

1

# Avaliação dos Aquíferos das Bacias Sedimentares da Província Hidrogeológica Amazonas no Brasil (escala 1:1.000.000) e Cidades Pilotos (escala 1:50.000)



Volume VII - Cidade Piloto: Rio Branco - AC

Tomo I - Texto

Dezembro/2015



## **República Federativa do Brasil**

Dilma Vana Roussef

Presidenta

## **Ministério do Meio Ambiente**

Izabella Mônica Vieira Teixeira

Ministra

## **Agência Nacional de Águas**

### **Diretoria Colegiada**

Vicente Andreu Guillo - Diretor-Presidente

Gisela Forattini

João Gilberto Lotufo Conejo

Ney Maranhão

Paulo Lopes Varella Neto

## **Superintendência de Implementação e Programas e Projetos**

Ricardo Medeiros de Andrade

Tibério Magalhães Pinheiro

## **Coordenação de Águas Subterrâneas**

Fernando Roberto de Oliveira

Adriana Niemeyer Pires Ferreira

Fabício Bueno da Fonseca Cardoso (Gestor)

Leonardo de Almeida

Letícia Lemos de Moraes

Márcia Tereza Pantoja Gaspar

## **Comissão Técnica de Acompanhamento e Fiscalização**

Aline Maria Meiguins de Lima (SEMAS/PA)

Audrey Nery Oliveira Ferreira (FEMARH/RR)

Cléa Maria de Almeida Dore (FEMARH/RR)

Fabício Bueno da Fonseca Cardoso (ANA)

Fernando Roberto de Oliveira (ANA)

Flávio Soares do Nascimento (ANA)

Glauco Lima Feitosa (IMAC/AC)

Jane Freitas de Góes Crespo (SEMGRH/AM)  
José Trajano dos Santos (SEDAM/RO)  
Luciani Aguiar Pinto (SEMGRH/AM)  
Luciene Mota de Leão Chaves (SEMAS/PA)  
Marco Vinicius Castro Gonçalves (ANA)  
Maria Antônia Zabala de Almeida Nobre (SEMA/AC)  
Miguel Martins de Souza (SEMGRH/AM)  
Miguel Penha (SEDAM/RO)  
Nilza Yuiko Nakahara (FEMARH/RR)  
Olavo Bilac Quaresma de Oliveira Filho (SEMAS/PA)  
Vera Lucia Reis (SEMA/AC)  
Verônica Jussara Costa Santos (SEMAS/PA)

#### **Consórcio PROJETEC/TECHNE (Coordenação Geral)**

João Guimarães Recena  
Luiz Alberto Teixeira  
Antonio Carlos de Almeida Vidon  
Fábio Chaffin

#### **Gerência do Contrato**

Marcelo Casiuch  
Roberta Alcoforado

#### **Membros da Equipe Técnica Executora**

João Manoel Filho (Coordenador)  
Alerson Falieri Suarez  
Ana Nery Cadete  
Antonio Carlos Tancredi  
Carla Maria Salgado Vidal  
Carlos Danilo Câmara de Oliveira  
Cristiana Coutinho Duarte  
Edilton Carneiro Feitosa  
Fabianny Joanny Bezerra C. da Silva  
Maria de Fátima França de Moura  
Fernando Correia  
Joanderson James Oliveira Moraes

Ludmilla Calado  
Marcondes Assis  
Maria Marlúcia Freitas Santiago  
Mário Vicente Caputo  
Nelson da Franca Ribeiro dos Anjos  
Patrícia Celeste Lopes Jesuíno  
Paulo de Melo da Cunha Pedrosa  
Rilson Magalhães Cabral  
Roseli da Rocha Paixão de Almeida  
Rudson Fonseca  
Thiago Franklin de Almeida  
Wagner Vitor Araújo Ferreira  
Waldir Duarte Costa  
Walter Lucena  
Wilton José Silva da Rocha



AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA

Avaliação dos Aquíferos das Bacias  
Sedimentares da Província Hidrogeológica  
Amazonas no Brasil (escala 1:1.000.000) e  
Cidades Pilotos (escala 1:50.000)

Volume VII - Cidade Piloto: Rio Branco - AC

Tomo I - Texto

Dezembro/2015





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

Equipe:  
Agência Nacional de Águas - ANA  
Superintendência de Implementação de Programas e Projetos - SIP

Elaboração e execução:  
Consórcio TECHNE-PROJETEC

Todos os direitos reservados  
É permitida a reprodução de dados e de informações, desde que citada a fonte.

Avaliação dos Aquíferos das Bacias Sedimentares da Província Hidrogeológica Amazonas no Brasil (escala 1:1.000.000) e Cidades Pilotos (escala 1:50.000).

Volume VII – Cidade Piloto: Rio Branco - AC.

Tomo I - Texto

Brasília: ANA, SIP, 2015.

1. Recursos Hídricos
2. Província Hidrogeológica Amazonas
  - I. Agência Nacional de Águas
  - II. Consórcio TECHNE-PROJETEC.

## APRESENTAÇÃO

O relatório final de Avaliação dos Aquíferos das Bacias Sedimentares da Província Hidrogeológica Amazonas (PHA) no Brasil (escala 1:1.000.000) e Cidades Pilotos (escala 1:50.000) é constituído dos seguintes volumes:

- Volume I – Balanço Hídrico da Província Hidrogeológica Amazonas
- Volume II – Geologia da Província Hidrogeológica Amazonas
- Volume III – Hidrogeologia e Modelo Numérico de Fluxo da Província Hidrogeológica Amazonas
  - ✓ Tomo I - Texto
  - ✓ Tomo II - Mapas
- Volume IV – Hidrogeoquímica da Província Hidrogeológica Amazonas
  - ✓ Tomo I - Aquíferos: Aluvial, Rio Branco, Içá e Tucunaré
  - ✓ Tomo II - Aquífero Alter do Chão, Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, Barreiras, Pirabas, Monte Alegre, Itaituba e Inominado (Cruzeiro do Sul)
- Volume V – Cidade Piloto: Macapá – AP
  - ✓ Tomo I - Texto
  - ✓ Tomo II - Mapas
- Volume VI – Cidade Piloto: Porto Velho – RO
  - ✓ Tomo I - Texto
  - ✓ Tomo II - Mapas
- Volume VII – Cidade Piloto: Rio Branco – AC
  - ✓ Tomo I - Texto
  - ✓ Tomo II - Mapas
- Volume VIII – Cidade Piloto: Santarém – PA
  - ✓ Tomo I - Texto
  - ✓ Tomo II - Mapas
- Volume IX – Cidade Piloto: Tabatinga – AM
  - ✓ Tomo I - Texto
  - ✓ Tomo II - Mapas
- Volume X – Proposta de Projeto para Proteção Ambiental e Gestão Sustentável das Águas Subterrâneas na Região Amazônica a ser Desenvolvido pelo Brasil e Países Vizinhos
- Volume XI – Banco de Dados
- Volume XII – Resumo Executivo

## SUMÁRIO

<b>1 – Introdução</b> .....	<b>26</b>
<b>1.1 - Objetivo do Estudo</b> .....	<b>27</b>
<b>1.2 - Metodologia</b> .....	<b>27</b>
<b>1.3 – Localização e Dimensões da Área de Estudo</b> .....	<b>27</b>
<b>2 - Fisiografia</b> .....	<b>30</b>
<b>2.1 – Elementos e Fatores do Clima</b> .....	<b>31</b>
2.1.1 - Clima.....	31
2.1.2 – Temperatura.....	32
2.1.3 – Ventos .....	32
2.1.4 – Umidade Relativa .....	35
2.1.5 – Insolação.....	35
2.1.6 – Precipitação .....	35
2.1.7 – Número de Dias de Chuva.....	35
2.1.8 – Evapotranspiração .....	35
<b>2.2 - Relevo</b> .....	<b>37</b>
<b>2.3 - Hidrografia</b> .....	<b>39</b>
<b>2.4 - Solos</b> .....	<b>41</b>
<b>2.5 - Vegetação</b> .....	<b>43</b>
<b>2.6 – Influência do Intemperismo Químico Regional na Qualidade das Águas Subterrâneas da Província Hidrogeológica Amazonas - PHA</b> .	<b>45</b>
<b>3 - Geologia</b> .....	<b>47</b>
<b>3.1 – Estrutura e Tectônica</b> .....	<b>48</b>
<b>3.2 - Litoestratigrafia</b> .....	<b>48</b>
3.2.1 – Pacote Repouso-Solimões.....	49
3.2.2 – Terraços Fluviais Pleistocênicos .....	51
3.2.3 – Aluviões Holocênicos do Rio Acre .....	51
<b>4 – Hidrogeologia e Hidrodinâmica</b> .....	<b>56</b>
<b>4.1 – Aquífero Rio Branco</b> .....	<b>57</b>
4.1.1 – Litologia, Dimensões e Limites.....	57
4.1.2 – Propriedades Hidráulicas .....	61
4.1.2.1 – Execução de Testes de Bombeamento .....	61
4.1.2.2 – Interpretação dos Testes de Bombeamento .....	64
4.1.2.3 – Parâmetros Hidráulicos Obtidos .....	71

4.1.2.4 – Conclusão sobre os Resultados Obtidos .....	74
4.1.3 - Recarga e Descarga de Água Subterrânea .....	76
4.1.3.1 – Variações de Nível Estático .....	76
4.1.3.2 – Variações de Cotas Potenciométricas .....	76
4.1.4 – Escoamento e Exutórios .....	80
4.1.5 – Reservas .....	84
4.1.5.1 – Reserva Reguladora ou Recarga Potencial Direta .....	84
4.1.5.2 – Reserva Potencial Explotável Estimada .....	84
4.1.5.3 – Reserva Permanente .....	85
4.1.6 – Situação da Explotação em 2012.....	86
4.1.6.1 – Levantamento e Sistematização de Dados.....	86
4.1.6.2 – Poços Catalogados e Cadastrados .....	86
4.1.6.3 – Tratamento Estatístico dos Dados Catalogados e Cadastrados .....	86
4.1.7 – Regime de Funcionamento dos Poços .....	93
4.1.8 – Produção Global dos Poços.....	95
<b>5 - Hidrogeoquímica .....</b>	<b>98</b>
<b>5.1 – Introdução .....</b>	<b>99</b>
5.1.1 - Critérios de seleção para as amostragens.....	100
5.1.2 - Procedimentos de Coleta.....	104
5.1.3 - Métodos de Análise .....	105
5.1.4 - Balanço Iônico .....	106
5.1.5 - Índice de Troca de Bases (ITB) .....	109
5.1.6 - Razões Iônicas .....	112
5.1.7 - Índice de Langelier.....	115
5.1.8 - Correlação entre Variáveis Hidrogeoquímicas.....	116
5.1.9 - Modelagem Geoestatística .....	126
5.1.10 – Modelagem Estatística de Parâmetros Físico-Químicos com Valores Abaixo do Limite de Detecção .....	128
<b>5.2 - Interpretação dos Resultados Analíticos das Águas Subterrâneas de Rio Branco.....</b>	<b>130</b>
5.2.1 – Cor .....	130
5.2.2 – Turbidez .....	132
5.2.3 – Condutividade Elétrica (CE).....	137
5.2.4 – Temperatura.....	141
5.2.5 – Sólidos Totais Dissolvidos (STD).....	145

