Essa situação pode caracterizar má distribuição de renda na região, ou ainda, que a região não possui áreas comerciais/industriais, onde a produção de bens é mais intensa que os gastos domiciliares.

Esse cenário pode ser ainda confirmado diante do confronto desse PIB per capita com o PIB per capita da Bahia, chegando a ser 19% menor que do estado (11.966,08), ressaltando o menor nível de produção econômica na área.

A Tabela 8.4 apresenta os valores do PIB para o Domínio VII.

Tabela 8.4 – PIB do Domínio VII.

PIB	População	PIB per capita
4.282.059,00	442.679	9.673,06

8.2.1 Aspectos sanitários dos municípios

O estudo dos aspectos sanitários da região servirá para o monitoramento da qualidade da água, identificando as deficiências que mais influenciam em problemas ambientais. Foram avaliados quatro pontos importantes: formas de abastecimento, tipos de esgotamento sanitário nos domicílios, destino do lixo e quantitativo de domicílios que recebem ou não energia elétrica.

- **Abastecimento**

A porcentagem de abastecimento por rede geral, ou seja, com tratamento de água, no domínio VII (81,2%) é um pouco superior à taxa de abastecimento do estado da Bahia (80,34%), apresentando menores taxas em relação ao abastecimento por poços, nascentes, rios, açudes.

A Tabela 8.5 apresenta a distribuição da forma de abastecimento no domínio VII.

Tabela 8.5 – Formas de abastecimento no Domínio VII.

Formas de abastecimento	%
Rede geral	81,20
Poço ou nascente na propriedade	0,90
Poço ou nascente fora da propriedade	5,90
Rio, açude, lago ou igarapé	1,90
Poço ou nascente na aldeia	0,00
Poço ou nascente fora da aldeia	0,00
Outra	10,20

- **Esgotamento sanitário**

Neste domínio, um total de 10,40% dos domicílios não possuíam nem banheiro nem sanitário, mostrando-se com taxa maior que a do estado da Bahia (7,92%). A porcentagem de esgoto que não é transportado pela rede geral, não é posto em redes pluviais e nem tratado em fossa séptica é significativa, apontando para grande impacto no meio ambiente desta região.

A Tabela 8.6 abaixo apresenta as porcentagens da existência de banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário no domínio VII.

Tabela 8.6 – Existência de banheiro ou sanitário no Domínio VII.

Tipos de esgotamento sanitário	Quantitativo (%)
Banheiro de uso exclusivo do domicílio	83,50
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	56,50
Banheiro de uso exclusivo do domicílio - outro	43,50
Sanitário	6,10
Sanitário - rede geral de esgoto ou pluvial ou fossa séptica	25,90
Sanitário - outro escoadouro	74,10
Sem banheiro e sem sanitário	10,40

- **Destino do lixo**

Com o estudo realizado, foi possível verificar que o domínio VII possui um sistema de destino do lixo um pouco abaixo da média de todo o estado da Bahia, mostrando que apenas 75,7% do lixo é coletado, enquanto a média do estado é 76,21%. E ainda 24,30% do lixo possui destino indefinido, o que pode indicar uma destinação incorreta podendo causar contaminação do solo e de águas.

A Tabela 8.7 apresenta as porcentagens de destinação do lixo no domínio VII.

Tabela 8.7 – Destinos do lixo no Domínio VII.

Destino do lixo	Quantitativo (%)
Coletado	75,70
Coletado por serviço de limpeza	88,40
Coletado em caçamba de serviço de limpeza	11,60
Outro destino	24,30

- **Energia Elétrica**

Neste quesito, pode-se identificar que o domínio VII é uma região bem atendida por redes elétricas, com porcentagem de domicílios que são abastecidos com energia elétrica maior que a do estado da Bahia, chegando a atender 97,7% dos domicílios, onde ainda 2,3% dos domicílios não recebem atendimento.

8.2.2 Demandas Hídricas

O estudo das demandas visa o conhecimento da necessidade de água de uma determinada região, e aliado ao conhecimento das potencialidades e disponibilidades hídricas, se torna um dos elementos essenciais para a realização de seu balanço hídrico, além de constituir um instrumento valioso para o planejamento e estabelecimento das prioridades de uma política de uso dos recursos hídricos.

O levantamento das demandas hídricas foi feito tanto para dados atuais (2010) como para dados futuros (2015, 2020, 2025 e 2030).

- **População urbana e rural**

Analisando o domínio VII pode-se observar que a maior parte da população é urbana, com uma taxa de crescimento positiva de 1,69%, a taxa de crescimento da população rural, apesar de pequena, é negativa igual a 0,39%, como pode ser observado na Tabela 8.8.

Tabela 8.8 – População e demanda para abastecimento humano (2010).

População	2010	Demanda (m ³ /dia)	Taxa de crescimento (%)
Rural	147.547	24.405	-0,39
Urbana	287.401	90.949	1,69

Este aumento da população urbana e diminuição da população rural indica um processo de urbanização da região. O processo de urbanização é decorrente do desenvolvimento econômico e distribuição de trabalho, intimamente ligado à industrialização.

O crescimento populacional neste subdomínio aumenta a competição pelos mesmos recursos naturais, para suprimento das necessidades humanas, e, ao mesmo tempo, a produção de poluição. Tudo isso pode implicar na degradação de muitos recursos naturais e aumento de epidemias. Podemos notar que a demanda hídrica rural é menor que demanda hídrica urbana.

- **Dessedentação animal**

O domínio VII representa 7% de bovinos, 0% de bubalinos, 11% de equinos, 40% de asininos, 15% de muares, 63% de caprinos, 48% de ovinos, 7% de suínos e 7% de aves do somatório total das cabeças de todos os subdomínios da Bahia. O quantitativo de cabeças e o consumo da dessedentação de animais estão na Tabela 8.9.

Tabela 8.9 – Quantitativo de cabeças e demanda para dessedentação animal.

Rebanhos	Nº de cabeças
Bovinos	172.441,17
Bubalinos	-
Equinos	12.938,92
Asininos	9.281,20
Muares	2.077,64
Caprinos	317.966,74
Ovinos	242.252,10
Suínos	14.506,21
Aves	191.510,73
Demanda para dessedentação animal (m³/dia)	285.181,68

- **Irrigação**

O domínio VII apresentou, em 2010, uma estimativa de área irrigada de 37.636 hectares. A partir dos dados de área irrigada e com o coeficiente de demanda unitária adotado, de 0,4 L/s.ha, foi possível converter a área irrigada em demanda hídrica, que foi estimada em 1.335.263 m³/dia.

- **Indústria**

A demanda de recursos hídricos das indústrias, para o domínio VI, demonstra ser pequena em relação à demanda de abastecimento da população, sendo igual a 57,42 m³/dia. Porém, segundo análise na seção de demanda de população rural e urbana, pode-se concluir que é uma região em desenvolvimento industrial.

8.2.3 Demandas futuras (2015, 2020, 2015, 2030)

- **População urbana e rural**

A Tabela 8.10 a seguir apresenta as projeções feitas, para a população urbana e rural no domínio VII. Os coeficientes de retirada de água per capita, também definido na metodologia, foram aplicados às populações projetadas nos referidos anos, de forma a obterem-se as demandas para abastecimento urbano e rural para o domínio VII.

Tabela 8.10 – Projeção populacional urbana e rural e suas demandas hídricas.

População/Ano	2015	2020	2025	2030
Rural	146.458	144.929	143.878	143.296
Urbana	303.963	315.356	323.188	327.529
Demanda hídrica rural (m ³ /dia)	23.281	22.459	21.893	21.580
Demanda hídrica urbana (m ³ /dia)	99.318	105.444	109.655	111.990

- **Dessedentação animal**

Devido à falta de dados mais recentes foi necessário projetar o número de cabeças por espécie, admitindo a mesma taxa de crescimento linear obtida entre os anos de 1996 e 2006. Assim, foi possível estimar o número de cabeças por espécie para 2010 e da mesma forma se procedeu para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030. Uma vez aplicada a taxa de crescimento linear, estimou-se o número de cabeças por espécie para o domínio VII, e o consumo para dessedentação animal. Ambos apresentados na Tabela 8.11.

Tabela 8.11 – Projeção do número de cabeças para o Domínio VII.

Rebanhos	Nº de cabeças por ano			
	2015	2020	2025	2030
Bovinos	183.728,8 1	195.755,3 2	208.569,05	222.221,5 5
Bubalinos	-	-	-	-
Equinos	13.785,88	14.688,27	15.649,73	16.674,13
Asininos	9.888,73	10.536,03	11.225,69	11.960,51
Muare	2.213,64	2.358,54	2.512,93	2.677,42
Caprinos	338.780,1 8	360.956,0 3	384.583,46	409.757,5 0
Ovinos	258.109,4 2	275.004,7 3	293.005,97	312.185,5 3
Suínos	15.455,76	16.467,46	17.545,38	18.693,87
Aves	204.046,6 3	217.403,1 0	231.633,86	246.796,1 3
Demanda para dessedentação (m ³ /dia)	303.849,0 8	323.738,4 1	344.929,66	367.508,0 4

- **Irrigação**

De posse da demanda atual para agricultura em 2010, deu-se prosseguimento às metodologias já aplicadas para os demais anos que compõem o horizonte deste estudo. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 8.12.

O resultado dessas projeções consiste nas áreas irrigadas a serem consideradas no futuro. Assim, utilizando-se dos coeficientes de demanda para agricultura, obtêm-se a demanda hídrica futura para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030.

Tabela 8.12 – Projeção dos métodos utilizados para irrigação no Domínio VII.

Área irrigada (ha) / Ano	2015	2020	2025	2030
		49.311	62.934	80.322
Demanda para irrigação (m ³ /dia)	1.704.172	2.175.003	2.775.916	3.542.850

- **Indústria**

Para demanda relacionada à indústria, de forma semelhante ao que foi feito para calcular a de 2010, projetou-se os PIBs secundários para o domínio. Essa projeção teve como base uma taxa de crescimento linear obtida através da comparação entre os PIBs de 2002 e 2012.

Ao aplicar o coeficiente de consumo específico para classe 900 (genérica), equivalente a 0,02713 m³/US\$, como definido na metodologia, inferiram-se as demandas industriais para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030 (Tabela 8.13).

Tabela 8.13 – Projeção da demanda hídrica industrial para o Domínio VII.

Demanda Industrial (m ³ /dia)			
2015	2020	2025	2030
69,24	81,02	88,02	92,64

8.3 Vulnerabilidade

A vulnerabilidade foi avaliada de acordo com a metodologia EPIK comentada no item 1.6 do presente relatório.

A classificação dos parâmetros E, P, I e K, é mostrada na Figura 8.5. Essa classificação mostra os seguintes resultados:

- Parâmetro E – Epicarste: 4% de epicarste franco, 62% de epicarste encoberto (classe E2) e 34% ausente (classe E3).
- Parâmetro P – Cobertura de proteção: 48% para a classe P1, 49% para a classe P2 e 3% para a classe P3.
- Parâmetro I – Condições de infiltração: 6% para a classe I1, 62% para a classe I2 e 33% para a classe I3.
- Parâmetro K – Grau de desenvolvimento da rede cárstica: 5% para a classe K1, 59% para a classe K2 e 36% para a classe K3.

Na definição das classes do parâmetro P foi muito útil o mapa das unidades de solo, mostrado na Figura 8.6.

Com os diferentes parâmetros zoneados, foi possível elaborar o mapa de vulnerabilidade (ver item 1.6), mostrado na Figura 8.7. A partir desse mapa quantificam-se percentualmente, na Figura 8.8, as classes de vulnerabilidade.

Como se pode observar na Figura 8.8, o Domínio VII Bacia Salitre apresenta vulnerabilidade baixa em 4,98% da sua área, vulnerabilidade média em 58,14% e vulnerabilidade alta nos restantes 36,88%.

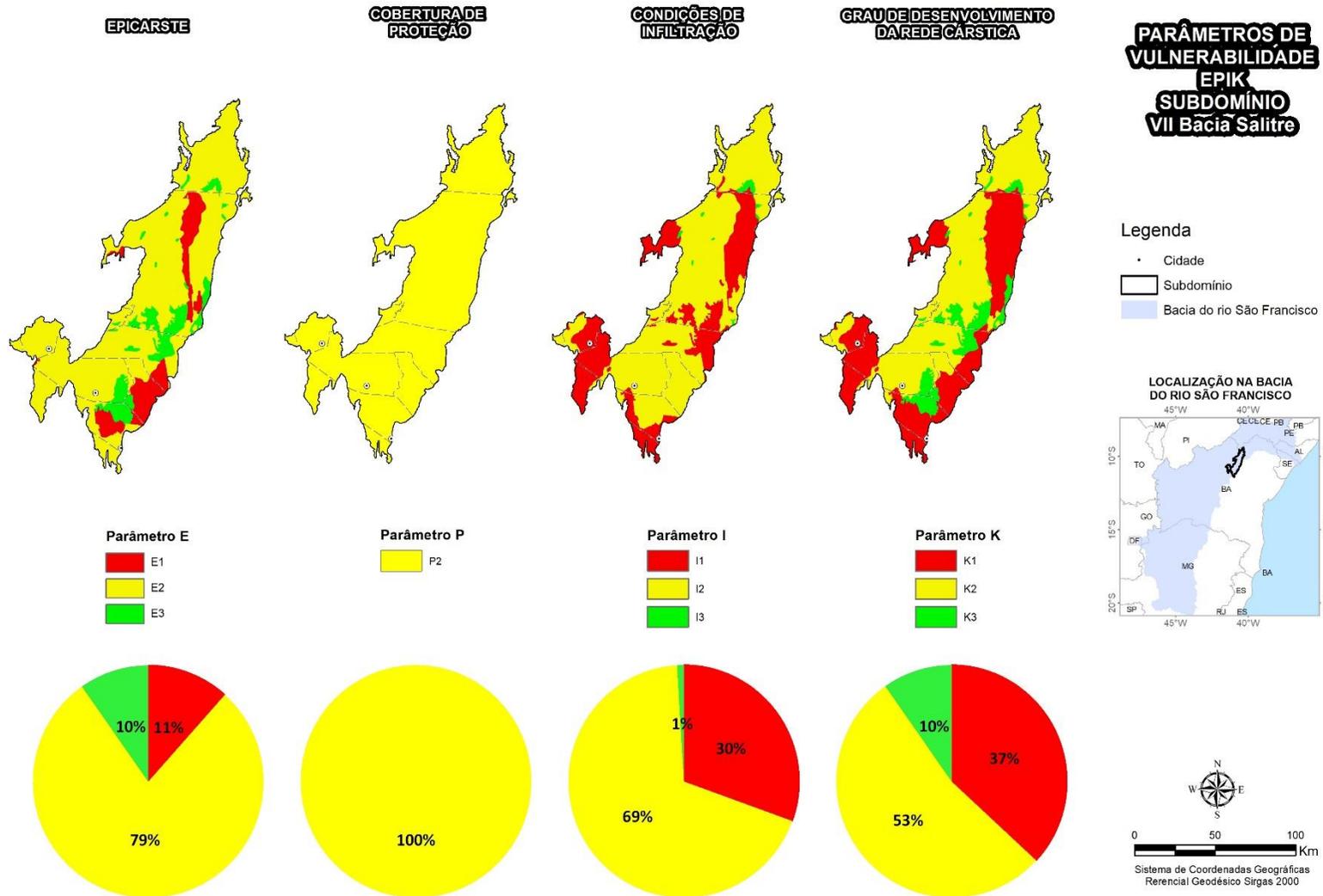


Figura 8.5: Classificação dos parâmetros E, P, I e K de vulnerabilidade.