5.2.6 – Potencial Hidrogeniônico (pH).....	151
5.2.7 – Potencial Redox (Eh) .....	156
5.2.8 – Cátions .....	162
5.2.8.1 – Sódio.....	162
5.2.8.2 – Potássio .....	166
5.2.8.3 – Cálcio .....	170
5.2.8.4 – Magnésio .....	175
5.2.9 – Ânions .....	180
5.2.9.1 – Cloreto .....	180
5.2.9.2 – Sulfato.....	185
5.2.9.3 – Bicarbonato.....	190
5.2.10 – Dureza.....	195
5.2.11 – Compostos Nitrogenados.....	200
5.2.11.1 - Nitrato .....	201
5.2.11.2 - Nitrito .....	206
5.2.11.3 - Amônia .....	210
5.2.12 – Ferro e Manganês.....	214
5.2.12.1 – Ferro .....	215
5.2.12.2 – Manganês .....	223
5.2.13 – Metais Pesados.....	227
5.2.14 – BTEX e Fenóis .....	232
5.2.14.1 - BTEX .....	232
5.2.14.2 – Fenóis .....	234
5.2.15 – Isótopos Ambientais .....	234
5.2.15.1 – Oxigênio-18 e Deutério .....	234
5.2.15.2 – Trício.....	237
5.2.15.3 – Conclusão .....	238
5.2.16 – Parâmetros Biológicos .....	238
5.2.17 – Classificação das Águas Subterrâneas do Aquífero Rio Branco Segundo a Composição Química .....	246
5.2.17.1 – Diagrama Triangular de Piper.....	246
5.2.17.2 – Diagramas de Stiff .....	252
5.2.18 – Classificação das Águas Subterrâneas Segundo o Uso .....	263
5.2.18.1 – Diagramas de Schoeller-Berkaloff para Consumo Humano .....	263
5.2.18.2 – Diagramas de Risco de Sódio e Salinidade para Irrigação.....	266

5.2.18.3 - Pecuária .....	269
<b>5.3 – Conclusões Gerais sobre a Qualidade das Águas Subterrâneas do Aquífero Rio Branco, em Rio Branco.....</b>	<b>269</b>
<b>5.4 - Vulnerabilidade Natural do Aquífero Rio Branco.....</b>	<b>271</b>
<b>5.4.1 – Método DRASTIC.....</b>	<b>272</b>
<b>5.4.2 – Método GOD .....</b>	<b>280</b>
<b>6 – Referências Bibliográficas .....</b>	<b>287</b>
<b>7 – Anexos .....</b>	<b>295</b>
<b>7.1 – Testes de Bombeamento – Planilhas, Gráficos e Valores Obtidos de T, K, S.....</b>	<b>296</b>
7.1.1 – Dados do Poço RBR19 – Rio Branco – AC.....	297
7.1.1.1 – Planilha .....	297
7.1.1.2 – Gráficos e Parâmetros Hidráulicos Obtidos no Poço RBR19 – Rio Branco – AC, supondo o aquífero confinado (Cooper & Jacob, 1946). .....	298
7.1.1.2a – Curva de rebaixamento do poço RBR19 durante o bombeamento.....	298
7.1.1.2b - Recuperação do poço RBR19, após o bombeamento.....	298
Valores encontrados para T, K, S no ponto RBR19 – Rio Branco – AC. ....	299
7.1.1.3 – Gráficos e Parâmetros Hidráulicos Obtidos no poço RBR19 Rio Branco – AC, supondo o aquífero do tipo livre, homogêneo e anisotrópico (Neuman, 1975). .....	299
7.1.1.3a – Trecho inicial da curva de rebaixamento do poço RBR19, superposta à curva padrão Tipo A de Neuman para tempos curtos (antes da drenagem gravitacional) com $\beta=0,2$ .....	300
7.1.1.3b – Trecho da curva de rebaixamento do poço RBR19, superposto à curva padrão Tipo B de Neuman para tempos longos (com drenagem gravitacional) e $\beta=0,2$ .....	301
7.1.1.3c - Resultados encontrados no poço RBR19 supondo o aquífero do tipo livre, anisotrópico com poços totalmente penetrantes e com drenagem retardada. ....	302
7.1.2 – Dados do Poço RBR01 – Rio Branco – AC.....	303
7.1.2.1 – Planilha .....	303
7.1.2.2 – Gráficos e Parâmetros Hidráulicos Obtidos no Poço RBR01 – Rio Branco – AC, supondo o aquífero confinado (Cooper & Jacob, 1946). .....	304
7.1.2.2a - Rebaixamento do poço RBR01, pelo bombeamento.....	304
7.1.2.2b - Recuperação do poço RBR01, após o bombeamento.....	304

7.1.2.3 – Gráficos e Parâmetros Hidráulicos Obtidos no ponto RBR01 Rio Branco – AC, supondo o aquífero do tipo livre, homogêneo e anisotrópico (Neuman, 1975). .....	305
7.1.2.3a – Curva de rebaixamento do ponto RBR01, superposta à curva padrão Tipo A de Neuman (antes da drenagem retardada) com $\beta=0,2$ . .....	306
7.1.2.3b – Curva de rebaixamento do ponto RBR01, superposta à curva padrão Tipo B de Neuman (com drenagem retardada) e $\beta=0,2$ . ....	307
7.1.2.3c - Resultados encontrados no ponto RBR01 supondo o aquífero do tipo livre, anisotrópico com poços totalmente penetrantes e com drenagem retardada. ....	308
<b>7.2 – Dados dos Poços Cadastrados pela ANA-PHA e Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 em Rio Branco.....</b>	<b>309</b>
7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 506 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Rio Branco .....	310
7.2.2 – Resumo das Características Técnicas de 100 Poços Catalogados de CPRM/SIAGAS 2010 em Rio Branco, com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade .....	331
<b>7.3 – Resultados Hidrogeoquímicos das coletas de abril e outubro de 2012.....</b>	<b>338</b>
7.3.1 – Análises físico-químicas e bacteriológicas realizadas em Rio Branco durante a primeira campanha de amostragem de água de 30 poços no período chuvoso em abril de 2012. ....	339
7.3.2 - Análises físico-químicas e bacteriológicas realizadas em Rio Branco durante a segunda campanha de amostragem de água de 30 poços no período de estiagem em outubro de 2012.....	340
7.3.3 - Análises de metais pesados, BTEX, fenóis e de isótopos ambientais realizadas em Rio Branco durante a segunda campanha de amostragem de água de 30 poços no período de estiagem em outubro de 2012.....	341
<b>7.4 – Protocolo de Guia de Coleta de Amostras Bioagri Ambiental..</b>	<b>342</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 2.1</b> – Variáveis meteorológicas da Estação 82915 de Rio Branco, segundo as Normais Climatológicas de 1961-1990 (INMET, 2009)*.....	31
<b>Tabela 2.2</b> – Estação 82915 – Rio Branco: Média mensal e média anual das variáveis meteorológicas no período de 1981-2010. Dados da rede do INMET*.....	32
<b>Tabela 2.3</b> – Variação decenal da insolação mensal na Estação 82915 Rio Branco – AC, no período 1981-2010. ....	37
<b>Tabela 3.1</b> – Litologia dos poços tubulares com profundidades de 150 m a 240 m perfurados na Formação Solimões na cidade de Rio Branco – AC. ....	49
<b>Tabela 4.1</b> – Faixa de valores de condutividade hidráulica em depósitos inconsolidados de natureza análoga à do Aquífero Rio Branco em m/s e m/dia (Adaptado de Fetter, 1994).....	61
<b>Tabela 4.2</b> – Características dos poços utilizados nos testes de bombeamento realizados na cidade de Rio Branco - AC.....	62
<b>Tabela 4.3</b> – Parâmetros hidráulicos avaliados pelo método semilogarítmico de Jacob para o aquífero “confinado” Rio Branco na cidade de Rio Branco – AC. ....	72
<b>Tabela 4.4</b> – Parâmetros hidráulicos do aquífero “confinado” Rio Branco na cidade de Rio Branco – AC, segundo Melo Jr. <i>et al.</i> (2010). ....	73
<b>Tabela 4.5</b> – Parâmetros hidráulicos avaliados pelo método de Neuman (1975) para o aquífero Rio Branco na cidade de Rio Branco – AC. ....	73
<b>Tabela 4.6</b> – Parâmetros hidráulicos avaliados pelo método de Neuman (1975) para o aquífero Rio Branco na cidade de Rio Branco – AC. ....	75
<b>Tabela 4.7</b> – Variação de níveis estáticos e de cotas potenciométricas nos poços de Rio Branco no aquífero Rio Branco, no período chuvoso (abril de 2012) e no período de estiagem (outubro de 2012).....	77
<b>Tabela 4.8</b> – Recarga efetiva para o aquífero Rio Branco, em Rio Branco, em regime de exploração. ....	84
<b>Tabela 4.9</b> - Reservas do aquífero Rio Branco na zona urbana de Rio Branco. ....	85
<b>Tabela 4.10</b> - Parâmetros estatísticos dos dados de poços de Rio Branco, no aquífero Rio Branco. ....	86
<b>Tabela 4.11</b> – Frequência da profundidade dos poços tubulares constantes do SIG ANA PHA 2013 na cidade de Rio Branco - AC. ....	88
<b>Tabela 4.12</b> – Frequência dos diâmetros de revestimento dos poços tubulares constantes do SIG ANA PHA 2013 na cidade de Rio Branco - AC.....	89
<b>Tabela 4.13</b> – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços constantes do SIG ANA PHA 2013 na cidade de Rio Branco. ....	90
<b>Tabela 4.14</b> – Distribuição de frequência dos níveis dinâmicos dos poços na cidade de Rio Branco - AC.....	90
<b>Tabela 4.15</b> – Vazões de teste de poços com perfil litológico e construtivo catalogados da CPRM/SIAGAS em Rio Branco – AC. ....	91
<b>Tabela 4.16</b> – Frequências de vazão de poços cadastrados pela ANA na cidade de Rio Branco - AC.....	92