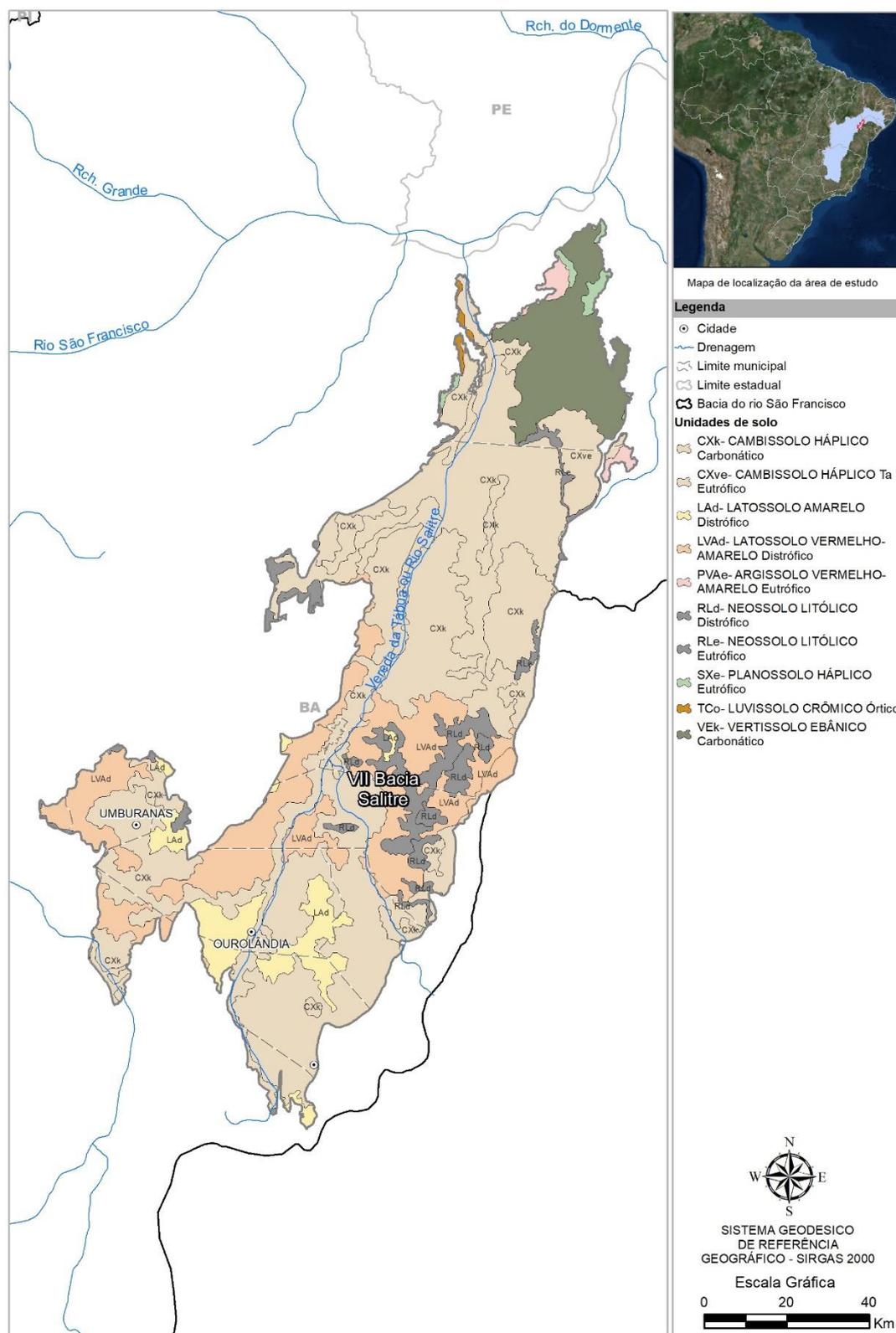


Figura 8.6: Mapa de unidades de solo com a classificação do parâmetro P.

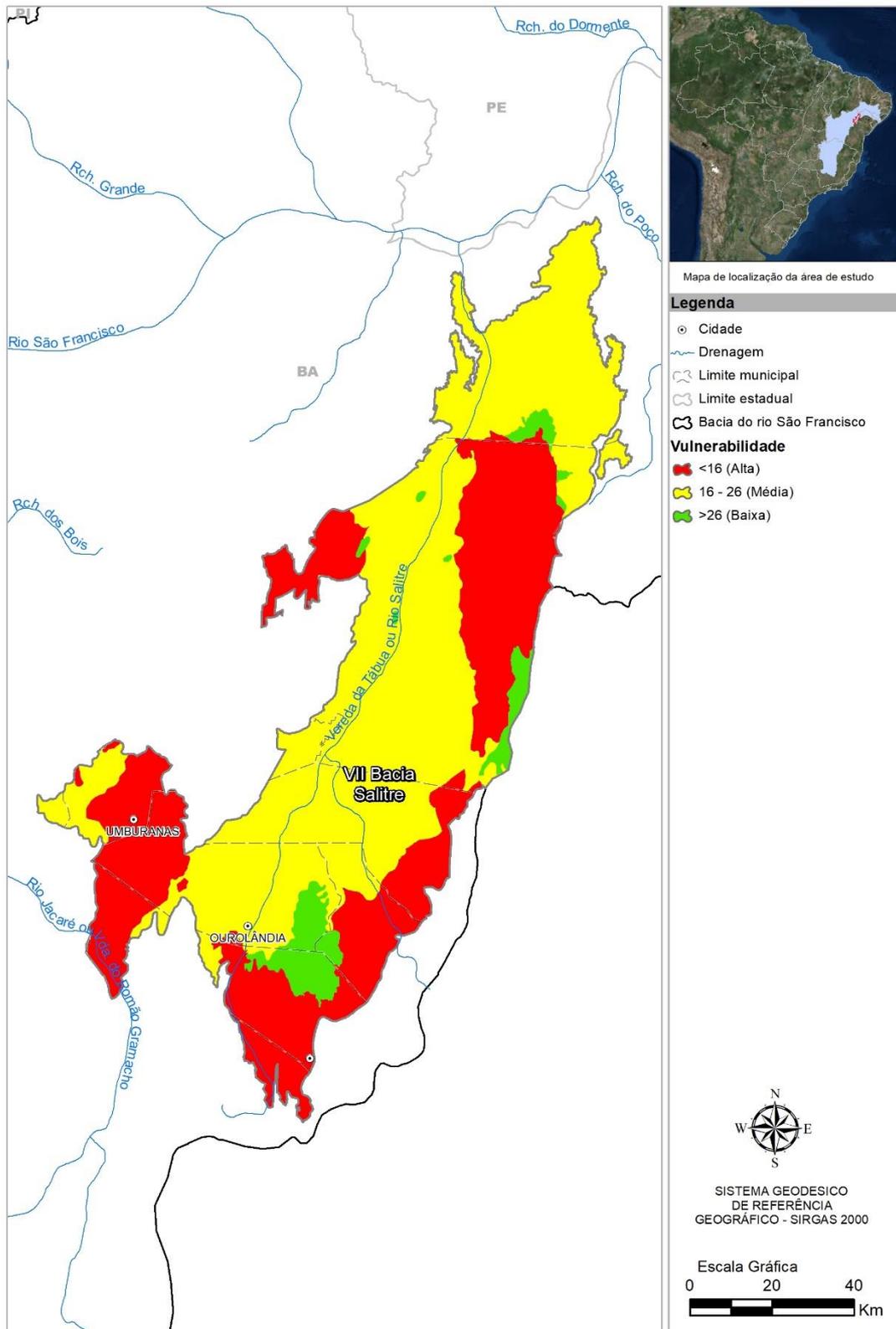


Figura 8.7: Mapa de vulnerabilidade pelo método EPIK adaptado para o Domínio VII - Bacia Salitre.

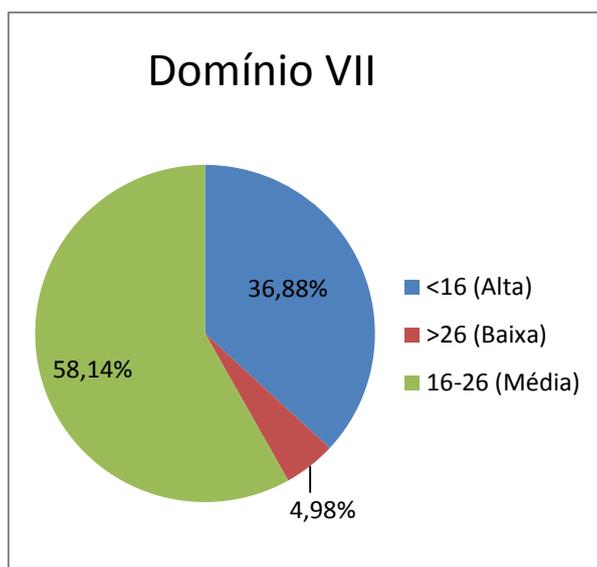


Figura 8.8: Classificação da vulnerabilidade para o Domínio VII - Bacia Salitre.

8.4 Perigo de contaminação

Na Tabela 8.14 estão relacionadas as fontes contaminantes cadastradas no Subdomínio IVa, com indicação dos respectivos índices Posh.

Tabela 8.14 – Fontes potenciais de contaminação do subdomínio IVa

ATIVIDADE	QUANTIDADE	ÍNDICE POSH
Cemitério	52	Moderado
Posto de combustível	280	Elevado
Lavoura temporária	1.244,65 km ²	Elevado

A distribuição dessas fontes contaminantes no mapa de vulnerabilidade é mostrada na Figura 8.9 onde se pode avaliar o perigo de contaminação no domínio VII. Verifica-se, no mapa da Figura 8.9, que o Domínio VII apresenta perigo extremo de contaminação apenas em sua parte central, em função de algumas ocorrências localizadas de lixões, postos de gasolina e cemitérios. Pequenas áreas de alto perigo de contaminação se distribuem nas partes central e norte do subdomínio, coincidentes com áreas de vulnerabilidade média (cor amarela). As fontes contaminantes aí são postos de combustíveis e lavouras temporárias, estas últimas ocupando apenas 4% da área do subdomínio.

Para gerar o mapa do perigo de contaminação para o domínio VII foi realizado um recorte das fontes contaminantes, classificadas segundo os três níveis de geração de carga do índice POSH (Tabela 8.15).

Tabela 8.15 – Fontes potenciais de contaminação do domínio VII com índice POSH.

ATIVIDADE	QUANTIDADE	ÍNDICE POSH
Cemitério	18	Moderado
Posto de combustível	73	Elevado
Lavoura temporária	103,74 km ²	Elevado

A Figura 8.9 apresenta a distribuição das cargas contaminantes do domínio VII consideradas e classificadas de acordo com o índice POSH.

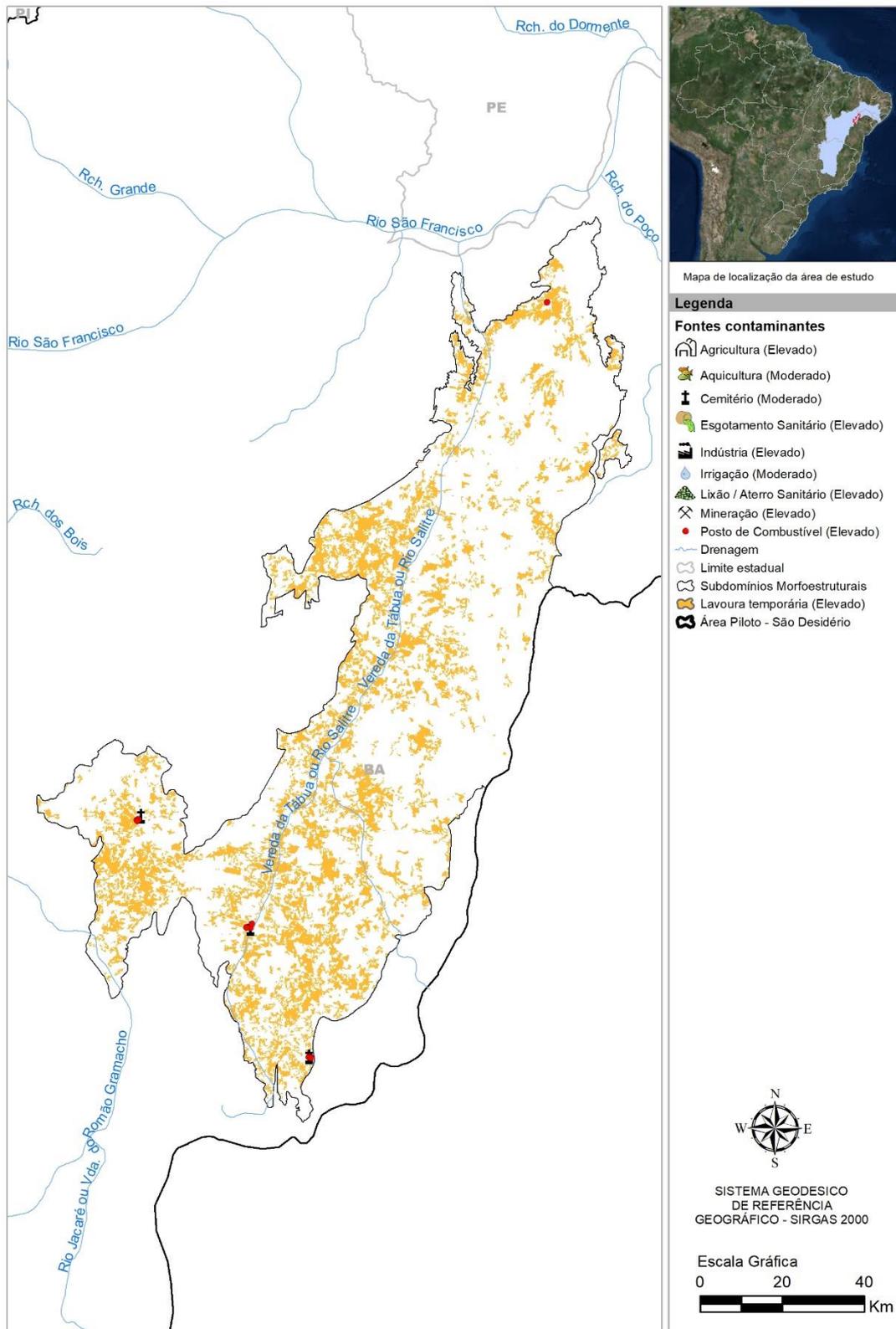


Figura 8.9: Distribuição das cargas contaminantes no domínio VII com classificação POSH.

Fazendo um cruzamento da distribuição das cargas contaminantes (Figura 8.9) e o mapa de vulnerabilidade apresentado na Figura 8.7, tem-se a avaliação do perigo de contaminação do domínio VII, apresentado na Figura 8.14.

Pela análise do mapa da Figura 8.14 pode-se observar que o domínio VII apresenta área de perigo de contaminação extremo em pelo menos 4 grandes áreas (sudeste, sudoeste, centro-oeste e centro-leste), primeiro devido a presença maciça de lavoura temporária combinada com regiões de vulnerabilidades muito altas. Tem-se um alto perigo em áreas distribuídas na parte central e norte do mapa, onde estão às áreas de vulnerabilidade média (cor amarela) com fontes de contaminação classificadas como elevadas segundo a metodologia POSH, que são os postos de combustíveis e as áreas de lavoura temporária (que representa apenas 23%, conforme apresentado na Figura 8.9).

Com respeito a possíveis fontes de contaminação de solos e águas subterrâneas levantadas para o domínio VII, pode ser enquadrado os principais agentes tais como: postos de revenda de combustíveis, aterro comum (lixões) e cemitérios. Os Postos de Gasolina são, na grande maioria dos casos, responsável por vazamentos em tanques (JC-154R) e tubulações subterrâneas ou constantes e sucessivos extravasamentos junto às bombas e bocais de enchimento, sendo este cenário possível em postos com alta rotatividade, a exemplo dos postos cadastrados nos municípios de Campo Formoso e Juazeiro (JC-177R e JC-190R, respectivamente).