<b>Tabela 4.17</b> – Cálculo do regime médio de funcionamento dos 97 poços com regime informado na cidade de Rio Branco, no aquífero Rio Branco. ....	94
<b>Tabela 4.18</b> - Produção global estimada para Rio Branco em 2012, explorada do aquífero Rio Branco.....	95
<b>Tabela 4.19</b> - Distribuição do efetivo de poços em condições de produzir e produção global com a situação operacional informada. ....	95
<b>Tabela 4.20</b> – Tipos de reservatório de água de poços em Rio Branco - AC. ....	96
<b>Tabela 5.1</b> – Resultado do balanço iônico realizado no Qualigraf para as amostras coletadas no aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco – abril de 2012. ....	107
<b>Tabela 5.2</b> – Resultado do balanço iônico realizado no Qualigraf, para as amostras coletadas no aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco – outubro de 2012.....	108
<b>Tabela 5.3</b> – Resultado do Índice de Troca de Bases para as amostras coletadas no aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco nas duas campanhas. ....	110
<b>Tabela 5.4</b> – Parâmetros estatísticos dos resultados do Índice de Troca de Bases para as amostras coletadas no aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco nas duas campanhas. ....	112
<b>Tabela 5.5</b> – Principais razões iônicas e seus significados segundo Hem (1985).....	113
<b>Tabela 5.6</b> – Resultado das razões iônicas para as amostras coletadas no aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco nas duas campanhas. ....	114
<b>Tabela 5.7</b> – Faixas do IS segundo Snoeyink & Jenkins (1980).....	115
<b>Tabela 5.8</b> – Resultado do Índice de Saturação (IS) para as amostras coletadas no aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco nas duas campanhas. ....	116
<b>Tabela 5.9</b> – Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco – abril de 2012.....	117
<b>Tabela 5.10</b> – Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco – outubro de 2012. ....	122
<b>Tabela 5.11</b> – Parâmetros analisados, limites de detecção (LD) e valores numéricos adotados para estatística descritiva dos resultados das coletas no Aquífero Rio Branco nas duas campanhas.....	128
<b>Tabela 5.12</b> – Estatística descritiva com 100% de valores abaixo do limite de detecção da cor, substituídos por um valor numérico.....	130
<b>Tabela 5.13</b> – Distribuição de probabilidade da cor para 100% de valores abaixo do limite de detecção, substituídos por um valor numérico.....	130
<b>Tabela 5.14</b> – Estatística descritiva da cor das águas do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Cor-1) - abril de 2012 e no período seco (Cor-2) - outubro de 2012. ....	131
<b>Tabela 5.15</b> – Distribuição de probabilidade da cor no Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Cor-1) - abril de 2012 e no período seco (Cor-2) - outubro de 2012. ....	132
<b>Tabela 5.16</b> – Estatística descritiva da turbidez do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Tu-1) - abril de 2012 e no período seco (Tu-2) - outubro de 2012.....	133
<b>Tabela 5.17</b> – Distribuição de probabilidade da turbidez do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Tu-1) - abril de 2012 e no período seco (Tu-2) - outubro de 2012. ....	133
<b>Tabela 5.18</b> – Estatística descritiva da Condutividade Elétrica do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (CE-1) - abril de 2012 e no período seco (CE-2) – outubro de 2012.....	137

<b>Tabela 5.19</b> – Distribuição de probabilidade da Condutividade Elétrica do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (CE-1) - abril de 2012 e no período seco (CE-2) - outubro de 2012.....	138
<b>Tabela 5.20</b> – Estatística descritiva da Temperatura (°C) do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (T-1) - abril de 2012 e no período seco (T-2) - outubro de 2012. ...	141
<b>Tabela 5.21</b> – Distribuição de probabilidade do T(°C) do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (T-1) - abril de 2012 e no período seco (T-2) - outubro de 2012. ...	142
<b>Tabela 5.22</b> – Valores de condutividade elétrica CE (µS/cm) e sólidos totais dissolvidos SDT (mg/L) no aquífero Rio Branco em Rio Branco – AC na primeira e na segunda campanha de amostragem. ....	145
<b>Tabela 5.23</b> – Estatística descritiva dos Sólidos Dissolvidos Totais do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (STD-1) - abril de 2012 e no período seco (STD-2) - outubro de 2012.....	146
<b>Tabela 5.24</b> – Distribuição de probabilidade dos Sólidos Totais Dissolvidos do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (STD-1) - abril de 2012 e no período seco (STD-2) - outubro de 2012.....	148
<b>Tabela 5.25</b> – Estatística descritiva do pH <i>in situ</i> no período chuvoso – abril de 2012 (pH-1) e no período seco – outubro de 2012 (pH-2). ....	151
<b>Tabela 5.26</b> – Distribuição de probabilidade do pH <i>in situ</i> no período chuvoso – abril de 2012 (pH-1) e no período seco – outubro de 2012 (pH-2). ....	152
<b>Tabela 5.27</b> – Estatística descritiva do Eh no período chuvoso – abril de 2012 (Eh-1) e no período seco – outubro de 2012 (Eh-2).....	158
<b>Tabela 5.28</b> – Distribuição de probabilidade do Eh no período chuvoso – abril de 2012 (Eh-1) e no período seco – outubro de 2012 (Eh-2).....	159
<b>Tabela 5.29</b> – Estatística descritiva do Sódio do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Na-1) - abril de 2012 e no período seco (Na-2) – outubro de 2012. ....	162
<b>Tabela 5.30</b> – Distribuição de probabilidade do Sódio do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Na-1) - abril de 2012 e no período seco (Na-2) – outubro de 2012. ....	163
<b>Tabela 5.31</b> – Estatística descritiva do Potássio do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (K-1) - abril de 2012 e no período seco (K-2) – outubro de 2012. ....	166
<b>Tabela 5.32</b> – Distribuição de probabilidade do Potássio do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (K-1) - abril de 2012 e no período seco (K-2) - outubro de 2012. ....	167
<b>Tabela 5.33</b> – Estatística descritiva do Cálcio do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Ca-1) - abril de 2012 e no período seco (Ca-2) – outubro de 2012. ....	170
<b>Tabela 5.34</b> – Distribuição de probabilidade do Cálcio do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Ca-1) - abril de 2012 e no período seco (Ca-2) - outubro de 2012. ....	172
<b>Tabela 5.35</b> – Estatística descritiva do Magnésio do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Mg-1) - abril de 2012 e no período seco (Mg-2) - outubro de 2012. ....	175
<b>Tabela 5.36</b> – Distribuição de probabilidade do Magnésio do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Mg-1) - abril de 2012 e no período seco (Mg-2) - outubro de 2012. ....	176
<b>Tabela 5.37</b> – Estatística descritiva do Cloreto do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Cl-1) - abril de 2012 e no período seco (Cl-2) – outubro de 2012. ....	180

<b>Tabela 5.38</b> – Distribuição de probabilidade do Cloreto do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Cl-1) - abril de 2012 e no período seco (Cl-2) - outubro de 2012..	181
<b>Tabela 5.39</b> – Estatística descritiva do Sulfato do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (S-1) - abril de 2012 e no período seco (S-2) - outubro de 2012. ....	185
<b>Tabela 5.40</b> – Distribuição de probabilidade do Sulfato do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (S-1) - abril de 2012 e no período seco (S-2) - outubro de 2012. ....	186
<b>Tabela 5.41</b> – Estatística descritiva do Bicarbonato do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (B-1) - abril de 2012 e no período seco (B-2) – outubro de 2012. ....	190
<b>Tabela 5.42</b> – Distribuição de probabilidade do Bicarbonato do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (B-1) - abril de 2012 e no período seco (B-2) - outubro de 2012. ....	191
<b>Tabela 5.43</b> – Classificação das águas segundo a sua faixa de valor de dureza (Von Sperling, 2005). ....	195
<b>Tabela 5.44</b> – Estatística descritiva da Dureza no Aquífero Rio Branco no período chuvoso (D-1) - abril de 2012 e no período seco (D-2) - outubro de 2012. ....	195
<b>Tabela 5.45</b> – Distribuição de probabilidade da Dureza do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (D-1) - abril de 2012 e no período seco (D-2) - outubro de 2012. ....	197
<b>Tabela 5.46</b> - Valores Máximos Permitidos (VMP) de nitrato e nitrito para os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008). ....	201
<b>Tabela 5.47</b> – Estatística descritiva do Nitrato do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (N-1) - abril de 2012 e no período seco (N-2) - outubro de 2012. ....	202
<b>Tabela 5.48</b> – Distribuição de probabilidade do Nitrato do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (N-1) - abril de 2012 e no período seco (N-2) - outubro de 2012. ....	203
<b>Tabela 5.49</b> – Estatística descritiva do Nitrito do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (N-1) - abril de 2012 e no período seco (N-2) – outubro de 2012. ....	206
<b>Tabela 5.50</b> – Distribuição de probabilidade do Nitrito do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (N-1) - abril de 2012 e no período seco (N-2) – outubro de 2012. ....	207
<b>Tabela 5.51</b> – Estatística descritiva da Amônia do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (A-1) - abril de 2012 e no período seco (A-2) – outubro de 2012. ....	210
<b>Tabela 5.52</b> – Distribuição de probabilidade da Amônia do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (A-1) - abril de 2012 e no período seco (A-2) – outubro de 2012. ....	211
<b>Tabela 5.53</b> - Valores Máximos Permitidos (VMP) de ferro e manganês para os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008). ....	214
<b>Tabela 5.54</b> – Estatística descritiva do Ferro do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Fe-1) - abril de 2012 e no período seco (Fe-2) - outubro de 2012. ....	215
<b>Tabela 5.55</b> – Distribuição de probabilidade do Ferro do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Fe-1) - abril de 2012 e no período seco (Fe-2) - outubro de 2012. ....	216
<b>Tabela 5.56</b> – Estatística descritiva do Manganês no Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Mn-1) - abril de 2012 e no período seco (Mn-2) - outubro de 2012. ....	223
<b>Tabela 5.57</b> – Distribuição de probabilidade do Manganês do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Mn-1) - abril de 2012 e no período seco (Mn-2) - outubro de 2012. ....	224
<b>Tabela 5.58</b> - Valores Máximos Permitidos (VMP) de Arsênio, Bário, Cádmiio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel e Zinco, segundo a Portaria MS 2914/2011. ....	227