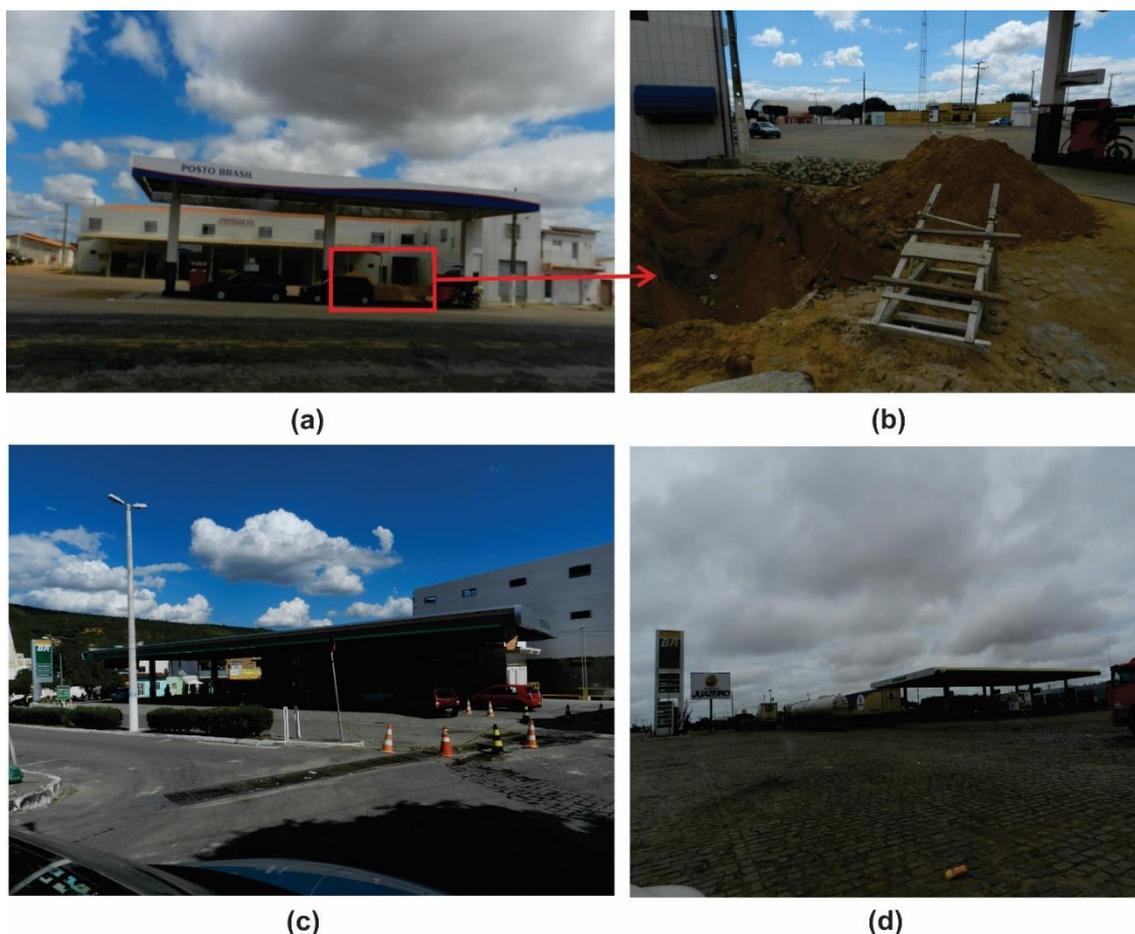


Figura 8.10: Postos de revenda de combustível cadastrados nos municípios pertencentes ao domínio VII.

(a) Posto Brasil, localizado na Praça Gilberto Miranda, centro urbano do Município de Várzea Nova; (b) Detalhe para a cava do tanque a ser instalado; (c) Posto Esmeralda, localizado na Avenida Cândido Ribeiro Peralve, centro urbano do Município de Campo Formoso; (d) Posto Juazeiro, locado na Rodovia Lomanto junior, BR 407 km 8 - Parque Manoel Nascimento, periferia do Município de Juazeiro.

Pontualmente, ainda relacionado à contaminação por hidrocarbonetos, o óleo diesel utilizado no funcionamento do sistema de bombeamento composto pelo conjunto motor-gerador, em poços artesianos que servem para abastecimento urbano, causam preocupação devido ao vazamento na casa de bomba, onde fica locado o conjunto motobomba. O ponto JC-217R, descreve bem essa situação. O sistema está instalado numa pequena casa que serve para proteger o equipamento de bombeio. O poço apresenta 90 metros de profundidade e o NE:10,62m no dia 06/01/2014, onde a água é utilizada para consumo humano e animal de 12 famílias, cerca de 40 pessoas.

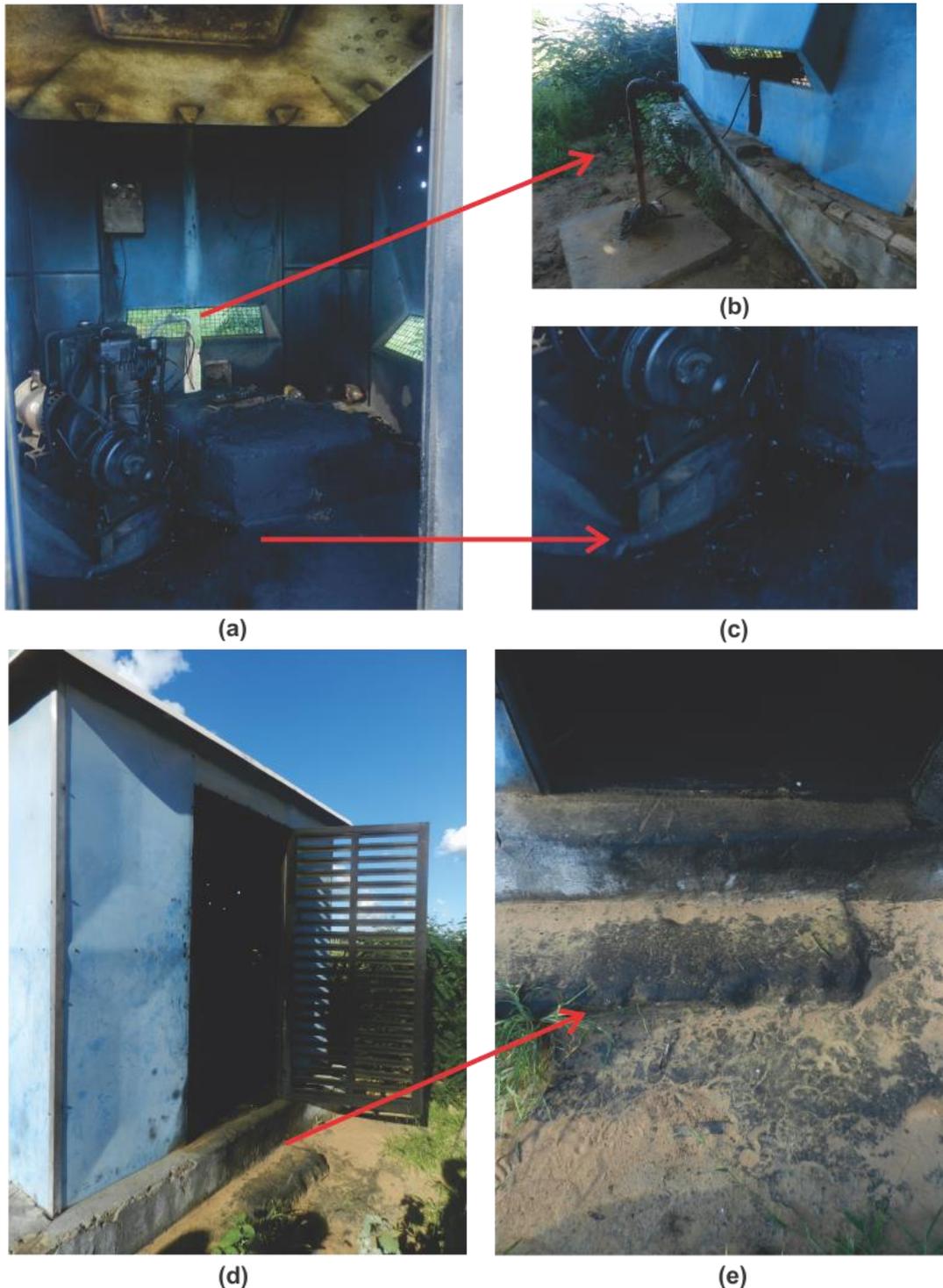


Figura 8.11: JC-217R Poço artesiano Localizado no Município de Várzea Nova, Povoado de Barriguda dos Rochas.

(a) Motor Agrale de 9,0 CV com gerador de 7,5 Cv alimentado por diesel. Vista geral da casa de Bomba, modelo Cerb; (b) Poço artesiano utilizado para consumo humano e animal; (c) Detalhe ilustrando o vazamento de óleo do gerador; (c) Extensão do vazamento do combustível fora da área pavimentada; (d) Destaque para a chegada do contaminante no solo.

Os cemitérios cadastrados no domínio VII, diferentemente do cenário descrito para os domínios V e VI, apresentam pavimentação e muros altos de alvenaria com altura média de 2,0 metros cercando toda a área que envolve os limites que correspondem à área. O acesso principal as sepulturas se encontram bem preservadas, sem algum sinal de violação ou abandono com rachaduras ou túmulos em ruínas e permita a infiltração das águas de chuva, problemas provocados pela compactação do solo por raízes de árvores de maior porte ou de negligência de proprietários de jazigos, que também favorecem de maneira específica a contaminação do lençol freático com impactos ambientais capazes de afetar a saúde pública. São limpos e com mato apenas em sepulturas onde não há jazigos. Ainda sim, estão localizados nos centros urbanos e apresentam mais de uma localização, além de ser densos no que diz respeito ao número de sepulturas.

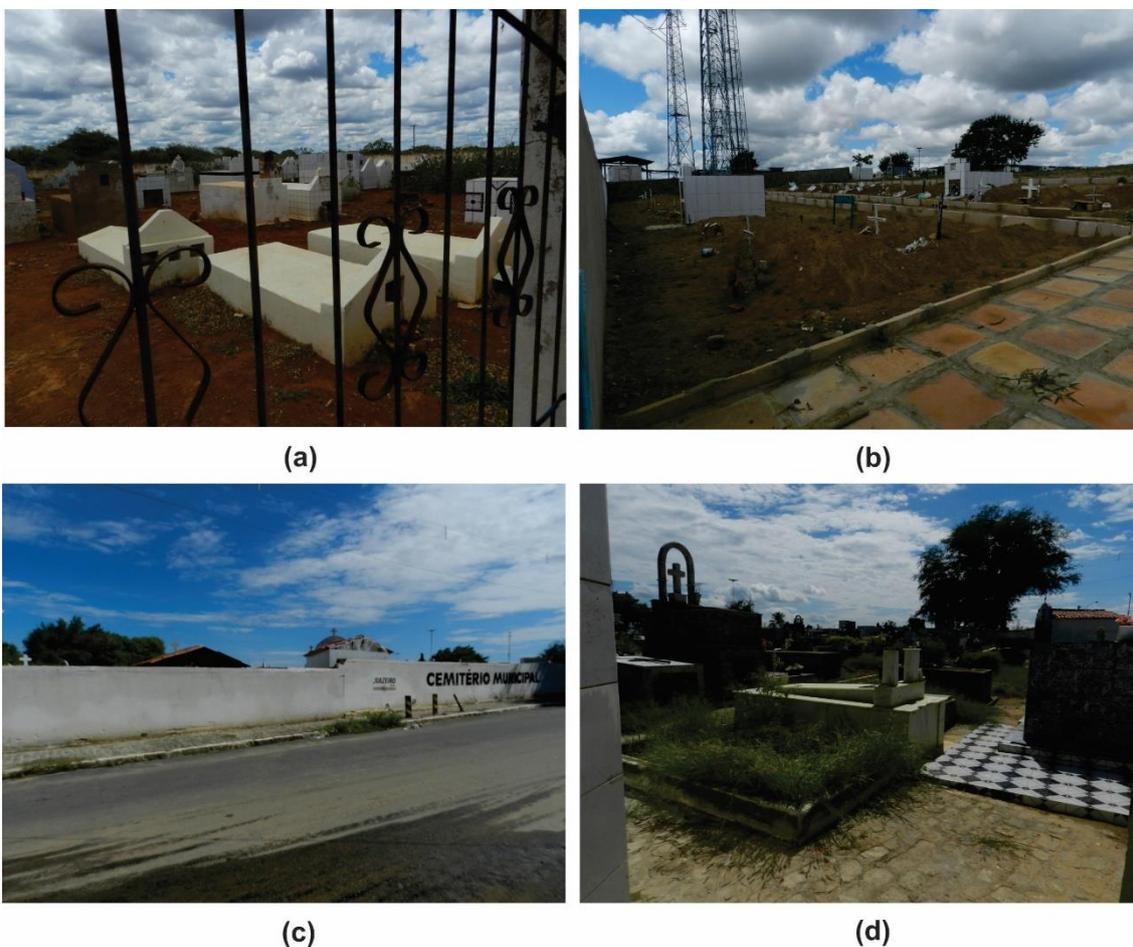


Figura 8.12: Cemitérios cadastrados nos municípios pertencentes ao domínio VII.

(a) JC-163R, Cemitério Municipal de Umburanas; (b) JC-166R, Cemitério Municipal de Mirangaba; (c) e (d) JC-202R, Cemitério Municipal de Juazeiro, denunciando o padrão dos cadastrados nos municípios de Juazeiro e Campo Formoso.

Com respeito à disposição dos resíduos sólidos nos municípios envolvidos no domínio VII, os aterros comuns (ou lixões), os resíduos sólidos são lançados *in*

natura a céu aberto, são em terrenos localizados na periferia ao longo de estradas vicinais que dão acesso aos povoados (Foto 5.4a, b e c). Estes locais não apresentam limites demarcados por muros de alvenaria ou cercas vivas ou de arame que restrinja o acesso ao material lançado no terreno.

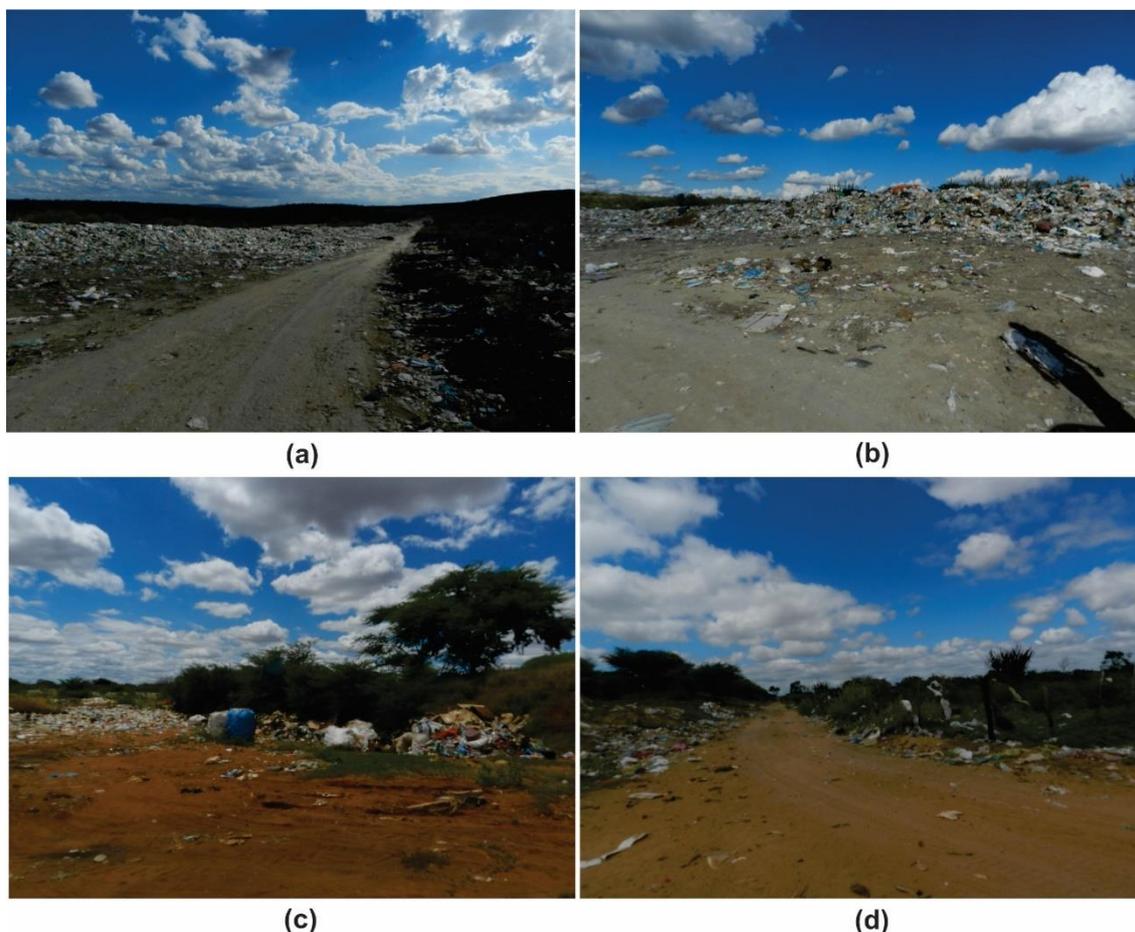


Figura 8.13: Disposição dos resíduos sólidos nos municípios localizados no domínio VII.