<b>Tabela 5.59</b> - Valores Máximos Permitidos (VMP) de Arsênio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel e Zinco para os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008).....	227
<b>Tabela 5.60</b> - Valores Máximos Permitidos (VMP) de Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos (BTEX), segundo a Portaria MS 2914/2011. ....	233
<b>Tabela 5.61</b> - Valores Máximos Permitidos (VMP) de Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos (BTEX) para os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008). ....	233
<b>Tabela 5.62</b> - Valores Máximos Permitidos (VMP) de Fenóis para os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008). ....	234
<b>Tabela 5.63</b> – Valores de deutério e oxigênio-18 dosados nas amostras coletadas em Rio Branco na segunda campanha de amostragem (outubro de 2012). ....	236
<b>Tabela 5.64</b> – Relação entre unidades de trício (U.T.) e idade das águas subterrâneas. ....	237
<b>Tabela 5.65</b> - Valores Máximos Permitidos (VMP) de microorganismos para os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008). ....	242
<b>Tabela 5.66</b> - Classificação das Águas do Aquífero Rio Branco segundo a composição química - Período Chuvoso (abril de 2012). ....	247
<b>Tabela 5.67</b> - Classificação das Águas do Aquífero Rio Branco, de acordo com a composição química - Período seco (outubro de 2012). ....	249
<b>Tabela 5.68</b> - Classificação das Águas do Aquífero Rio Branco, em Rio Branco de acordo com a predominância de íons - Período chuvoso (abril de 2012). ....	252
<b>Tabela 5.69</b> - Classificação das Águas do Aquífero Rio Branco, em Rio Branco, de acordo com a predominância de íons - Período seco (outubro de 2012).....	257
<b>Tabela 5.70</b> - Classificação das águas coletadas nas duas campanhas de amostragem de acordo com o risco de salinidade e o risco de sódio, segundo USSL.....	268
<b>Tabela 5.71</b> – Padrões de STD para uso animal, segundo McKee & Wolf (1963). ...	269
<b>Tabela 5.72</b> – Ponderação dos parâmetros do método DRASTIC (Aller <i>et al.</i> 1987)	272
<b>Tabela 5.73</b> – Parâmetros classificados por faixa de variação numérica (D,R,T,C)..	273
<b>Tabela 5.74</b> – Parâmetros classificados por tipo de solo ou tipo de rocha (A, S, I)..	274
<b>Tabela 5.75</b> – Índice DRASTIC (128 a 143) indicativo de vulnerabilidade moderada do aquífero Rio Branco no período chuvoso de abril de 2012 e de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC. ....	277
<b>Tabela 5.76</b> – Valores para o parâmetro G do índice GOD (Foster, 1987). ....	281
<b>Tabela 5.77</b> – Valores para o parâmetro O do índice GOD (Foster, 1987). ....	281
<b>Tabela 5.78</b> – Valores para o parâmetro D do índice GOD (Foster, 1987).....	281
<b>Tabela 5.79</b> – Índices GOD e classes de vulnerabilidade.....	282
<b>Tabela 5.80</b> - Parâmetros para avaliação do Índice de Vulnerabilidade do aquífero Rio Branco em Rio Branco (método GOD). ....	283

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> – Localização da área de estudo no município de Rio Branco.....	29
<b>Figura 2.1</b> – Variáveis meteorológicas condicionantes do clima em Rio Branco (Estação 82915) segundo as Normais Climatológicas 1961-1990 (INMET, 2009). ....	33
<b>Figura 2.2</b> – Variáveis meteorológicas condicionantes do clima na Estação Meteorológica 82915 – Rio Branco - AC, no período de 1981-2010. Fonte: Dados da base do INMET.....	34
<b>Figura 2.3</b> – Ilustração da tendência de aumento decenal da insolação mensal na Estação 82915 de Rio Branco. ....	36
<b>Figura 2.4</b> - Distribuição do relevo da Formação Rio Branco na área de estudo, de acordo com o modelo digital do terreno (MDT) da folha de 15 minutos da cidade de Rio Branco – AC. ....	38
<b>Figura 2.5</b> – Hidrografia da folha de 15 minutos da região de Rio Branco - AC.....	40
<b>Figura 2.6</b> – Mapa de solos da região de Rio Branco - AC. ....	42
<b>Figura 2.7</b> – Mapa de vegetação da região de Rio Branco - AC. ....	44
<b>Figura 3.1</b> – Localização dos 3 (três) poços tubulares profundos perfurados na área de estudo em Rio Branco – AC na Formação Solimões. ....	50
<b>Figura 3.2</b> – Perfis litológicos e construtivos de 3 (três) poços tubulares com profundidades de 178 m, 150 m e 240 m, respectivamente, perfurados na área de estudo na Formação Solimões. ....	52
<b>Figura 3.3</b> – Seção geológica esquemática transversal ao vale do rio Acre na área de estudo, interpretada a partir do perfil topográfico e de dados de sondagens a trado realizadas na zona urbana de Rio Branco – AC, por Melo Jr. & Marmos (2006).....	53
<b>Figura 3.4</b> – Mapa geológico da folha de 15 minutos e da área de estudo com localização de seção topográfica transversal ao vale do Rio Acre na zona urbana de Rio Branco – AC. ....	54
<b>Figura 4.1</b> – Diagrama de cerca do pacote aluvial da planície do rio Acre mostrando o aquífero Rio Branco limitado no topo por argila siltosa e na base por argilitos da Formação Solimões na área de estudo no 2º Distrito da cidade de Rio Branco – AC. ....	58
<b>Figura 4.2</b> – Bloco 3D do modelo litoestratigráfico do pacote aluvial da planície do rio Acre mostrando o aquífero Rio Branco limitado no topo por argila siltosa e na base por argilitos da Formação Solimões na área de estudo no 2º Distrito da cidade de Rio Branco – AC. ....	59
<b>Figura 4.3</b> – Interdigitações no Aquífero Rio Branco, que podem explicar a falta de conexão direta do mesmo com o rio Acre, embora ela exista no recobrimento argilo-siltico.....	60
<b>Figura 4.4</b> – Localização dos pontos indicados pela CTAF (pontos verdes) para os testes de bombeamento em Rio Branco e localização dos pontos efetivamente testados (pontos vermelhos) pelos motivos descritos. ....	63
<b>Figura 4.5</b> – Curvas de rebaixamento x tempo e Vazão x tempo no teste do poço RBR19 realizado no aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco – AC. ....	64
<b>Figura 4.6</b> – Ilustração gráfica da aproximação logarítmica da função W(u) (Cooper & Jacob, 1946). ....	65

<b>Figura 4.7a</b> – Família de curvas padrão Tipo A de Neuman (1975) para tempos curtos, mostrando, com o exemplo do teste do ponto RBR01 ajustado na curva $\beta = 0,2$ , que o rebaixamento não estabiliza, mas se desvia para tempos longos (quando cessa o efeito da drenagem gravitacional) e tende para a curva de Theis.....	70
<b>Figura 4.7b</b> – Família de curvas padrão Tipo B de Neuman (1975) para tempos longos, mostrando, (com o exemplo do teste do ponto RBR01 ajustado na curva $\beta = 0,2$ ), que o rebaixamento não estabiliza, mas se desvia para tempos longos (quando cessa o efeito da drenagem gravitacional) e tende para a curva de Theis. ....	71
<b>Figura 4.8a</b> – Profundidade do nível estático das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco em abril de 2012 na cidade de Rio Branco – AC. ....	78
<b>Figura 4.8b</b> – Profundidade do nível estático das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco em outubro de 2012 na cidade de Rio Branco – AC.....	79
<b>Figura 4.9a</b> – Mapa hidrogeológico com potenciometria das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco em abril de 2012, na cidade de Rio Branco – AC.....	82
<b>Figura 4.9b</b> – Mapa hidrogeológico com potenciometria das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco em outubro de 2012, na cidade de Rio Branco – AC. ....	83
<b>Figura 4.10</b> – Distribuição espacial dos poços cadastrados pela ANA no projeto PHA e catalogados da CPRM-SIAGAS/CPRM na folha de 15 minutos e na área de estudo na cidade de Rio Branco – AC. ....	87
<b>Figura 4.11</b> – Frequências das classes de profundidade dos poços na cidade de Rio Branco - AC. ....	88
<b>Figura 4.12</b> – Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços na cidade de Rio Branco - AC. ....	89
<b>Figura 4.13</b> – Frequências das classes de profundidade do nível estático dos poços na cidade de Rio Branco - AC. ....	90
<b>Figura 4.14</b> – Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços na cidade de Rio Branco - AC.....	91
<b>Figura 4.15</b> – Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados pela ANA na cidade de Rio Branco - AC. ....	92
<b>Figura 4.16</b> – Distribuição espacial da vazão dos poços cadastrados e catalogados na região de Rio Branco – AC.....	97
<b>Figura 5.1</b> – Localização dos pontos de amostragem das análises físico-químicas e bacteriológicas no aquífero Rio Branco na cidade de Rio Branco. ....	101
<b>Figura 5.2</b> – Localização dos pontos de amostragem das análises de metais pesados e BTEX fenóis no aquífero Rio Branco na cidade de Rio Branco. ....	102
<b>Figura 5.3</b> – Localização dos pontos de amostragem das análises de isótopos ambientais no aquífero Rio Branco na cidade de Rio Branco.....	103
<b>Figura 5.4</b> – Equações utilizadas no <i>software</i> Qualigraf para estimativa do erro prático no balanço iônico, segundo as metodologias de Custódio & Llamas (1983) e Logan (1965). ....	106
<b>Figura 5.5</b> – Resultados de ITB calculados para as amostras coletadas no Aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, no período chuvoso, com ilustração das predominâncias de ânions e de cátions. ....	111

<b>Figura 5.6</b> – Resultados de ITB calculados para as amostras coletadas no Aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, no período de estiagem, com ilustração das predominâncias de ânions e de cátions. ....	111
<b>Figura 5.7</b> – Histogramas de frequência e curvas lognormais ajustadas de distribuição de probabilidade da Cor no Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	131
<b>Figura 5.8</b> – Histogramas de frequência e curvas normais ajustadas de distribuição de probabilidade da Turbidez do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	133
<b>Figura 5.9a</b> – Distribuição pontual dos valores de turbidez (uT) da água dos poços monitorados no Aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.....	135
<b>Figura 5.9b</b> – Distribuição pontual da turbidez (uT) da água dos poços do Aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC..	136
<b>Figura 5.10</b> – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade da Condutividade Elétrica do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	138
<b>Figura 5.11a</b> – Zoneamento da Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.....	139
<b>Figura 5.11b</b> – Zoneamento da Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.....	140
<b>Figura 5.12</b> – Histogramas de frequência e curvas normais de distribuição de probabilidade da Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	141
<b>Figura 5.13a</b> – Zoneamento da Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.....	143
<b>Figura 5.13b</b> – Zoneamento da Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.....	144
<b>Figura 5.14</b> – Relações entre a condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos no aquífero Rio Branco em Rio Branco – AC, no período chuvoso (abril de 2012) e no período seco (outubro de 2012). ....	146
<b>Figura 5.15</b> – Histogramas de frequência modelados por funções lognormais de distribuição de probabilidade dos Sólidos Totais Dissolvidos do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012. ....	147
<b>Figura 5.16a</b> – Zoneamento de STD (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.....	149
<b>Figura 5.16b</b> – Zoneamento de STD (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC..	150
<b>Figura 5.17</b> – Histogramas de frequência e curvas normais de distribuição de probabilidade do pH <i>in situ</i> do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	152
<b>Figura 5.18a</b> – Zoneamento do pH <i>in situ</i> das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.....	154

<b>Figura 5.18b</b> – Zoneamento do pH <i>in situ</i> das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC..	155
<b>Figura 5.19</b> – Diagrama pH versus Eh (mV), de amostras de águas subterrâneas dos poços monitorados no aquífero Rio Branco em Rio Branco - AC (temperatura <i>in situ</i> variou de 26 a 34°C) nas duas campanhas de amostragem.....	157
<b>Figura 5.20</b> – Histogramas de frequência e curvas normais de distribuição de probabilidade do Eh do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	158
<b>Figura 5.21a</b> – Zoneamento do Eh (mV) das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC. ....	160
<b>Figura 5.21b</b> – Zoneamento do Eh (mV) das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC..	161
<b>Figura 5.22</b> – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Sódio do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	163
<b>Figura 5.23a</b> – Zoneamento de Sódio (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC. ....	164
<b>Figura 5.23b</b> – Zoneamento de Sódio (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC..	165
<b>Figura 5.24</b> – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Potássio do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	167
<b>Figura 5.25a</b> – Zoneamento de Potássio (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.....	168
<b>Figura 5.25b</b> – Zoneamento de Potássio (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC. ....	169
<b>Figura 5.26</b> – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade do Cálcio do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	171
<b>Figura 5.27a</b> – Zoneamento do Cálcio (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC. ....	173
<b>Figura 5.27b</b> – Zoneamento do Cálcio (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC..	174
<b>Figura 5.28</b> – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Magnésio do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	176
<b>Figura 5.29a</b> – Zoneamento de Magnésio (mg/L) das águas subterrâneas do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.....	178
<b>Figura 5.29b</b> – Zoneamento de Magnésio (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC. ....	179
<b>Figura 5.30</b> – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade do Cloreto do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	181



<b>Figura 5.31a</b> – Zoneamento de Cloreto (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.....	183
<b>Figura 5.31b</b> – Zoneamento de Cloreto (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC. .....	184
<b>Figura 5.32</b> – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade do Sulfato no Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	186
<b>Figura 5.33a</b> – Zoneamento de Sulfato (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC. ....	188
<b>Figura 5.33b</b> – Zoneamento de Sulfato (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC. .....	189
<b>Figura 5.34</b> – Histogramas de frequência do Bicarbonato do Aquífero Rio Branco sem ajuste de distribuição de probabilidade <i>lognormal</i> .....	191
<b>Figura 5.35a</b> – Zoneamento de Bicarbonato (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco - AC.....	193
<b>Figura 5.35b</b> – Zoneamento de Bicarbonato (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco - AC.....	194
<b>Figura 5.36</b> – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade da Dureza do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	197
<b>Figura 5.37a</b> – Zoneamento da Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> ) das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.....	198
<b>Figura 5.37b</b> – Zoneamento da Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> ) das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC. ....	199
<b>Figura 5.38</b> – Histogramas de frequência modelados por lei lognormal de distribuição de probabilidade do Nitrato do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	202
<b>Figura 5.39a</b> – Zoneamento de Nitrato (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC. ....	204
<b>Figura 5.39b</b> – Zoneamento de Nitrato (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC..	205
<b>Figura 5.40</b> – Histograma de frequência modelados por lei lognormal de distribuição de probabilidade do Nitrito do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e gráfico no período seco – outubro de 2012.....	207
<b>Figura 5.41a</b> – Zoneamento de Nitrito (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC. ....	208
<b>Figura 5.41b</b> – Zoneamento de Nitrito (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC..	209
<b>Figura 5.42</b> – Histogramas de frequência modelados por lei lognormal de distribuição de probabilidade da Amônia do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	210

<b>Figura 5.43a</b> – Zoneamento da Amônia (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.....	212
<b>Figura 5.43b</b> – Zoneamento da Amônia (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC. .....	213
<b>Figura 5.44</b> – Histogramas de frequência modelados pela função lognormal de distribuição de probabilidade de ocorrência de Ferro no Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012. ....	216
<b>Figura 5.45</b> – Diagrama pH-Eh ilustrando a solubilidade do ferro em relação a pH, em 3 (três) zonas, para $C_{T,S} = 10^4 M$ ; $C_{T,CO_3} = 10^{-3} M$ , segundo Hem (1960). Adaptado de Snoeyink & Jenkins (1980). ....	218
<b>Figura 5.46a</b> – Zoneamento de Ferro (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC. ....	221
<b>Figura 5.46b</b> – Zoneamento de Ferro (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco - AC. .	222
<b>Figura 5.47</b> – Histogramas de frequência modelados pela lei lognormal de distribuição de probabilidade do Manganês no Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012. ....	224
<b>Figura 5.48a</b> – Zoneamento de Manganês (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco - AC.....	225
<b>Figura 5.48b</b> – Zoneamento de Manganês (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco - AC. .....	226
<b>Figura 5.49</b> – Diagrama mostrando relação de oxigênio 18 e deutério no aquífero Rio Branco. ....	236
<b>Figura 5.50</b> – Idade qualitativa da recarga do aquífero Rio Branco em Rio Branco, segundo os dados de trício de 7 (sete) amostras coletadas. ....	238
<b>Figura 5.51a</b> – Distribuição dos poços com presença /ausência de coliformes totais no aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco - AC.....	240
<b>Figura 5.51b</b> – Distribuição dos poços com presença /ausência de coliformes totais no aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco - AC. ....	241
<b>Figura 5.52a</b> – Distribuição dos poços com presença /ausência de <i>E. coli</i> no aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco - AC.....	244
<b>Figura 5.52b</b> – Distribuição dos poços com presença /ausência de <i>E. coli</i> no aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco - AC. .....	245
<b>Figura 5.53</b> – Classificação das águas do aquífero Rio Branco, em Rio Branco, coletadas no período chuvoso (abril de 2012) segundo o diagrama Triangular de Piper. .....	246
<b>Figura 5.54</b> - Classificação das águas do Aquífero Rio Branco, em Rio Branco, segundo a composição química - Período chuvoso (abril de 2012). ....	248
<b>Figura 5.55</b> – Classificação das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, em Rio Branco, através do Diagrama de Piper, com base em amostras de água coletadas em outubro de 2012.....	249

<b>Figura 5.56</b> - Classificação das águas do Aquífero Rio Branco, em Rio Branco, segundo a composição química - Período seco (outubro de 2012). .....	251
<b>Figura 5.57a</b> – Águas cloretadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas em abril de 2012 no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC.....	252
<b>Figura 5.57b</b> – Águas bicarbonatadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas em abril de 2012 no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC. ....	255
<b>Figura 5.57c</b> – Águas cloretadas magnesianas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas em abril de 2012 no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC. ....	256
<b>Figura 5.57d</b> – Água sulfatada sódica classificada segundo o Diagrama de Stiff, com base em amostra de água coletada em abril de 2012 no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC. ....	256
<b>Figura 5.57e</b> – Água sulfatada cálcica classificada segundo o Diagrama de Stiff, com base em amostra de água coletada em abril de 2012 no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC. ....	256
<b>Figura 5.57f</b> – Água mista sódica classificada segundo o Diagrama de Stiff, com base em amostra de água coletada em abril de 2012 no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC. ....	257
<b>Figura 5.58a</b> – Águas cloretadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas no período de estiagem em outubro de 2012 no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC.....	258
<b>Figura 5.58b</b> – Águas bicarbonatadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas no período de estiagem em outubro de 2012 no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC.....	261
<b>Figura 5.58c</b> – Águas sulfatadas cálcicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletada no período de estiagem, em outubro de 2012, no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC.....	261
<b>Figura 5.58d</b> – Água sulfatada magnesiana classificada segundo o Diagrama de Stiff, com base em amostra de água coletada no período de estiagem em outubro de 2012 no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC.....	262
<b>Figura 5.58e</b> – Água sulfatada sódica classificada segundo o Diagrama de Stiff, com base em amostra de água coletada no período de estiagem em outubro de 2012 no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC.....	262
<b>Figura 5.59</b> – Classificação das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, em Rio Branco, no período chuvoso, segundo o Diagrama de Schoeller-Berkaloff. ....	264
<b>Figura 5.60</b> – Classificação das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, em Rio Branco, no período de estiagem, segundo o Diagrama de Schoeller-Berkaloff.....	265
<b>Figura 5.61</b> – Classificação das águas do Aquífero Rio Branco, em Rio Branco, para fins de irrigação – Abril de 2012. ....	266
<b>Figura 5.62</b> – Classificação das águas do Aquífero Rio Branco, em Rio Branco, para fins de irrigação – Outubro de 2012. ....	267
<b>Figura 5.63a</b> – Zoneamento da vulnerabilidade do aquífero Rio Branco na zona urbana de Rio Branco, na coleta de abril de 2012 – Método DRASTIC.....	278
<b>Figura 5.63b</b> – Zoneamento da vulnerabilidade do aquífero Rio Branco na zona urbana de Rio Branco, na coleta de outubro de 2012 – Método DRASTIC. ....	279