(a) JC-180R lixão municipal de Campo Formoso, estrada de acesso ao Povoado de Carnaíbas; **(b) JC-180R**, extensão do local de descarte de material sem delimitação de limites territorial e acesso; **(c) JC-164R**, lixão municipal de Ourolândia, locado na periferia as margens da estrada vicinal que dá acesso ao município de Umburanas; **(d) JC-156R**, lixão municipal de Várzea Nova locado na periferia leste.

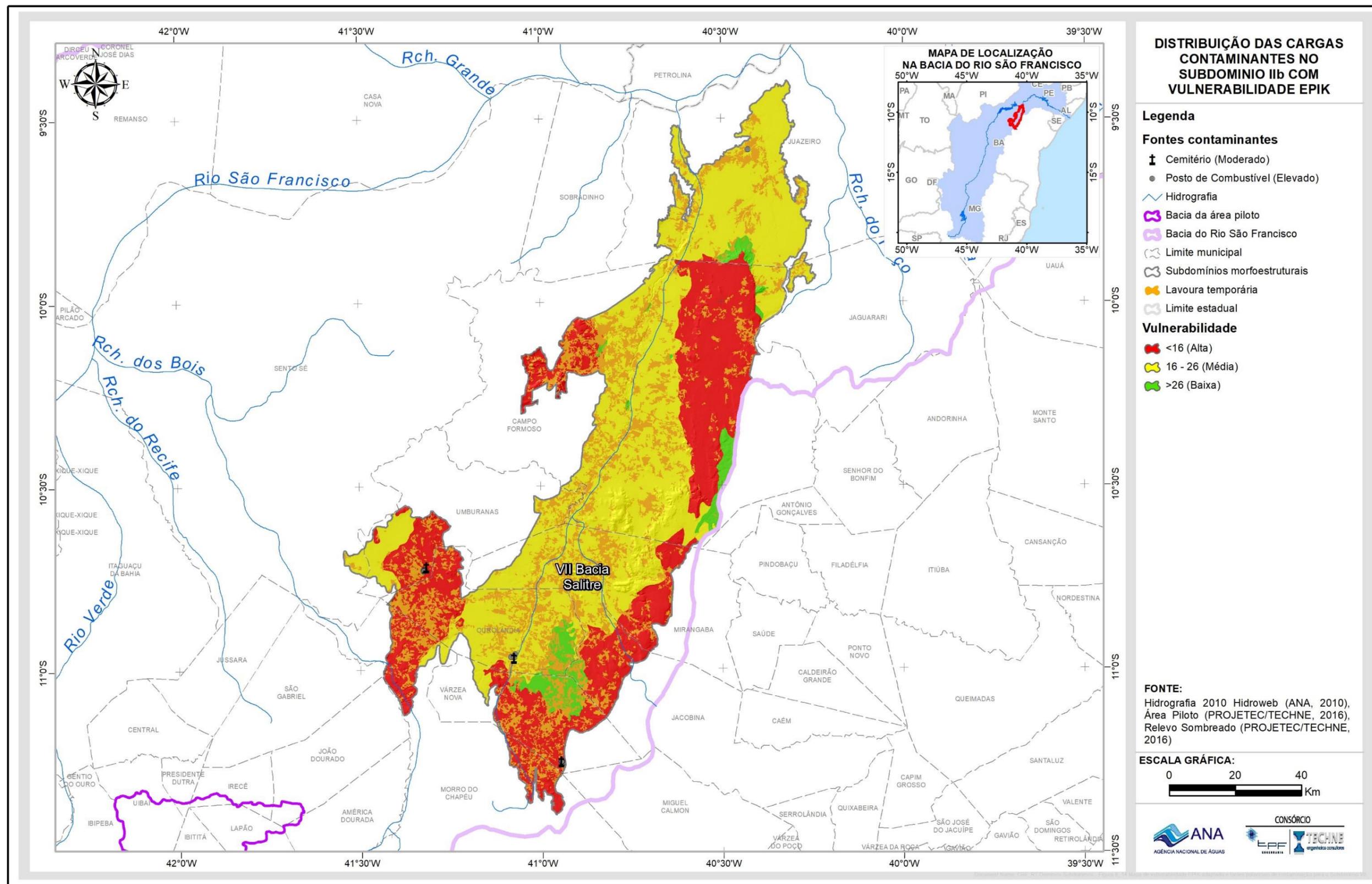


Figura 8.14: Mapa de vulnerabilidade EPIK adaptado e fontes potenciais de contaminação para o Domínio VII.

8.5 Recarga e zonas de exploração

Começando com um panorama regional da evolução histórica dos níveis de água subterrânea no domínio cárstico em Minas Gerais, a situação da exploração das águas subterrâneas do SAB no domínio VII inclui uma estatística descritiva dos dados de poços levantados e catalogados no âmbito do Projeto ANA – Carste São Francisco bem como uma caracterização do regime de funcionamento dos poços e uma estimativa da produção global de água. Para a recarga, foram realizados os cálculos em função das precipitações e o regime fluvial para cada subdomínio. Com os valores de recarga e exploração do subdomínio foi possível realizar o zoneamento de exploração, demonstrado na Figura 8.24.

8.5.1 Levantamento e sistematização dos dados

Os dados de poços levantados no domínio VII - Bacia Salitre, no âmbito do Projeto foram sistematizados e fazem parte do SIG, que constitui a principal fonte de consulta sobre poços.

8.5.1.1 Poços catalogados e cadastrados

A pesquisa hidrogeológica desenvolvida no domínio VII baseou-se em dados de 985 poços constantes no SIG, dos quais 831 foram catalogados do SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2010), 152 foram catalogados da Companhia de Engenharia e Recursos Hídricos da Bahia (CERB) e 2 novos poços cadastrados no âmbito do Projeto ANA Carste São Francisco (ANEXO 12.26 – Tabela de poços do Domínio VII, Volume 3). Para o tratamento estatístico não foram considerados os poços escavados. Desses 985 poços excluem-se 2 nascentes que estão hachurados na tabela do ANEXO 12.26 (Volume 3). O resultado disso são 983 poços: 829 catalogados do SIAGAS, 152 catalogados na CERB e 2 cadastrados.

8.5.1.2 Tratamento estatístico dos dados dos poços

Na Tabela 8.16 é apresentada a estatística descritiva dos valores numéricos de profundidade, diâmetro do revestimento, nível estático, nível dinâmico e vazão dos poços cadastrados e catalogados no Domínio VII, localizado na porção noroeste da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

Tabela 8.16 - Parâmetros estatísticos dos dados de poços do Domínio VII.

Parâmetros Estatísticos	Profundidade (m)	Diâmetro da boca(mm)	Nível Estático - NE (m)	Nível Dinâmico - ND (m)	Vazão (m ³ /h)
Média	98,3	156,6	26,3	59,7	10,4
Mediana	90,0	152,4	19,5	52,9	5,8
Desvio Padrão	50,2	20,9	25,6	37,6	13,7
Coefficiente Variação	0,5	0,1	1,0	0,6	1,3
Valor máximo	300,00	304,80	160,00	200,28	88,00
Valor mínimo	9,31	76,20	0,17	0,80	0,04
Nº valores	886	676	491	329	452

8.5.1.2.1 Profundidade

A profundidade dos poços inventariados no domínio VII, variou de 9,31 a 300 m. A profundidade média foi de 98,3 m e se explica pelo fato de que a classe mais frequente (39%) corresponde a poços com profundidade superior a 100 m. Se considerarmos todos os poços com mais de 40 m teremos 782 poços ou pouco mais de 88% do total no domínio VII. Já as classes compreendidas entre 0 e 40 m de profundidade possuem uma frequência absoluta baixa, com 11,74% do total. A tabela 8.17 mostra que na classe dos poços entre 80 e 100 m e na classe dos poços entre 40 e 60 m estão localizados, respectivamente, 16% e 17%, ou seja, a terceira e a segunda classe mais predominante.

Tabela 8.17 – Frequência da profundidade dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, CERB e dos novos cadastrados no Domínio VII.

Classe Profundidade (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤20	14	14	0,02	1,58
20<x≤40	90	104	0,10	11,74
40<x≤60	149	253	0,17	28,56
60<x≤80	142	395	0,16	44,58
80<x≤100	144	539	0,16	60,84
x>100	347	886	0,39	100,00
Total	886			

A distribuição da frequência da profundidade dos poços no Domínio VII pode ser visualizada no diagrama da Figura 8.15.

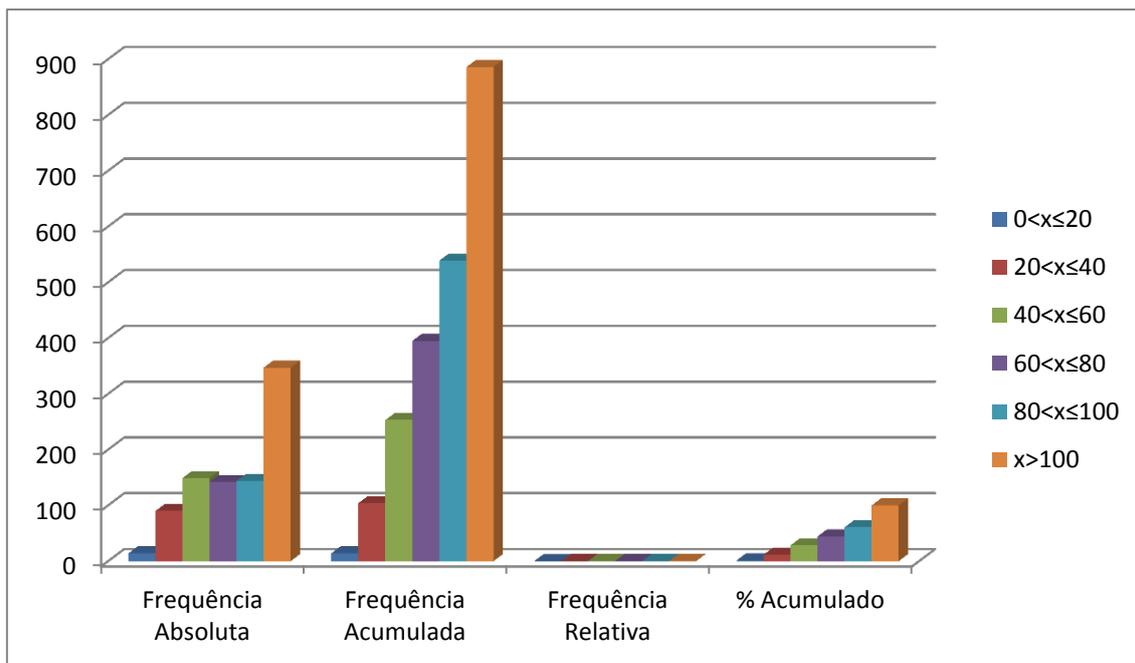


Figura 8.15: Frequências das classes de profundidade dos poços no Domínio VII.

8.5.1.2.2 Diâmetro da Boca do Poço

De acordo com a Tabela 8.18 e Figura 8.16, no Domínio VII, existem duas classes de diâmetro da boca dos poços, a primeira com 6 poços até 152 mm e a segunda com 670 poços na classe entre 152 mm e 310 mm. Nota-se a presença da maioria dos poços concentrada na segunda classe de diâmetro.

Tabela 8.18 – Frequência dos diâmetros da Boca dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM, na CERB e dos novos cadastrados no Domínio VII.

Classe Diâmetro da Boca (mm)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 152	6	6	0,01	0,89
152 < x ≤ 300	670	676	0,99	100,00
Total	676			

A Figura 8.16 ilustra a distribuição de frequência do diâmetro da boca dos poços no Domínio VII.

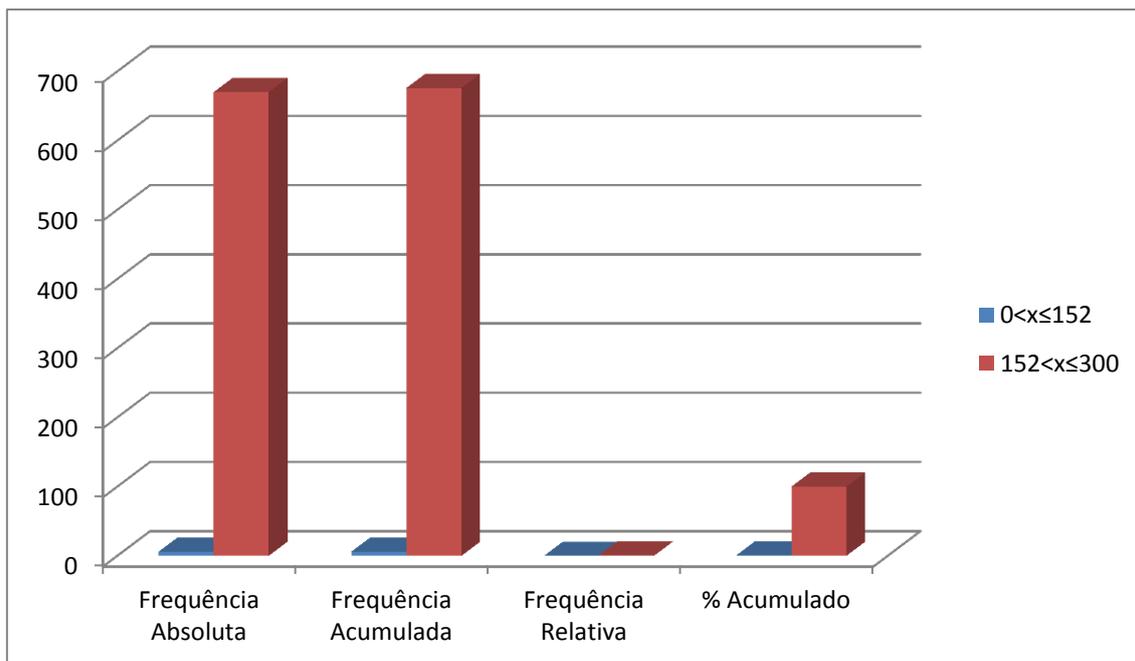


Figura 8.16: Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços no Domínio VII.

8.5.1.2.3 Nível Estático

De acordo com os dados da Tabela 8.19 e Figura 8.17, observa-se que aproximadamente 54% dos poços apresentam níveis estáticos até 20 m, o que significa que esses níveis são rasos, de modo geral. Nas classes de 20 a 30 m encontram-se cerca 16% dos poços e no intervalo de poços acima de 30 m estão 30% do total. A rigor, todos esses níveis, notadamente os mais profundos, não são “estáticos”, já que a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração.

Tabela 8.19 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, na CERB e dos novos cadastrados no Domínio VII.

Classe Nível Estático (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 10	139	139	0,28	28,31
10 < x ≤ 20	128	267	0,26	54,38
20 < x ≤ 30	79	346	0,16	70,47
x > 30	145	491	0,30	100,00
Total	491			

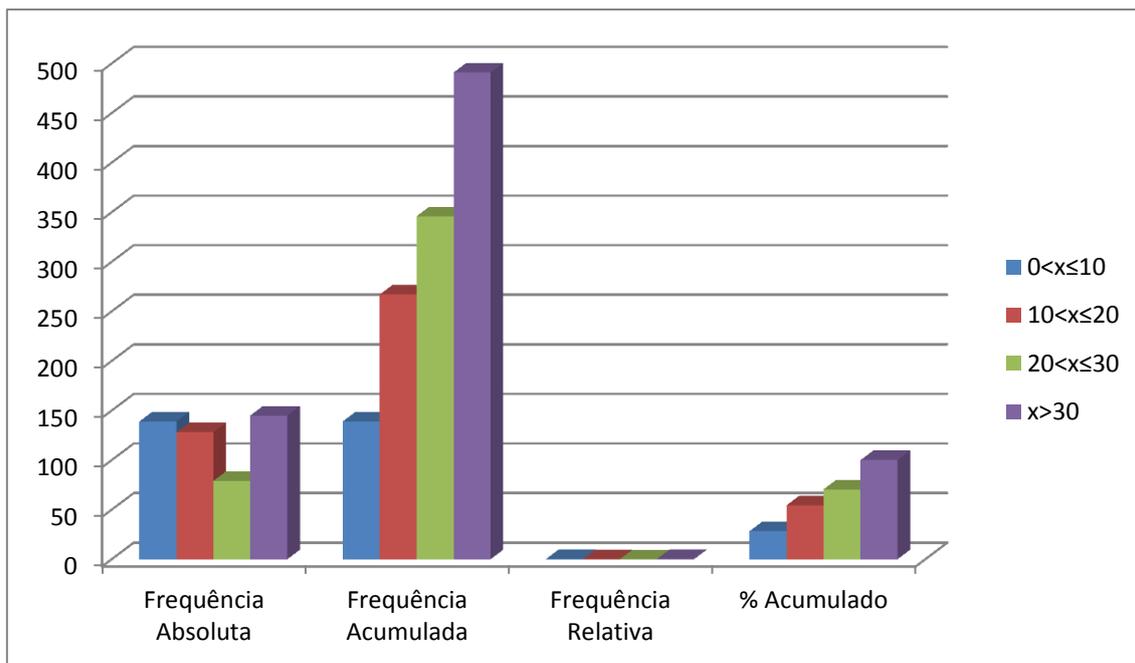


Figura 8.17: Frequências das classes de profundidade dos níveis estáticos dos poços no Domínio VII.

8.5.1.2.4 Nível Dinâmico

Para os níveis dinâmicos dos poços no domínio VII, tem-se que a classe menos frequente corresponde ao intervalo entre 0 a 10 m (4%). Secundariamente, 7% dos poços (22/329) estão no intervalo entre 10 e 20 m, como pode ser observado na tabela 8.20 e Figura 8.18. Nota-se, finalmente, que a grande maioria dos níveis dinâmicos (215/329), representando 65%, estão no intervalo de poços com profundidades maiores que 40 metros.

Tabela 8.20 – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis dinâmicos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, na CERB e dos novos cadastrados no Domínio VII.

Classe Nível Dinâmico (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	12	12	0,04	3,65
10<x≤20	22	34	0,07	10,33
20<x≤30	56	90	0,17	27,36
30<x≤40	24	114	0,07	34,65
x>40	215	329	0,65	100,00
Total	329			

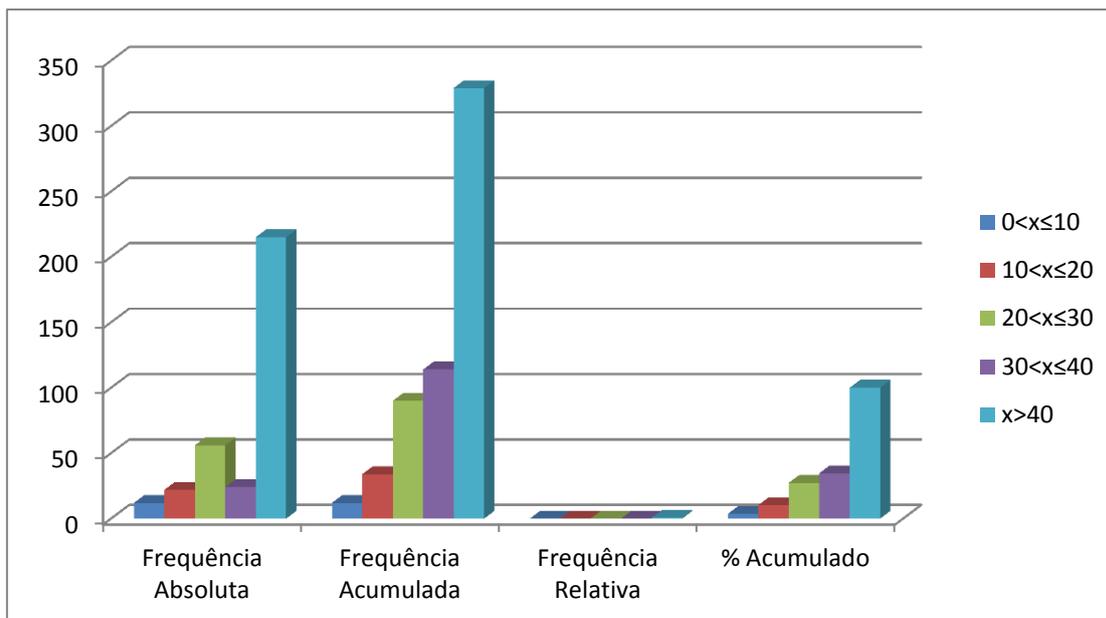


Figura 8.18: Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços no Domínio VII.

8.5.1.2.5 Vazão

No que se refere à vazão dos poços que exploram o Aquífero Salitre do carste São Francisco no Domínio VII (Tabela 8.21), verifica-se que do total de poços catalogados e cadastrados existem 452 poços com vazão informada. Observa-se que a classe mais frequente é a entre 0 e 10 metros, com aproximadamente 69% e frequência absoluta de 313 poços. A de menor frequência é o intervalo entre 40 e 50 m, com apenas 1% do total.

Tabela 8.21 – Distribuição de frequência da vazão dos poços levantados no SIAGAS/CPRM, na CERB e dos novos cadastrados no Domínio VII.

Classe Vazão (m³/h)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0 < x ≤ 10	313	313	0,69	69,25
10 < x ≤ 20	84	397	0,19	87,83
20 < x ≤ 30	22	419	0,05	92,70
30 < x ≤ 40	14	433	0,03	95,80
40 < x ≤ 50	4	437	0,01	96,68
x > 50	15	452	0,03	100,00
Total	452			

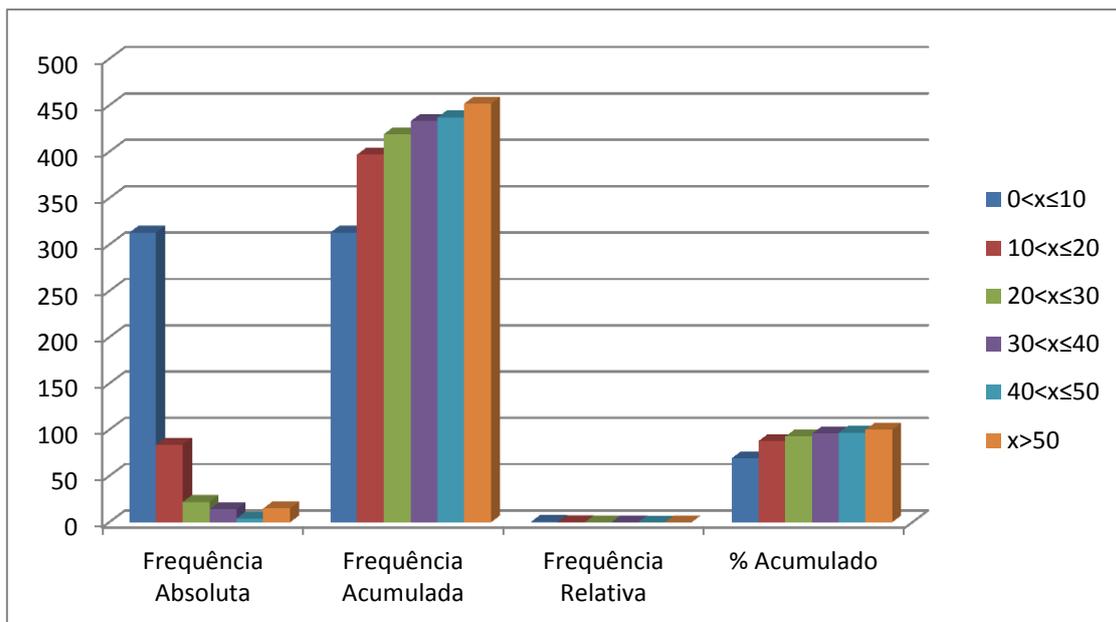


Figura 8.19: Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados no Domínio VII.

Não obstante, de acordo com as condições operacionais em que se encontram os poços (Tabela 8.22) verifica-se que existem 367 unidades (37,3%) em condições de funcionamento, ou seja, são poços que estão bombeando (36,4%), estão equipados (0,9%).

Tabela 8.22 – Situação operacional dos 983 poços catalogados e cadastrados no Domínio VII.

Registros	Bombeando	Equipado	Seco	Parado/ Não Instalado	Sem informação	Em condições de funcionamento
983	358	9	222	84	310	367
100%	36,4%	0,9%	22,6%	8,6%	31,5%	37,3%

8.5.1.3 Conclusões

Com base nos dados apresentados anteriormente referentes ao Aquífero Salitre do Carste do São Francisco no Domínio VII é possível concluir que:

- A profundidade dos poços inventariados no Domínio VII variou de 9,31 a 300 m, com média aproximada de 98,3 m (Tabela 8.16), sendo que os poços nos intervalos acima de 40 metros constituem (Tabela 8.17) as classes mais frequente (88%);
- 28% dos poços (Tabela 8.19) possuem níveis estáticos entre 0 e 10 m de profundidade, somados a classe de 10 a 20 m chegam a 267 poços ou 54% do total. Vale ressaltar que a rigor esses níveis não são “estáticos”, pois a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração;
- As vazões informadas dos poços (Tabela 8.21) em cerca de 69% dos casos são menores ou iguais a 10 m³/h e nos 31% restantes oscilam entre mais de 10 m³/h até 88 m³/h;
- Em termos de condições operacionais (Tabela 8.22) do total de 983 poços existem 84 poços parados, 222 não utilizáveis, ainda 310 poços sem informação sobre o tema. Dos poços com condições de utilização são: 358 poços bombeando e 9 equipados no domínio VII;
- No que se refere ao tipo de equipamento instalado nos poços (Tabela 8.23), verificou-se que nos 376 poços com informações sobre bombas, são: 159 com bomba submersa, 60 com cata-vento, 108 com compressor de ar, 5 com bomba injetora, 16 com bomba centrífuga e 28 com sarrilho.

Tabela 8.23 – Tipos de equipamentos de bombeamento dos poços.

Equipamentos de bombeamento	Nº	Bomba submersa	Bomba injetora	Compressor	Cata-vento	Centrífuga	Sarrilho
Registros	376	159	5	108	60	16	28
Percentual	100%	42,3%	1,33%	28,7%	16%	4,3%	7,4%

8.5.2 Regime de Funcionamento dos Poços

Na Tabela 8.24 são mostrados os valores dos parâmetros estatísticos do número de horas por dia em que são bombeados os poços da área estudada, segundo dados do cadastro de água subterrânea da ANA realizado no âmbito do projeto.

Particularmente no domínio VII não existem poços com regime de funcionamento informado, o que inviabiliza os cálculos do regime médio de funcionamento através da metodologia aplicada para os domínios anteriores, ou seja, para aqueles poços em condições de utilização, o cálculo do regime deveria ser feito usando a média ponderada pela frequência do número de horas de bombeamento, nos intervalos de classe, conforme a expressão:

$$\overline{R}_e = \sum_{j=1}^{12} R_{ej} \times w_j$$

Diante desse caso, a solução encontrada foi simplesmente adotar para o domínio VII os valores do regime estimado no domínio V, mostrados na tabela 8.24.

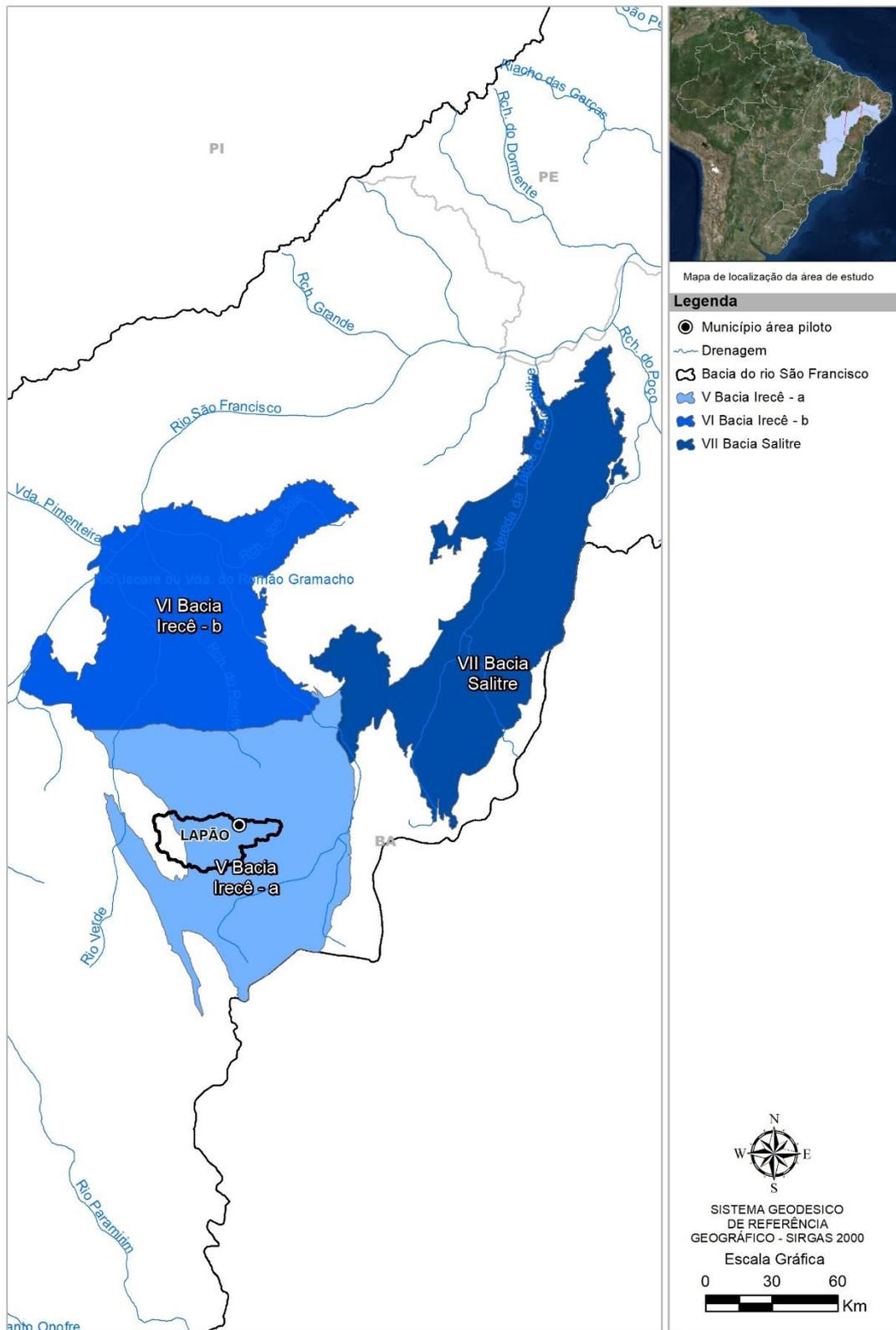


Figura 8.20: Localização dos domínios V – Bacia Irecê – a, VI – Bacia Irecê – b e VII – Bacia Salitre.