<b>Figura 5.64</b> – Sistema GOD para avaliação da vulnerabilidade do aquífero à contaminação (Foster & Hirata, 1988).....	280
<b>Figura 5.65a</b> – Zoneamento da vulnerabilidade do aquífero Rio Branco na zona urbana de Rio Branco, na coleta de abril de 2012 - Método GOD. ....	284
<b>Figura 5.65b</b> – Zoneamento da vulnerabilidade do aquífero Rio Branco na cidade de Rio Branco, na coleta de outubro de 2012 - Método GOD. ....	285

## ÍNDICE DE FOTOS

<b>Foto 2.1</b> – Canal da Maternidade no centro de Rio Branco.....	39
<b>Foto 3.1</b> – Litoestratigrafia do Aquífero Rio Branco. Compilado de Melo Jr. & Marmos (2006). .....	55
<b>Foto 5.1</b> – Kit's de coletas usados em campo para as amostragens de água do aquífero Rio Branco, nas duas campanhas, na cidade de Rio Branco - AC. ....	104
<b>Foto 5.2</b> - Lavoura na área onde se localiza o poço RBR14 na zona rural de Rio Branco - AC. ....	171
<b>Foto 5.3</b> - Culturas na área onde se localiza o poço RBR01 em Rio Branco - AC. ....	196
<b>Foto 5.4</b> – Poço RBR19 em área próxima ao Corpo de Bombeiros, onde é comum a utilização de tintas a base de metais para manutenção da sinalização dos veículos.	231

# **1 – Introdução**

## 1.1 - Objetivo do Estudo

Em atendimento aos **itens 6.4.3.7 e 6.4.3.8** dos Termos de Referência (TDRs), o objetivo do estudo é a descrição dos aspectos fisiográficos, geológicos, hidrogeológicos, hidrogeoquímicos e da vulnerabilidade natural do aquífero Rio Branco da cidade piloto de Rio Branco - AC, visando, sobretudo à avaliação quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos subterrâneos. Por último, mas não menos importante, procura-se fornecer informações que possam ser úteis à proposta de projeto para proteção ambiental e gestão sustentável das águas subterrâneas na região amazônica, que deverá acompanhar o relatório final.

## 1.2 - Metodologia

O estudo realizado envolveu três etapas distintas, a saber:

- Levantamento e análise da bibliografia existente;
- Serviços de campo, com inventário de 30 (trinta) poços, nos quais foi realizado um monitoramento quali-quantitativo constando de coleta de água para análises e medições de níveis d'água. Esse levantamento foi levado a efeito em duas campanhas. Na primeira, em abril de 2012, correspondente ao período chuvoso, foram feitas medições de nível de água e coletas de amostras de água para análises físico-químicas e microbiológicas (**anexo 7.3.1**). Na segunda, em outubro de 2012, durante o período de estiagem, foram feitas medições de nível de água e além das coletas de água para análises físico-químicas e microbiológicas, nos 30 (trinta) poços (**anexo 7.3.2**), foram coletadas amostras de água para análises específicas (**anexo 7.3.3**) de metais pesados, BTEX e Fenóis em 10 (dez) poços; para análises isotópicas de trítio, em 7 (sete) poços; para análises de oxigênio 18 e deutério, em 4 (quatro) poços. Ademais foram realizados ensaios de bombeamento em 2 (dois) poços tubulares rasos existentes no aquífero Rio Branco (RBR19 e RBR01), ambos com profundidade de 11 m e bombeados, respectivamente, com vazões de 1,5 m<sup>3</sup>/h e 1,3 m<sup>3</sup>/h.
- Interpretação dos resultados das análises de água, bem como dos dados existentes e levantados no campo, com avaliação quantitativa e qualitativa das águas do aquífero Rio Branco.

## 1.3 – Localização e Dimensões da Área de Estudo

A cidade de Rio Branco, capital do estado do Acre, nasceu e se desenvolveu na margem esquerda do Rio Acre. A expansão urbana, entretanto, estendeu-se à margem direita onde, hoje, existem, a par de áreas rurais, vários bairros residenciais. Essa área da margem direita passou a chamar-se de Distrito II, pelo que a área principal, na margem esquerda e onde se situa o centro de Rio Branco, passou a ser chamada de Distrito I. As coordenadas do centro de Rio Branco (Hotel Terra Verde) são 09° 58' 28" S e 67° 48' 20" W.

Segundo o censo demográfico, a cidade de Rio Branco possuía até agosto de 2011 uma população de aproximadamente 348.354 habitantes numa área de 44,90 km<sup>2</sup> (IBGE, 2010). Essa população se distribui em mais de 180 bairros, a maioria deles periféricos, com precárias condições de saneamento ambiental.

Os dados acima classificam Rio Branco como a sexta maior cidade da Região Norte e a 66<sup>a</sup> maior do Brasil.

A cidade é servida regularmente por voos diários da TAM, da Gol e da TRIP. A principal rodovia é a BR-364 que, para leste liga Rio Branco ao estado de Rondônia e ao restante do país, e, para oeste, corta todo o Acre, levando a Cruzeiro do Sul, segundo principal município do estado.

A **figura 1.1** mostra as dimensões e a posição da área estudada, no município de Rio Branco.

A área de estudo com aproximadamente 750 km<sup>2</sup>, está representada na folha de 15 minutos da região envolvente da cidade de Rio Branco, entre as coordenadas geográficas de 67°42' e 67°57' de longitude oeste e de 9°50' e 10°05' de latitude sul. O foco dos estudos, conforme previsto nos TDRs, foi a zona urbana cobrindo uma superfície de 145 km<sup>2</sup>. Todavia, os trabalhos de cadastramento de poços, de monitoramento de níveis de água, de testes de bombeamento e de coleta de amostras de água para os estudos hidrogeoquímicos, se desenvolveram essencialmente no aquífero Rio Branco, que ocupa 78 km<sup>2</sup> a sudeste do rio Acre (Distrito II). A porção a noroeste do rio Acre (Distrito I), com 67 km<sup>2</sup> fica no domínio da Formação Solimões, que não é uma formação aquífera, como se verá adiante.



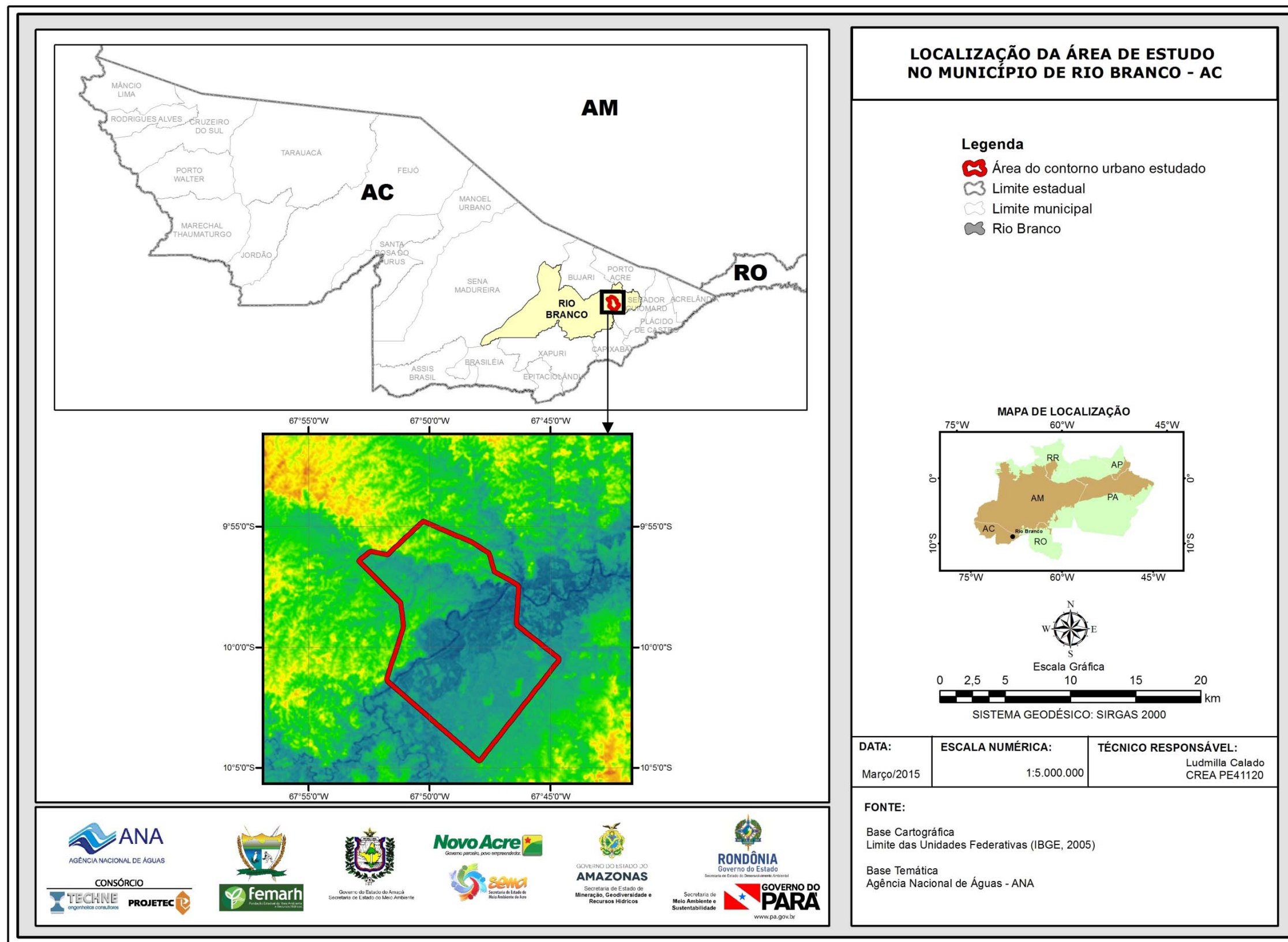


Figura 1.1 – Localização da área de estudo no município de Rio Branco.

## **2 - Fisiografia**

## 2.1 – Elementos e Fatores do Clima

Temperatura, ventos, umidade relativa e insolação, constituem, juntamente com as precipitações, os principais elementos e fatores condicionantes do clima de uma região. Por padrão da Organização Meteorológica Mundial (OMM) as caracterizações climáticas devem ser caracterizadas com base em “normais climatológicas” de 30 anos.