Tabela 8.24 – Estimativa do regime médio de funcionamento previsto para poços no Domínio V e adotado no Domínio VII, usando 106 poços segundo dados do cadastro de água subterrânea da ANA realizado no âmbito do projeto.

Classe Regime Informado (h/dia)	Frequência Absoluta Número de Poços n_j	Regime médio informado R_{ej} (h/dia)	Frequência Relativa ou Peso $w_j = n_j/N$	Regime médio ponderado (h/dia) $R_{ej} * w_j$
0 < x ≤ 1	8	0,791	0,075	0,060
1 < x ≤ 2	11	2,000	0,104	0,208
2 < x ≤ 3	10	3,000	0,094	0,283
3 < x ≤ 4	5	4,000	0,047	0,189
4 < x ≤ 5	8	5,000	0,075	0,377
5 < x ≤ 6	10	6,000	0,094	0,566
6 < x ≤ 7	4	7,000	0,038	0,264
7 < x ≤ 8	13	8,000	0,123	0,981
8 < x ≤ 9	2	9,000	0,019	0,170
9 < x ≤ 10	5	10,000	0,047	0,472
10 < x ≤ 11	0	0,000	0,000	0,000
11 < x ≤ 12	14	12,000	0,132	1,585
12 < x ≤ 24	16	20,938	0,151	3,160
Soma	106			8,314

Legenda:

$N = \sum n_j = N = \sum n_j$ = número total de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro de água subterrânea realizado ao longo do projeto.
 Frequência Absoluta (n_j): número de poços com regime de funcionamento informado no novo cadastro realizado ao longo do projeto.

Regime Médio Informado (R_{ej}) = Média de horas de funcionamento dos poços em cada intervalo de classe.

Regime médio ponderado em cada intervalo de classe: ($R_{ej} \times w_j$).

Frequência Relativa ou fator de ponderação: $w_j = n_j / N$.

Regime Médio Estimado: $\overline{R_e} = \sum_{j=1}^9 R_{ej} \times w_j$ 8 horas e 19 minutos.

Como visto na Tabela 5.23, o regime médio de funcionamento adotado para os poços no Domínio VII em 2015, na falta de dados, foi o estimado para o Domínio V que é de 8,314 horas por dia, o que equivale a 8h:19 min.

8.5.3 Produção Global dos Poços

Considerando o regime de funcionamento e a vazão média dos diferentes intervalos de classe de vazão apresentados na Tabela 8.25, obtém-se uma produção estimada de 35.810,77 m³/dia, ou 414,5 L/s.

Tabela 8.25 - Produção global estimada, explotada no Domínio VII.

Classe Vazão (m³/h)	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Vazão Média (m³/h)	Efetivo de Poços	Vazão Estimada (m³/dia)	Vazão Estimada (m³/s)	
						367 poços	207 poços
0<x≤1	17	0,08	0,78	30	194,94	0,0023	0,0013
1<x≤2,5	34	0,16	1,94	60	971,94	0,0112	0,0063
2,5<x≤5	36	0,17	3,88	64	2.059,22	0,0238	0,0134
5<x≤7,5	22	0,11	6,16	39	1.996,73	0,0231	0,0130
7,5<x≤10	26	0,13	9,10	46	3.486,20	0,0403	0,0228
10<x≤15	23	0,11	13,07	41	4.430,19	0,0513	0,0289
15<x≤30	31	0,15	22,00	55	9.052,60	0,1163	0,0656
x>30	18	0,09	47,56	32	12.618,96	0,1461	0,0824
Total	207			367	35.810,77	0,4145	0,2338

Legenda:

N = número total de poços com vazão informada no SIG

Frequência Absoluta (FA) = número de poços com vazão informada no SIG em cada intervalo de classe.

Frequência Relativa (FR) = FA/N.

Vazão Média (QM) = média dos valores de vazão informada em cada intervalo de classe.

Efetivo de poços = N° P.P. x FR = número de poços produtores (bombeando/equipado) encontrados dentro dos limites do domínio.

Vazão Estimada (QE) m³/dia = QM x RME x Efetivo de poços em cada intervalo de classe.

Vazão Estimada (QE) m³/s = QE (m³/dia) x Quantidade de segundos em um dia (84.600).

Segundo os dados informados, a produção de água para um efetivo de 367 poços em operação no ano de 2015 foi estimada em 0,4145 m³/s conforme a Tabela 8.25.

A Tabela 8.26 apresenta a distribuição da produção global dos poços em condições de funcionamento (Tabela 5.21) de acordo com a situação operacional informada (ANEXO 12.26, Volume 3). Como visto na Tabela 5.24, a produção global de água estimada para os 367 poços atinge 0,4145 m³/s. Só com os 207 poços em operação, a exploração extraía 56,41% desse total, ou seja, 0,2338 m³/s.

Tabela 8.26 - Distribuição dos poços em condições de funcionamento no Domínio VII.

Poços	Em condições de funcionamento	Bombeando	Equipado
Número	367	358	9
Percentual	100%	97,55%	2,45%
Vazão (m³/s)	0,4145	0,4043	0,0102

A distribuição espacial dos poços em condições de funcionamento localizados no Domínio VII é mostrada na Figura 8.21.

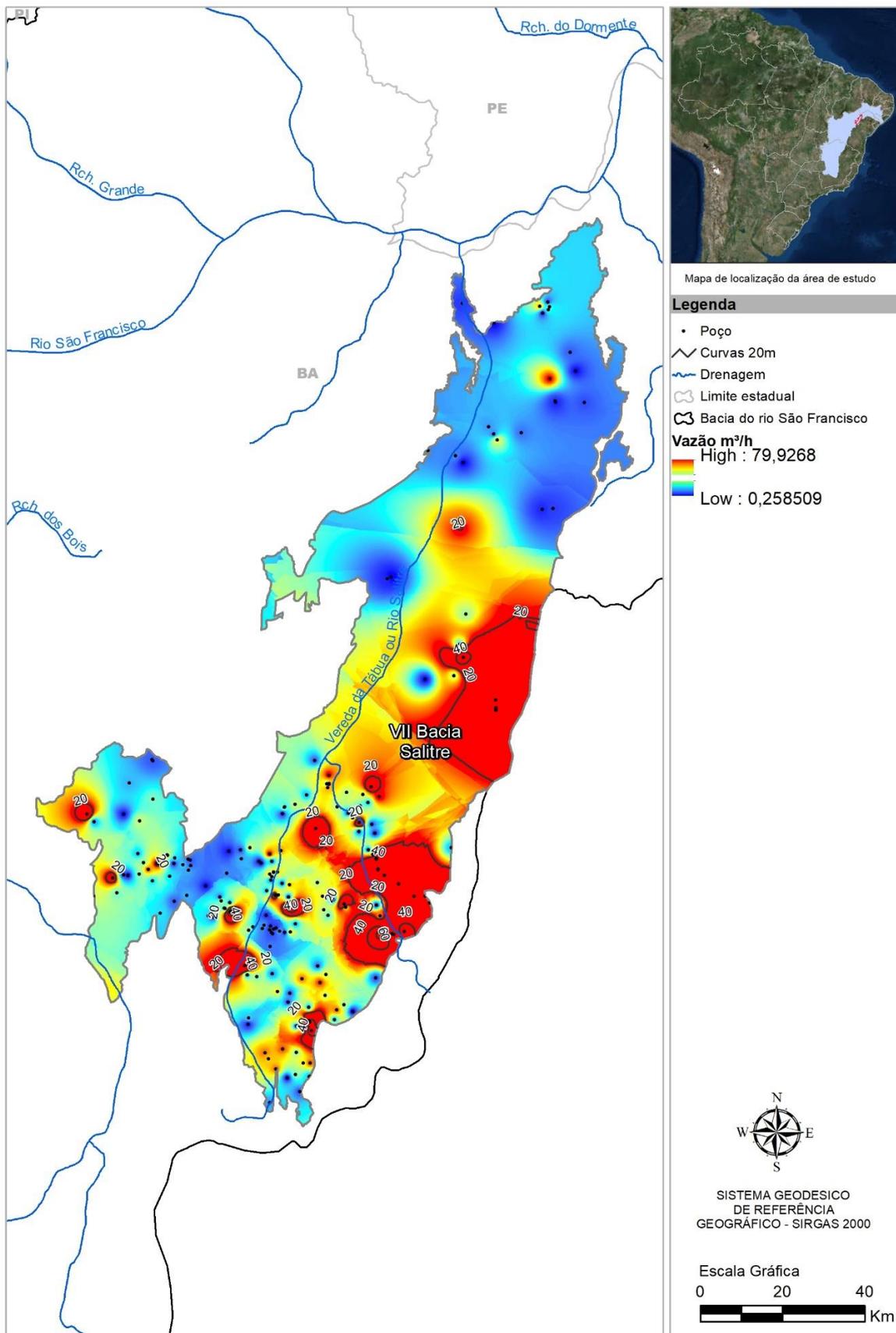


Figura 8.21: Distribuição espacial da produção de 367 poços em operação localizados no Domínio VII – Bacia do Salitre.

8.5.4 Recarga no Domínio VII

A Tabela 8.27 apresentada a seguir, identifica quais são as estações utilizadas para os cálculos de recarga, sendo mostradas ainda, outras informações como dimensão da bacia, código e nome da estação, e o período a que se referem os registros de medições de descarga em cada uma delas.

Tabela 8.27 – Informações básicas sobre as estações fluviométricas utilizadas nos cálculos de recarga do Domínio VII.

Código da estação*	Latitude	Longitude	Denominação	Curso d'água	Área (km ²)	Período de monitoramento	Período adotado para cálculo
47900000	-10,0103	-40,6953	Abreus	Rio Pacuí	12.091,03	1984 - 2015	1984 - 2007
47480000	-10,8847	-41,5903	Jaguara ci	Rio Jacaré/Vereda do Romão	8.446,66	1969 - 2010	1969 - 2005

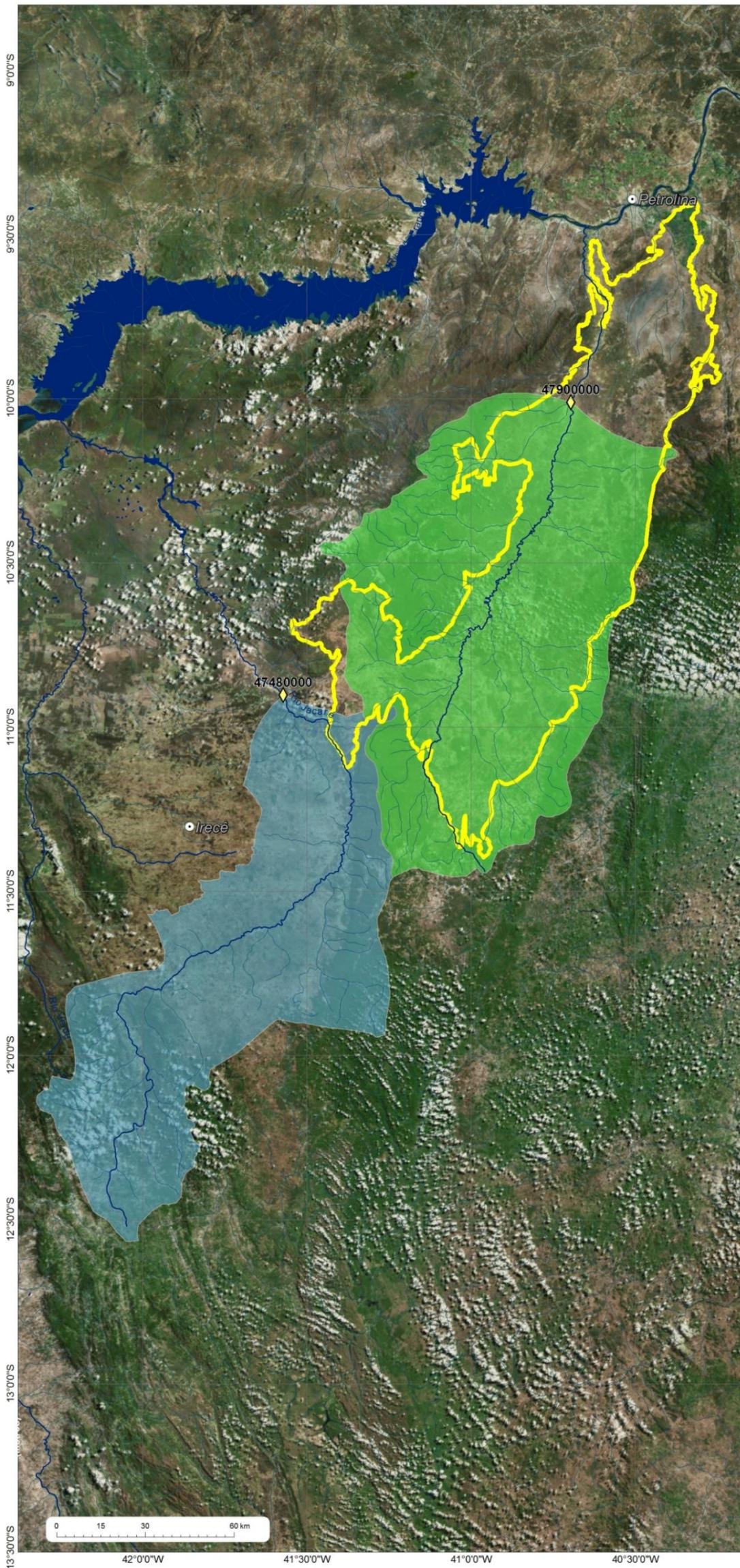
*Obs.: código adotado pela ANA.

Como se observa na Figura 8.22 apresentada a seguir, a configuração hidrográfica das duas bacias de interesse revela que uma pequena porção do Domínio VII não pode ser qualificada por estas, o que, no entanto, não prejudicou os cálculos realizados. Ressalta-se que as duas estações analisadas apresentam porções que extrapolam os limites do domínio em questão, tendo sido, portanto, computados somente os volumes interiores de cada uma das bacias em relação às áreas pertencentes a esse domínio.

Ainda do ponto de vista geológico, o conteúdo litológico das oito bacias avaliadas mostrou-se distribuído pelas seguintes tipologias: Formação Açuruá, Formação Tombador – fácies 1, Formação Tombador – fácies 2, Formação Tombador – fácies 3, Formação Caatinga, Formação Tombador Indivisa, Unidade Nova América, Unidade Nova América – Subunidade Lapão, Unidade Nova América – Subunidade Sarandi, Formação Morro do Chapéu – fácies 1, Formação Morro do Chapéu – fácies 2, Formação Morro do Chapéu – fácies 3, Formação Morro do Chapéu – fácies 5, Formação Morro do Chapéu Indivisa, Formação Bebedouro, Formação Caboclo Indivisa, Formação Caboclo – fácies 4, Unidade Jussara Médio e Inferior, Unidade Jussara Superior, Unidade Gabriel, Unidade Irecê, Formação Lagoa de Dentro, Formação Ouricuri do Ouro, Formação Mangabeira, Formação Rio dos Remédios, Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas, Coberturas residuais, Granitóides Lagoa D'anta – Lajedinho e Miguel Calmon e Granitos Campo Formoso, Jaguari, Carnaíba, Flamengo e Cachoeira Grande.

A Tabela 8.28 apresentada abaixo indica os percentuais de distribuição de cada uma das tipologias litológicas existentes no Domínio VII.

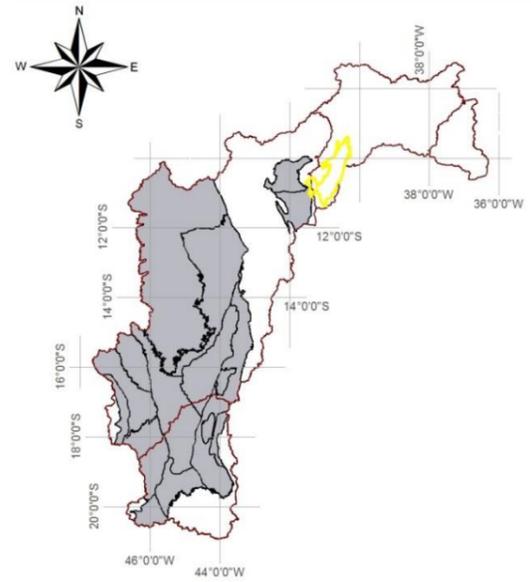
Subdomínio VII –Bacia Salitre



Mapas de localização



Mapa de domínios de ocorrência de unidades carbonáticas



Legenda

- ◆ Estação fluviométrica
- Sedes municipais
- Zonas de descarga local
- Zonas de descarga intermediária
- Subdomínio**
- ▭ Subdomínio VII – Bacia Salitre
- Limite da bacia hidrográfica**
- ▭ Abreus
- ▭ Jaguaraci

Figura 8.22: Mapa de localização das 2 bacias hidrográficas consideradas nos cálculos de recarga do Domínio VII.

Tabela 8.28 – Identificação dos percentuais de distribuição das litologias no Domínio VII.

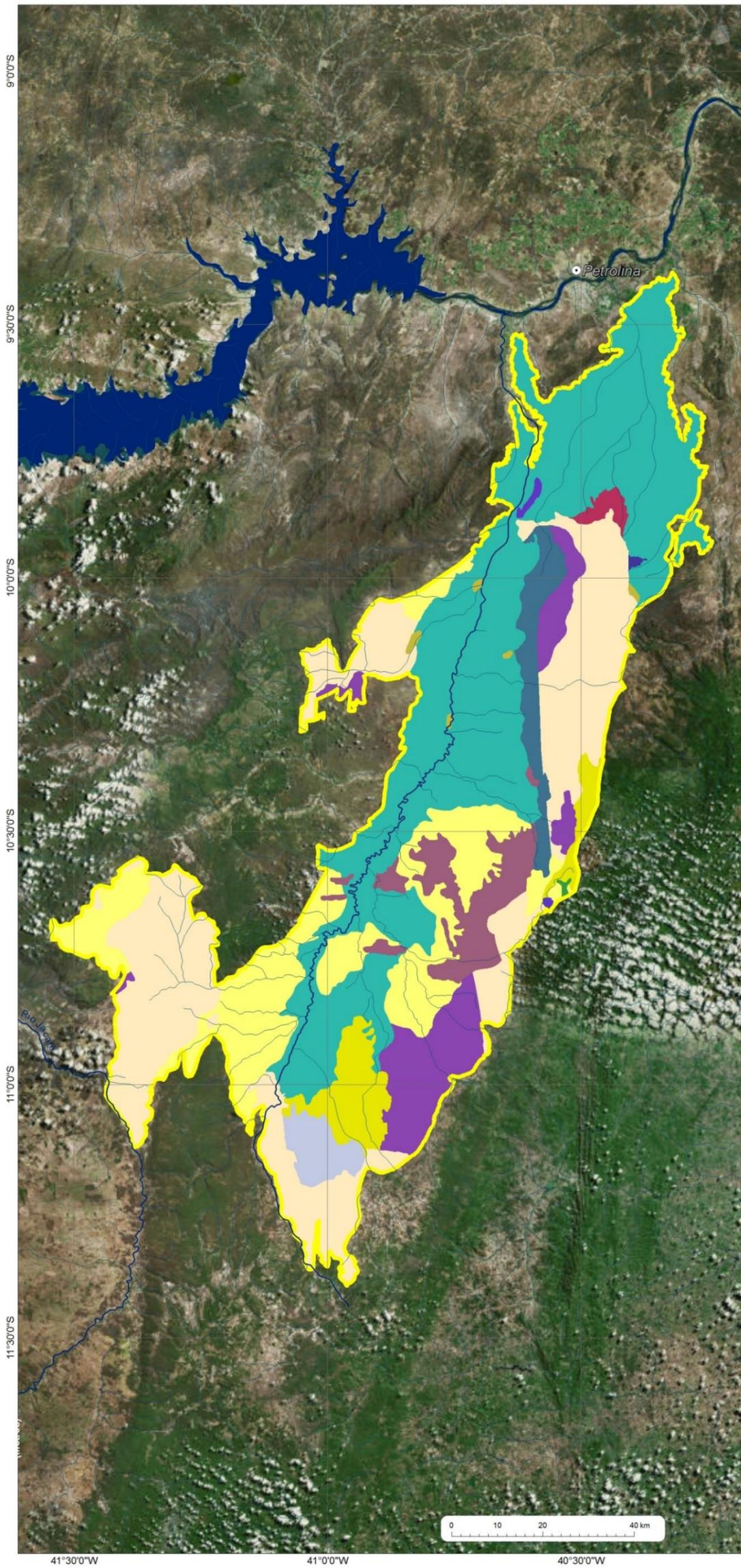
GEOLOGIA DO DOMÍNIO VII			
Unidade Geológica	Área (km ²)	%	Tipologia Litológica
Caatinga	3867,70	38,03	Brecha carbonática, Calcrete
Nova América	2579,82	25,37	Calcilutito, Calcarenito
Morro do Chapéu – fácies 2	465,80	4,58	Arenito, Arenito arcoseano
Jussara Superior	302,30	2,97	Calcirrudito, Calcilutito, Calcarenito, Arcóseo, Rocha pelítica
Gabriel	693,03	6,82	Calcilutito, Calcarenito, Arenito, Dolomito, Rocha pelítica, Silxito
Granitos Campo Formoso, Jaguarari, Carnaíba, Flamengo e Cachoeira Grande	0,09	0,00	Leucogranito, Granito
Bebedouro	24,91	0,24	Diamictito, Arenito, Grauvaca, Rocha pelítica, Arcóseo
Jussara Médio e Inferior	182,43	1,79	Calcilutito, Calcarenito, siltito, Calcissiltito, Arcóseo
Morro do Chapéu – fácies 1	0,00	0,00	Arenito, Ortoconglomerado, Paraconglomerado, Arenito conglomerático
Coberturas residuais	412,52	4,06	Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte
Granitoides Lagoa D'anta – Lajedinho e Miguel Calmon	5,84	0,06	Sienogranito, Monzogranito, Granodiorito
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	1571,13	15,45	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila
Itapicuru – fácies 2	0,02	0,00	
Itapicuru – fácies 1	7,02	0,07	
Campo Formoso	0,00	0,00	Leucogranito, Granito
Morro do Chapéu – fácies 4	0,00	0,00	Rocha pelítica, Arenito
Ortochnaises TTG migmatítico	56,52	0,56	
Total	10169,13	100,00	

O mapa da Figura 8.23 mostra a distribuição dos tipos de rocha existentes no interior do domínio VII, bem como sua inserção na bacia do rio São Francisco.

8.5.4.1 Resultados

De posse da análise dos hidrogramas de cada um das duas estações fluviométricas, pôde-se levantar os quantitativos referentes às descargas subterrâneas para cada tipologia litológica, bem como os valores médios de recarga anual e seus respectivos percentuais, quando considerada a média pluviométrica obtida pelas isoietas distribuídas em 2 estações no e em torno do Domínio VII. Esses valores ainda poderão sofrer ajustes quando da identificação e análise de subdomínios vizinhos, quando avaliadas as outras estações existentes.

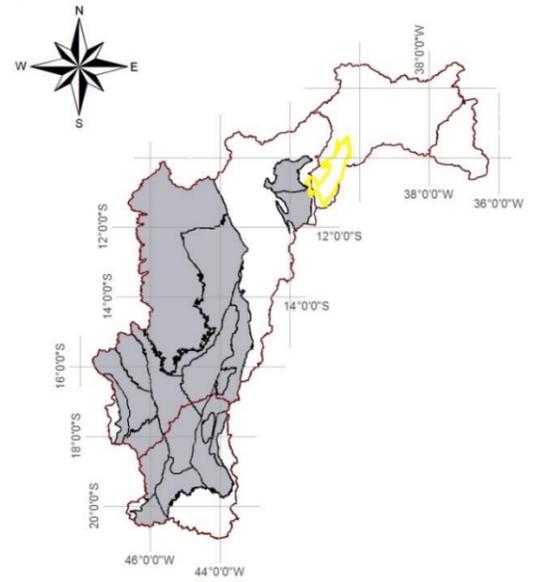
Subdomínio VII – Salitre



Mapas de localização



Mapa de domínios de ocorrência de unidades carbonáticas



Legenda

- Sedes municipais
- Zonas de descarga local
- Zonas de descarga intermediária
- Subdomínio**
- Subdomínio VII – Salitre
- Unidades Geológicas**
- Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas
- Coberturas residuais
- Formação Bebedouro
- Formação Gabriel
- Formação Itapicuru - fácies 1
- Formação Itapicuru - fácies 2
- Formação Jussara Superior
- Formação Jussara Médio e Inferior
- Formação Morro do Chapéu - fácies 1
- Formação Morro do Chapéu - fácies 2
- Formação Morro do Chapéu - fácies 4
- Formação Nova América
- Formação Tombador - fácies 2
- Formação Caatinga
- Granitóides Ortognaisses TTG migmatítico
- Unidade Granitos Campo Formoso, Jaguarari, Carnaliba, Flamengo e Cachoeira Grande
- Unidade Granitóides Lagoa D'anta - Lajedinho e Miguel Calmon
- Campo Formoso

Figura 8.23: Distribuição das tipologias litológicas existentes no Domínio VII.

Os hidrogramas de cada estação de interesse, os quais serviram para caracterizar os volumes médios que representam as descargas oriundas dos aquíferos, permitem visualizar os traçados que representam os filtros adotados nos procedimentos metodológicos (Eckardt, 2005) e servem ainda para identificar os volumes médios de referência (Filtros A e B) adotados como o valor de base assumido para o escoamento subterrâneo (recarga), considerando-se todo o período de medição de descargas de cada estação.

Considerando-se que cada tipologia litológica apresenta uma determinada característica hidrogeológica, ou seja, suas propriedades físicas intrínsecas permitem que sua capacidade de armazenamento de água seja variável (entre distintos tipos de rocha), o conjunto de rochas presentes numa dada bacia hidrográfica vai definir o potencial médio de água capaz de ser liberada no tempo, e no espaço físico da bacia hidrográfica, o que, por sua vez, definirá o volume de descarga específica média numa dada seção fluviométrica e, também, se for o caso, por tipologia litológica. Por isso, a análise ano a ano de cada hidrograma, segundo o método de aplicação de filtros para separação dos escoamentos superficial e subterrâneo revela-se como ferramenta importante para o reconhecimento dessas descargas específicas médias, numa dada seção de interesse.

Os resultados finais de descarga subterrânea específica obtidos em cada estação são apresentados nas Tabelas 8.29 e 8.30 a seguir.

Tabela 8.29 – Áreas e valores de vazão para a estação Abreus.

Estação Jaguaraci	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Tombador – fácies 2	Arenito conglomerático, Arenito	245,238	2,028	0,022	5,372	0,038
Caatinga	Brecha carbonática, Calcrete	2090,173	17,287	0,053	110,520	
Nova América	Calcilutito, Calcarenito	1910,493	15,801	0,038	72,155	
Morro do Chapéu – fácies 2	Arenito, Arenito arcoseano	1477,101	12,217	0,048	71,408	
Jussara Superior	Calcirrudito, Calcilutito, Calcarenito, Arcóseo, Rocha pelítica	183,212	1,515	0,038	6,920	
Gabriel	Calcilutito, Calcarenito, Arenito, Dolomito, Rocha pelítica, Silexito	577,320	4,775	0,036	20,583	
Morro do Chapéu – fácies 3	Arenito	804,785	6,656	0,004	3,283	
Caboclo – fácies 4	Argilito, siltito, Calcarenito, Arenito, Ritmito, Calcário estromatolítico, Arenito conglomerático, Lamito	116,371	0,962	0,021	2,461	
Granitos Campo Formoso, Jaguari, Carnaíba, Flamengo e Cachoeira Grande	Leucogranito, Granito	20,824	0,172	0,012	0,252	
Bebedouro	Diamictito, Arenito, Grauvaca, Rocha pelítica	586,084	4,847	0,022	12,839	
Jussara Médio e Inferior	Calcilutito, Calcarenito, Siltito, Calcissiltito, Arcóseo	182,414	1,509	0,004	0,689	
Morro do Chapéu – fácies 1	Arenito, Ortoconglomerado, Paraconglomerado, Arenito conglomerático	266,793	2,207	0,038	10,076	
Morro do Chapéu – fácies 4	Rocha pelítica, Arenito	53,842	0,445	0,026	1,383	
Coberturas residuais	Depósitos de areia, Depósitos de argila	648,299	5,362	0,041	26,444	
Granitoides Lagoa D'anta – Lajedinho e Miguel Calmon	Sienogranito, Monzogranito, Granodiorito	7,684	0,064	0,012	0,093	
Morro do Chapéu – fácies 5	Rocha pelítica, Arenito arcoseano	607,224	5,022	0,022	13,302	
Tombador – fácies 3	Arenito, rocha pelítica, Arenito conglomerático	9,002	0,074	0,026	0,231	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	2304,173	19,057	0,045	104,430	

Tabela 8.30 – Áreas e valores de vazão para a estação Jaguaraci.

Estação Jaguaraci	Tipos Litológicos por Unidade Mapeada	Área		Vazão Subterrânea Específica L/s.km ²	Vazão mínima ponderada por tipologia (L/s)	Vazão mínima específica da bacia (L/s.km ²)
		(km ²)	%			
Tombador – fácies 2	Arenito conglomerático, Arenito	256,093	2,711	0,026	6,584	0,032
Caatinga	Brecha carbonática, Calcrete	19,156	0,203	0,044	0,840	
Tombador – fácies 1	Ortoconglomerado, Paraconglomerado, Arenito conglomerático, conglomerado polimítico, Arenito	3,913	0,041	0,026	0,101	
Nova América	Calculutito, Calcarenito	1164,853	12,331	0,038	44,038	
Morro do Chapéu – fácies 2	Arenito, Arenito arcoseano	100,926	1,068	0,022	2,213	
Jussara Superior	Calcirrudito, Calculutito, Calcarenito, Arcóseo, Rocha pelítica	943,212	9,985	0,035	32,807	
Gabriel	Calculutito, Calcarenito, Arenito, Dolomito, Rocha pelítica, Silixito	1735,527	18,372	0,035	60,365	
Morro do Chapéu – fácies 3	Arenito	412,085	4,362	0,030	12,464	
Caboclo – fácies 4	Argilito, siltito, Calcarenito, Arenito, Ritmito, Calcário estromatolítico, Arenito conglomerático, Lamito	938,388	9,934	0,022	20,577	
Bebedouro	Diamictito, Arenito, Grauvaca, Rocha pelítica	124,274	1,316	0,021	2,631	
Tombador Indivisa	Rocha pelítica, Arenito, Arenito conglomerático, Conglomerado polimítico, Arcóseo	188,044	1,991	0,020	3,697	
Jussara Médio e Inferior	Calculutito, Calcarenito, Siltito, Calcissiltito, Arcóseo	614,122	6,501	0,044	26,932	
Morro do Chapéu – fácies 1	Arenito, Ortoconglomerado, Paraconglomerado, Arenito conglomerático	223,088	2,362	0,026	5,735	
Coberturas residuais	Depósitos de areia, Depósitos de argila	412,099	4,362	0,045	18,696	
Caboclo Indivisa	Argilito, Arenito, Siltito, Lamito, Calcário estromatolítico, Arenito conglomerático, Marga	52,169	0,552	0,020	1,026	
Morro do Chapéu – fácies 5	Rocha pelítica, Arenito arcoseano	294,108	3,113	0,021	6,227	
Morro do Chapéu Indivisa	Arenito, rocha pelítica, Arenito arcoseano, Arenito conglomerático, conglomerado	8,552	0,091	0,022	0,188	
Irecê	Calculutito, Calcarenito, Marga, Arenito, Arcóseo, Siltito, Silixito, Argilito	2,780	0,029	0,033	0,092	
Açuruá	Metassiltito, Ardósia, Conglomerado, Folhelho, siltito, Metarenito	183,170	1,939	0,018	3,324	
Nova América – Subunidade Lapão	Calcário, Calcarenito oolítico, dolomito, Silixito	205,672	2,177	0,041	8,398	
Nova América – subunidade Sarandi	Calculutito, Calcarenito, Calcissiltito	201,390	2,132	0,033	6,700	
Lagoa de Dentro	Rocha pelítica, Metarenito	140,224	1,484	0,023	3,181	
Ouricuri do Ouro	Metaconglomerado polimítico	188,926	2,000	0,020	3,714	
Mangabeira	Metaconglomerado, Metarenito	143,911	1,523	0,020	2,829	
Rio dos Remédios	Metariodacito, Metariolito, Metadacito	19,553	0,207	0,009	0,177	
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Depósitos de areia, Depósitos de argila, Depósitos de silte	870,426	9,214	0,038	32,907	

8.5.4.2 Considerações finais

Diante dos valores encontrados para as recargas dos aquíferos contidos no Domínio VII, verifica-se a partir da Tabela 8.31, apresentada a seguir, que o valor médio da vazão subterrânea específica é de 0,03 L/s.km², variando entre 0,01 L/s.km² e 0,03 L/s.km² e em termos médios anuais, a média geral da recarga anual para o Domínio VII é de cerca de 0,59 mm/ano.