Para a cidade de Rio Branco, segundo as Normais Climatológicas 1961-1990 (INMET, 2009), os valores dessas variáveis meteorológicas principais são apresentados na **tabela 2.1**. Além disso, sobretudo para a inclusão de valores de evapotranspiração potencial e evapotranspiração real que não constam das normais de 1961-1990, são também apresentados (**tabela 2.2**), dados dos 30 anos mais recentes do período de 1981-2010, levantados da rede do INMET, para a Estação 82915 Rio Branco, situada no ponto de coordenadas decimais -67,8°; de longitude oeste, -9,96° de latitude sul e altitude de 160 m.

### 2.1.1 - Clima

O clima dominante no município de Rio Branco segundo a classificação de Köppen é do tipo Am tropical monçônico megatérmico, com temperatura média do mês mais frio superior a 18°C (**tabela 2.1**).

**Tabela 2.1** – Variáveis meteorológicas da Estação 82915 de Rio Branco, segundo as Normais Climatológicas de 1961-1990 (INMET, 2009)\*.

Mês	Natureza do Vento	Velocidade do Vento (m/s)	Insolação (horas)	Precipitação		Temperatura do Ar (°C)			Umidade Relativa (%)
				Número de dias	Lâmina (mm)	Média	Min	Max	
JAN	Calmo	0,9	96,0	20	289,0	25,3	21,3	30,9	87
FEV	Calmo	0,9	85,7	18	284,8	25,2	21,2	30,9	87
MAR	Calmo	1,0	118,1	18	230,2	25,4	21,2	31,3	87
ABR	Calmo	0,9	124,3	14	190,3	25,2	20,8	31,1	87
MAI	Calmo	0,9	147,2	8	93,2	24,4	19,4	30,6	86
JUN	Calmo	1,0	170,5	4	31,6	23,3	17,6	30,3	83
JUL	Calmo	1,1	215,0	3	43,7	23,2	16,5	31,3	79
AGO	Calmo	1,1	185,5	4	38,4	24,2	17,4	32,6	77
SET	Calmo	1,2	154,5	7	89,6	25,2	19,1	32,8	78
OUT	Calmo	1,1	146,6	12	170,8	25,7	20,6	32,6	82
NOV	Calmo	1,1	141,9	15	221,2	25,6	21,2	31,9	85
DEZ	Calmo	1,0	115,4	17	264,7	25,4	21,3	31,2	87
<b>ANO</b>	<b>Calmo</b>	<b>1,0</b>	<b>1.700,7</b>	<b>140</b>	<b>1.947,5</b>	<b>24,8</b>	<b>19,8</b>	<b>31,5</b>	<b>83,8</b>

\*Todos os valores nessa tabela, tanto mensais quanto anuais, são valores médios, ou seja, normais. Os totais anuais, ou médias anuais, de insolação, número de dias de chuva e de precipitação são iguais à soma das médias mensais.

**Tabela 2.2** – Estação 82915 – Rio Branco: Média mensal e média anual das variáveis meteorológicas no período de 1981-2010. Dados da rede do INMET\*.

Mês	Direção do Vento (graus)	Velocidade do Vento (m/s)	Evapotranspiração BH		Insolação (horas)	Precipitação		Temperatura do Ar (°C)	Umidade Relativa (%)
			Potencial (mm)	Real (mm)		Número de dias	Lâmina (mm)		
JAN	1,7	1,1	118,6	107,3	136,9	21	285,6	25,7	88,5
FEV	0	1,0	119,0	104,4	117,7	19	291,8	25,5	88,7
MAR	0	1,0	119,1	108,2	128,7	20	266,8	25,7	88,6
ABR	0	1,0	119,3	108,1	118,5	16	201,5	25,4	88,4
MAI	0,9	1,0	119,0	107,8	103,3	10	89,0	24,5	87,2
JUN	0	1,0	118,7	106,9	92,8	4	31,8	23,5	85,6
JUL	0	1,0	118,1	105,2	95,0	4	33,2	23,3	81,1
AGO	0	1,0	117,9	104,1	108,8	5	56,9	24,6	77,9
SET	0,9	1,1	118,2	102,8	128,5	7	84,1	25,6	78,6
OUT	0	1,2	118,5	103,4	141,3	12	148,2	26,1	82,5
NOV	1,6	1,2	118,7	103,9	135,4	16	201,1	25,9	85,9
DEZ	3,6	1,2	119,0	104,4	133,0	20	258,6	25,8	88,2
<b>ANO</b>	<b>0,7</b>	<b>1,1</b>	<b>1.424,0</b>	<b>1.266,5</b>	<b>1.440,1</b>	<b>155</b>	<b>1.948,7</b>	<b>25,1</b>	<b>85,1</b>

\*Todos os valores nessa tabela, tanto mensais quanto anuais, são valores médios, ou seja, normais. Os totais anuais, ou médias anuais, de insolação, número de dias de chuva e de precipitação são iguais à soma das médias mensais.

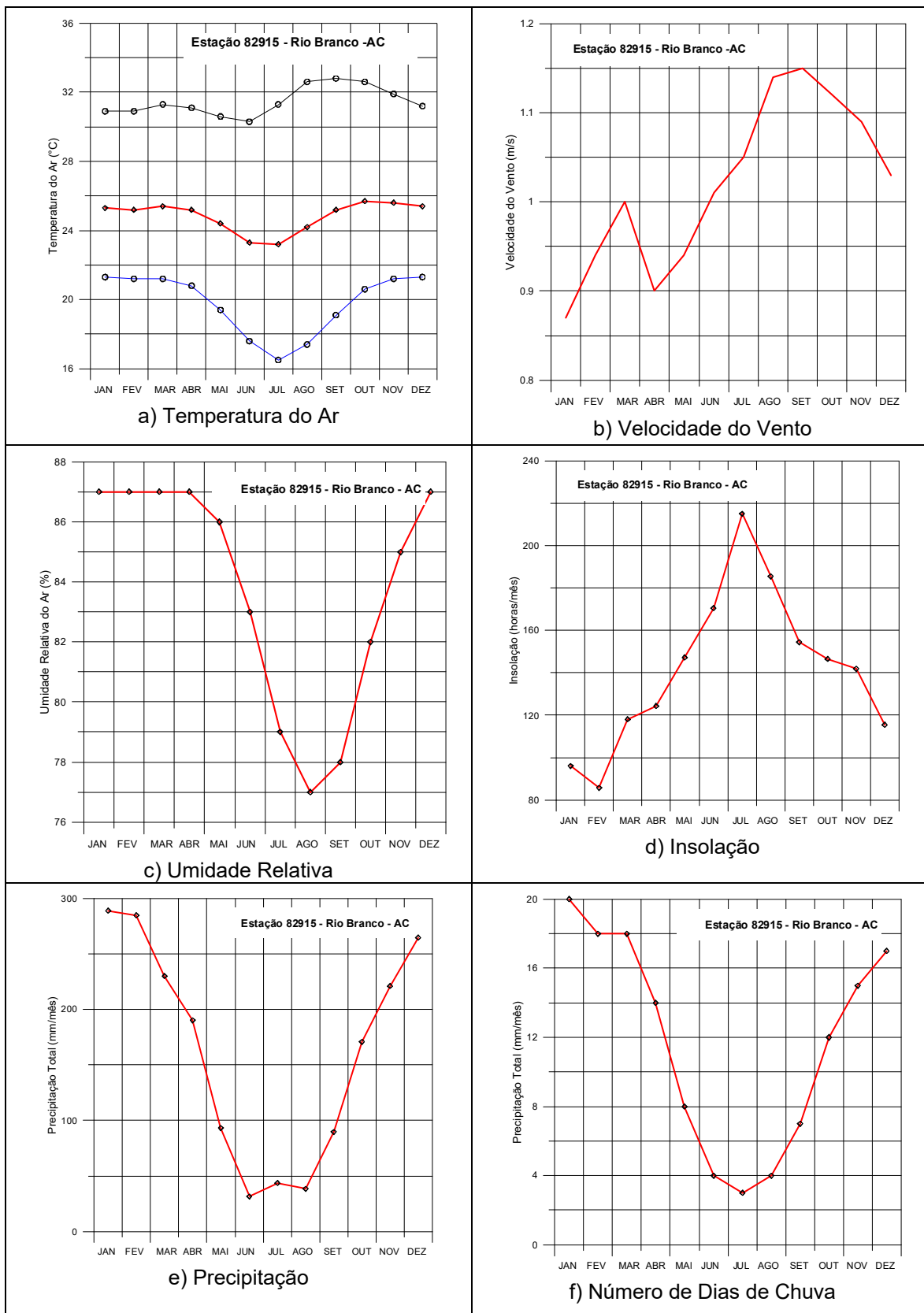
### 2.1.2 – Temperatura

Segundo as Normais Climatológicas de 1961-1990, as temperaturas médias mensais em Rio Branco ficaram compreendidas entre 23,2°C e 25,7°C com uma média anual de 24,8°C (**tabela 2.1**). Nos 30 anos mais recentes (**tabela 2.2**) as médias mensais variaram de 23,3°C a 26,1°C e a média anual foi de 25,1°C, indicando um aumento local de 0,3°C, consistente com a hipótese de *aquecimento global*, ainda questionada por boa parte da comunidade científica.