Tabela 8.31 – Resultados de recarga encontrados para o Domínio VII.

Unidade	Área (km ²)	Vazão mínima ponderada por litologia (L/s)	Vazão subterrânea específica média (L/s.km ²)	Recarga média anual (mm/ano)
Caatinga	3867,70	57,41	0,01	0,47
Nova América	2579,82	73,95	0,03	0,90
Morro do Chapéu – fácies 2	465,80	22,52	0,05	1,52
Jussara Superior	302,30	9,13	0,03	0,95
Gabriel	693,03	19,91	0,03	0,91
Granitos Campo Formoso, Jaguarari, Carnaíba, Flamengo e Cachoeira Grande	0,09	0,00	0,01	0,19
Bebedouro	24,91	0,38	0,02	0,48
Jussara Médio e Inferior	182,43	5,56	0,03	0,96
Morro do Chapéu – fácies 1	0,00	0,00	0,04	1,19
Coberturas residuais	412,52	16,83	0,04	1,29
Granitoides Lagoa D'anta – Lajedinho e Miguel Calmon	5,84	0,07	0,01	0,38
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	1571,13	38,58	0,02	0,77
Itapicuru – fácies 2	0,02	0,00	0,00	0,00
Itapicuru – fácies 1	7,02	0,00	0,00	0,00
Campo Formoso	0,00	0,00	0,00	0,00
Morro do Chapéu – fácies 4	0,00	0,00	0,00	0,00
Ortochnisses TTG migmatítico	56,52	0,00	0,00	0,00
				0,59

8.5.5 Zoneamento da exploração no Domínio VII

O zoneamento da exploração é considerado fundamental para a gestão do aquífero e para cumprir essa finalidade foi adotado o seguinte procedimento:

- O ponto de partida para o *zoneamento da exploração* foi a inserção da área do Domínio VII, em estudo, no interior de um retângulo compreendido entre os paralelos de 45°S e 47°S e entre os meridianos de 17°S e 20°S, no qual foi feita uma partição em células quadradas de 30' de lado, com área aproximadamente de 3025 km² (55 km x 55 km), conforme Figura 8.24. Globalmente, o domínio VII, com área de 9.143km², foi recoberto por 11 células com áreas variáveis de 23,4 a 2.370,0 km².
- Foi então realizado um balanço tendo como vazão de entrada em cada célula a recarga média avaliada por sub-bacia (Tabela 8.32) e como descarga de saída, a vazão informada no cadastro de usuários realizado em 2014 na área do projeto. Verificou-se que o número de poços existentes em condições de operação em cada célula varia bastante estando concentrados principalmente nas células F14, F15 e E15. Isto permitiu obter o mapa de zoneamento da exploração do aquífero em 2014 (Figura 8.24). Esse mapa revela que em mais da metade das células ocorre déficit hídrico e todas as outras células ocorrem excedente hídrico e que as retiradas são bem inferiores à recarga.
- Essa conclusão baseada em vazão informada sugere que não há motivos para preocupação nesse subdomínio, notadamente porque a julgar pelo índice de concentração de poços, o resultado é consistente com a realidade.
- Neste sentido, não há prioridade para implementação de um programa de monitoramento automático de níveis e descargas de poços neste domínio.

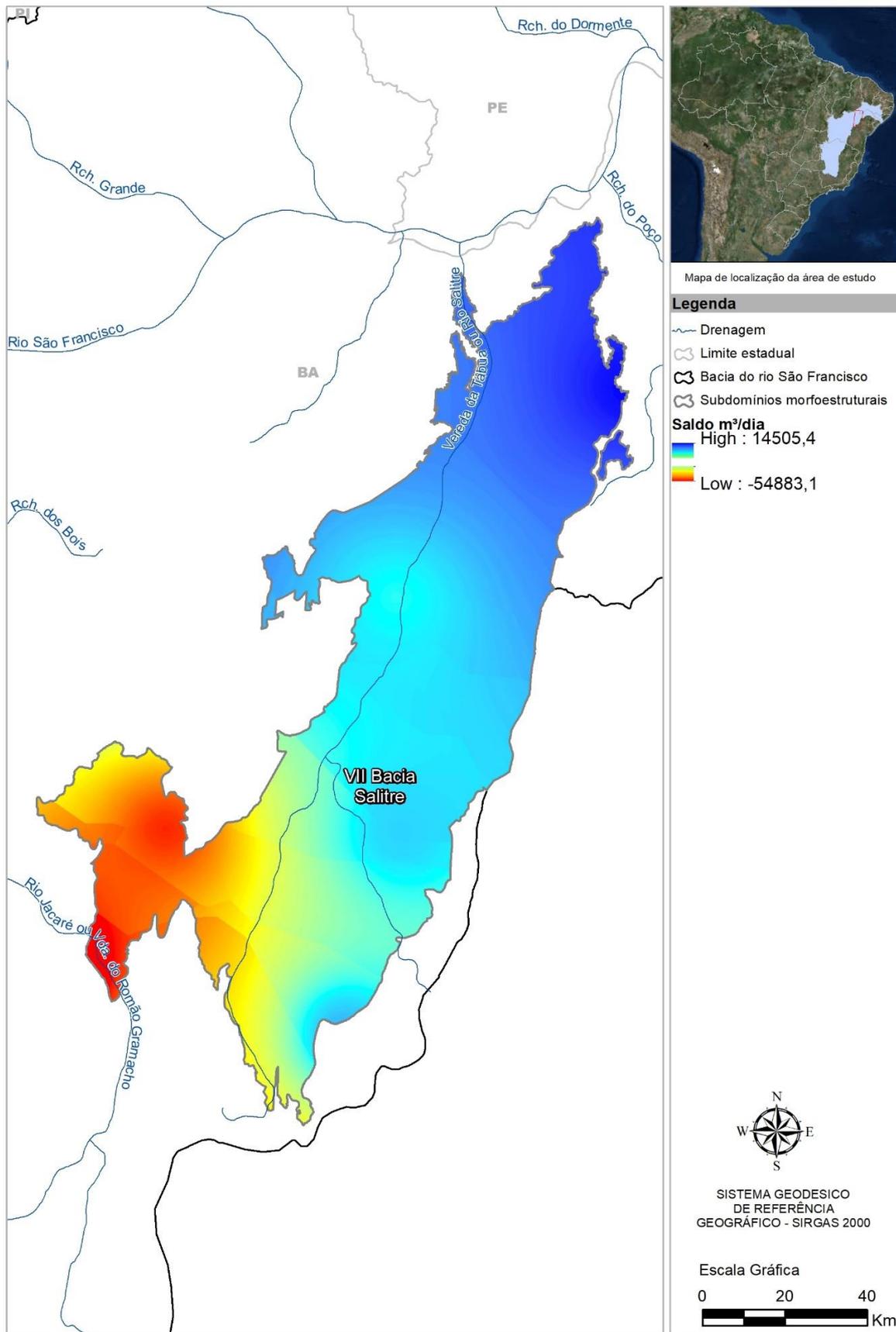


Figura 8.24: Mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero no Domínio VII, Grupo Una Pouco Deformado, com excedente hídrico.

Tabela 8.32 – Balanço entre recarga natural e vazão explorada no Domínio VII Bambuí Pouco Deformado.

Célula	x	y	Area km ²	Número de Poços	Recarga m ³ /dia	Produção Estimada m ³ /dia	Saldo m ³ /dia
C16	-40,176	-9,3284	87,7	0	13.956	0	13.956
D15	-40,739	-9,7749	768,5	23	15.007	2.216	12.791
D16	-40,253	-9,7749	1191,6	54	14.513	6.040	6.473
E14	-41,263	-10,247	66,8	3	4.333	1.116	3.217
E15	-40,758	-10,234	2370,0	130	8.755	22.421	-12.666
E16	-40,26	-10,137	433,9	18	3.748	1.679	2.069
F13	-41,759	-10,739	23,4	3	154	422	-268
F14	-41,263	-10,745	1765,6	299	13.801	41.905	-27.104
F15	-40,748	-10,751	2339,2	227	2.924	48.341	-46.417
G14	-41,245	-11,242	553,9	95	4.573	14.950	-9.377
G15	-40,873	-11,2	542,4	120	30	22.623	-22.593

8.6 Reservas, potencialidades e exploração

As conceituações de reservas, potencialidades e exploração encontram-se nos tópicos 1.2, 1.3 e 1.4 do Capítulo 1.

8.6.1 Reservas permanentes

As reservas permanentes do Domínio VII - Bacia do Salitre foram avaliadas de acordo com o exposto nos itens 1.2.1 e 1.2.2 do Capítulo 1 do presente relatório. A Tabela 8.33, na página seguinte, sintetiza os valores utilizados e os resultados obtidos.

Tabela 8.33 – Reserva permanente do Domínio VII - Bacia do Salitre.

Domínio	Subdom.	Área (km ²)	Res.Perm. (hm ³)	Recarga (hm ³ /ano)	Explot.Efet. (hm ³ /ano)	Saldo (hm ³ /ano)
IV - Grupo Bambuí deformado E	IVa	24.661,00	86.462,00	3.020,00	231,00	2789,00
	IVb	5.704,00	38.976,00	684,00	90,00	594,00
V - Bacia de Irecê a		8.146,00	84.263,00	15,00	95,00	-80,00
VI - Bacia de Irecê b		2.845,00	17.795,00	35,00	13,00	22,00
VII - Bacia do Salitre		7.052,00	73.692,00	5,00	39,00	-34,00
Totais		50.408,00	304.188,00	3.759,00	468,00	3291,00

8.6.4 Exploração

O conceito de exploração de água subterrânea, aqui adotado, é discutido no item 1.4 do presente relatório.

Foram cadastrados 983 poços tubulares no Domínio VII em condições de funcionamento. Embora se tenha informações de vazão e de regime de bombeamento apenas numa fração desses poços, as análises efetuadas (ver item 5.5.1) apontam para uma vazão média de 13,0 m³/h e um regime médio de operação de 8,3 horas/dia.

8.6.4.1 Exploração efetiva

Os números acima sinalizam uma exploração efetiva da ordem de 106.066,00 m³/dia ou 39,00 hm³/ano para 8,3 horas/dia de bombeamento.

8.6.4.2 Exploração instalada

Considerando-se regime de bombeamento contínuo, chega-se a uma exploração instalada de 112,00 hm³/ano.

10. Referências Bibliográficas

- Albuquerque, J.P.T., 2013. Situação volumétrica dos reservatórios das hidrelétricas da CHESF. <http://www.remabrasil.org/Members/suassuna/campanhas/situacao-volumetrica-dos-reservatorios-das-hidreletricas-da-chesf-02-08-2013/view>. (Acessado em 11/08/2016)
- ANA, 2013. Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil.
- Da Silva, L.M.C., 2006. Apresentação na Oficina de Vazão Ecológica: Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco: 24-25 de novembro de 2006, CBHSF.
- Foster, S.; Hirata, R.; Gomes, D.; D'Elia, M.; Paris, M., 2002. Groundwater quality protection: a guide for water service companies, municipal authorities and environment agencies. World Bank, GWMATE. Washington, 101p.
- Foster, S.S.D.; Hirata, R.; Gomes, D.; d'Elia, M.; Paris, M., 2006. Proteção da Qualidade da Água Subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. Tradução: Sônia Vieira. São Paulo: Banco Mundial, Servmar, 104 p
- Manoel Filho, J. 1996. Modelo de dimensão fractal para avaliação de parâmetros hidráulicos em meio fissural. Tese de Doutorado: Hidrogeologia e Recursos Minerais. Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências.
- Suassuna, J., 2007. Transposição do rio São Francisco na perspectiva do Brasil real. Editora Porto de Idéias, São Paulo.
- Albuquerque, J.P.T., 2013. Situação volumétrica dos reservatórios das hidrelétricas da CHESF. <http://www.remabrasil.org/Members/suassuna/campanhas/situacao-volumetrica-dos-reservatorios-das-hidreletricas-da-chesf-02-08-2013/view>. (Acessado em 11/08/2016)
- Allkmin, F.F. & Martins-Neto, M.A., 2001. A bacia intracratônica do São Francisco: arcabouço estrutural e cenários evolutivos. In: Pinto, C.P. e Martins-Neto (Org.). Bacia do São Francisco: geologia e recursos minérios. Belo Horizonte: SBG/MG, 2001. p.09-30.
- ANA, 2013. Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil.
- CPRM/COMIG, 2003. Mapa geológico do estado de Minas gerais, 1:1.000.000.
- Da Silva, L.M.C., 2006. Apresentação na Oficina de Vazão Ecológica: Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco: 24-25 de novembro de 2006, CBHSF.
- Dias Neto, B. & Maia, P.H.P., 2008. Relatório de visita técnica ao carste de Lapão. INGÁ/Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Salvador/BA.

- Eckhardt, K.: How to construct recursive digital filters for base flow separation, *Hydrol. Processes*, 19, 507–515, 2005.
- ECKHARDT, K. (2008) A comparison of baseflow indices, which were calculated with seven different baseflow separation methods. *Journal of Hydrology*, v. 352, p. 168–173.
- Foster, S.; Hirata, R.; Gomes, D.; D'Elia, M.; Paris, M., 2002. Groundwater quality protection: a guide for water service companies, municipal authorities and environment agencies. World Bank, GWMATE. Washington, 101p.
- Foster, S.S.D.; Hirata, R.; Gomes, D.; d'Elia, M.; Paris, M., 2006. Proteção da Qualidade da Água Subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. Tradução: Sônia Vieira. São Paulo: Banco Mundial, Servmar, 104 p
- Kuchenbecker, M; Reis, H.L.S.; Fragoso, D.G.C., 2011. Caracterização estrutural e considerações sobre a evolução tectônica da Formação Salitre na porção central da Bacia de Irecê, norte do Cráton do São Francisco (BA). *GEONOMOS*, 19(2), 42-48. IG/UFMG.
- Manoel Filho, J. 1996. Modelo de dimensão fractal para avaliação de parâmetros hidráulicos em meio fissural. Tese de Doutorado: Hidrogeologia e Recursos Minerais. Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências.
- Suassuna, J., 2007. *Transposição do rio São Francisco na perspectiva do Brasil real*. Editora Porto de Idéias, São Paulo.



**MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE**

**GOVERNO
FEDERAL**