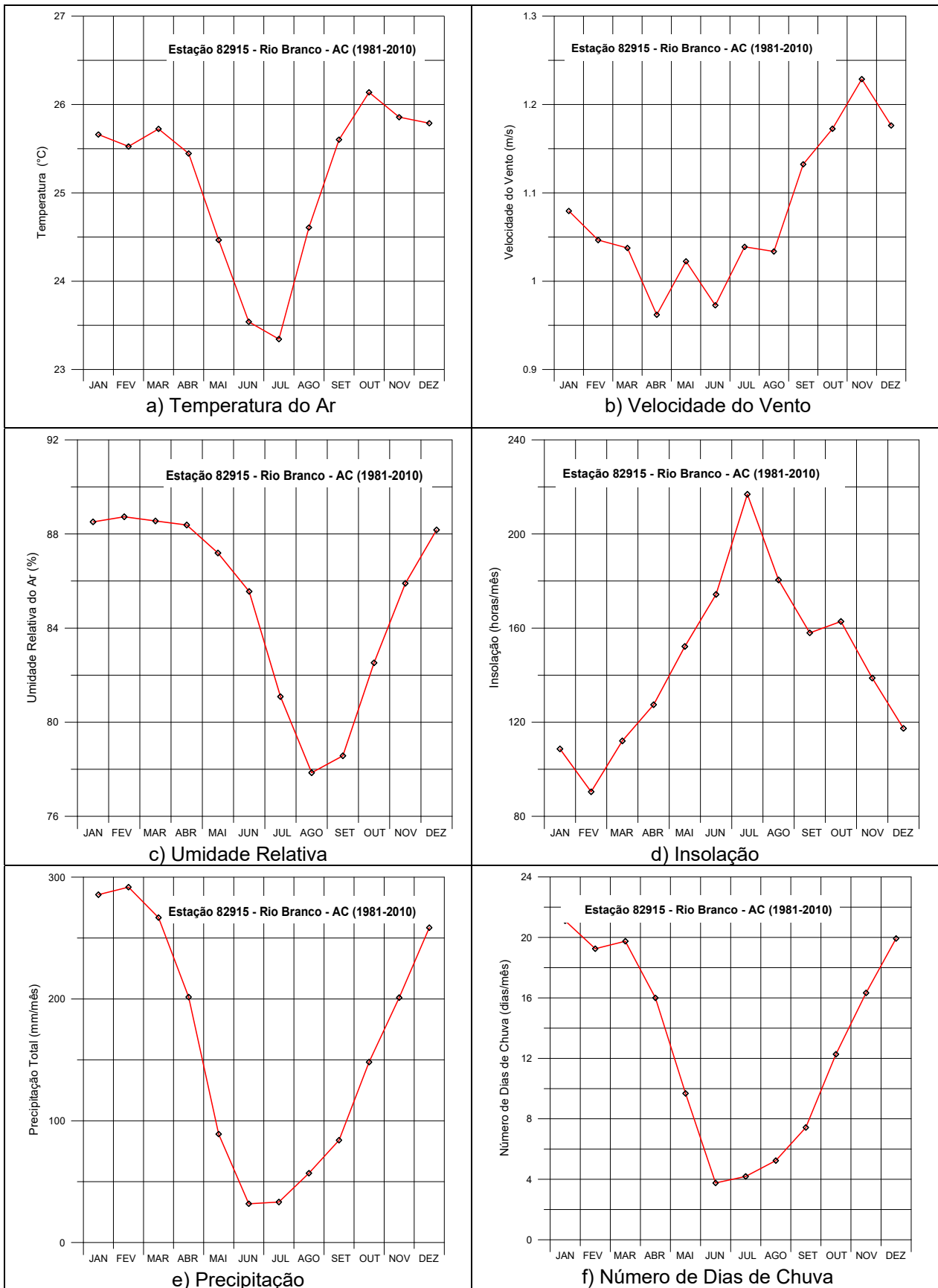
A variação das normais de 1961-1990 das temperaturas mínima, média e máxima em Rio Branco é ilustrada na **figura 2.1a**. Para o período de 1981-2010 dispõe-se apenas das temperaturas médias (**figura 2.2a**) cuja variação mensal apresenta o mesmo comportamento das normais das temperaturas médias, tendo junho-julho como os meses mais frios e setembro- outubro como os meses mais quentes do ano.

### 2.1.3 – Ventos

Em Rio Branco, no período de 1961-1990 (**tabela 2.1**) o vento é indicado apenas como “calmo”, sem especificar a direção. A velocidade média varia de 0,9 m/s em maio, a 1,2 m/s em setembro, registrando uma média anual de 1,0 m/s. No período de 1981 a 2010 (**tabela 2.2**) o comportamento dos ventos em Rio Branco foi ligeiramente superior ao dos 30 anos anteriores, apresentando um máximo de 1,2 m/s nos meses de estiagem (outubro-novembro-dezembro) e variando no restante do ano em intensidade de 1,0 m/s a 1,1 m/s, com média anual de 1,1 m/s. Em Rio Branco a intensidade média dos ventos segundo as normais de 1961-1990 gira em torno de 1 m/s (**figura 2.1b**). Nos 30 anos posteriores a 1981, a média se apresentou apenas 10% maior, ou seja, em torno de 1,1 m/s (**figura 2.2b**).



**Figura 2.1 – Variáveis meteorológicas condicionantes do clima em Rio Branco (Estação 82915) segundo as Normais Climatológicas 1961-1990 (INMET, 2009).**



**Figura 2.2** – Variáveis meteorológicas condicionantes do clima na Estação Meteorológica 82915 – Rio Branco - AC, no período de 1981-2010. Fonte: Dados da base do INMET.

#### **2.1.4 – Umidade Relativa**

Segundo as normais climatológicas de 1961-1990 a umidade relativa do ar em Rio Branco (**tabela 2.1**) cresce regularmente de 77% no mês de agosto até 87% em dezembro, permanecendo nesse patamar até o mês de abril, quando termina o período chuvoso. Nos meses seguintes a umidade relativa média decresce novamente até 77% em agosto. No período de 1981-2010, um comportamento semelhante ao das normais foi observado crescendo regularmente de 78% em agosto a 88% em dezembro. Mantém-se, portanto, o mesmo padrão de distribuição mensal da umidade relativa do ar nos dois períodos de 30 anos considerados (**figuras 2.1c e 2.2c**), havendo, no entanto, um aumento de 1,3% na média anual dos 30 anos posteriores a 1981.

#### **2.1.5 – Insolação**

A insolação média mensal, de acordo com as normais de 1961-1990 em Rio Branco, oscilou entre 85,7 horas (em fevereiro) e 215 horas (em julho), com média anual de 1.700,7 horas (**tabela 2.1**). Nos 30 anos mais recentes (1981-2010) essa variação oscilou na Estação de Rio Branco, de forma bastante diversa das normais. A mínima foi de 92,8 (em junho) e a máxima 141,3 horas (em outubro), sendo a média anual cerca de 15% menor, ou seja, igual a 1.440,1 horas (**tabela 2.2**).

#### **2.1.6 – Precipitação**

As lâminas mensais das precipitações normais do período de 1961-1990 em Rio Branco (**tabela 2.1**) oscilam entre 31,6 mm (junho) e 289 mm (janeiro). A média anual é de 1.947,5 mm, dos quais 57% (1.119 mm) precipitam no primeiro semestre e 43% (828,4 mm) no segundo semestre. No período de 1981-2010 (**tabela 2.2**) as médias mensais na estação de Rio Branco variam de 31,8 mm (junho) a 291,8 mm (fevereiro), com média anual de 1.948,7 mm. Desse total, 61% (1.343 mm) precipitam no primeiro semestre e 39% (872,8 mm) no segundo semestre.

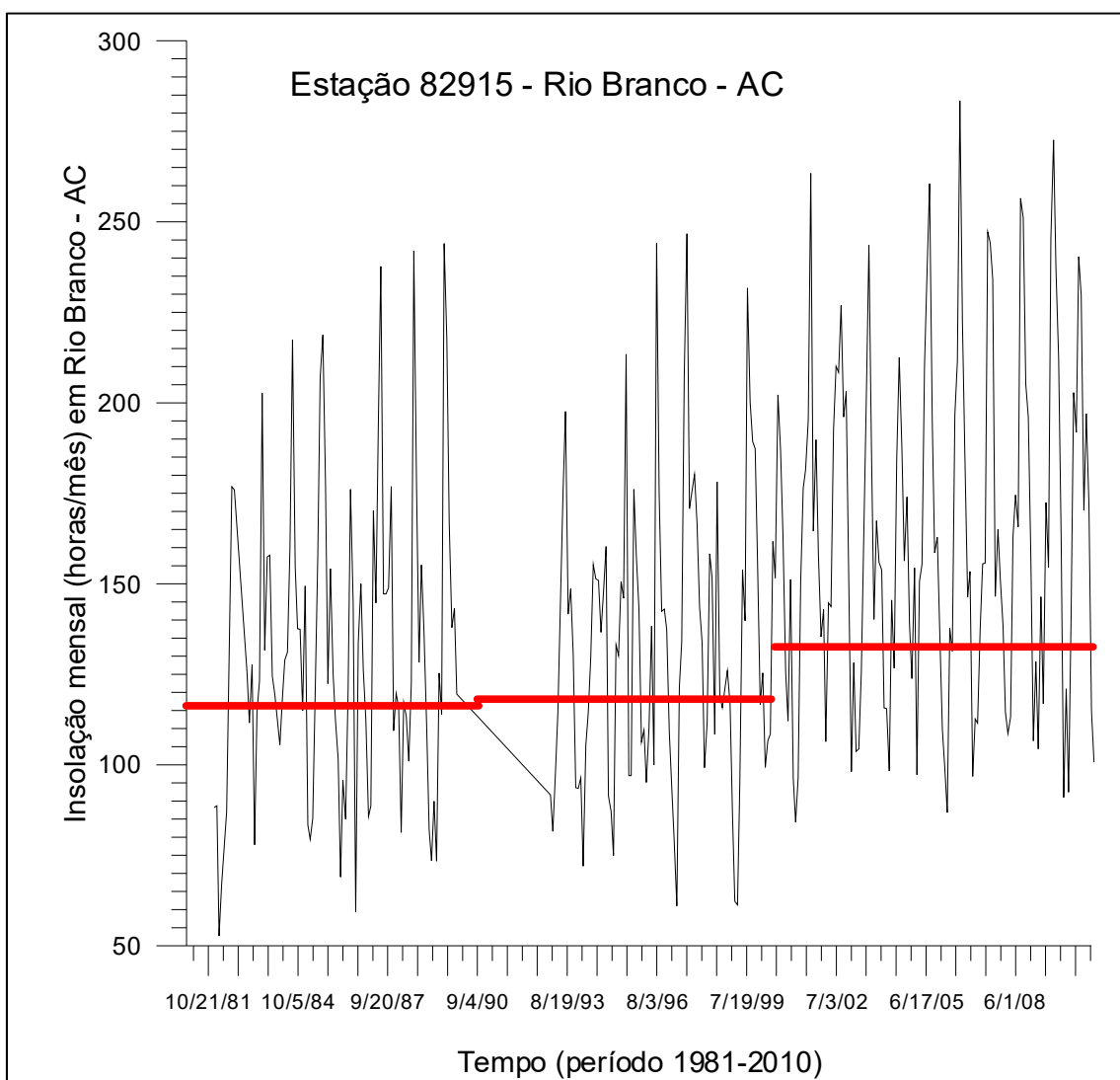
#### **2.1.7 – Número de Dias de Chuva**

O número médio mensal de dias de chuva em Rio Branco, segundo as Normais Climatológicas de 1961-1990 (**tabela 2.1**) varia de 3 dias (julho) a 20 dias/mês (janeiro) havendo 7 (sete) meses por ano com mais de 10 dias de chuva por mês, sendo a média anual de 140 dias. No período de 1981-2010 (**tabela 2.2**), o número médio mensal de dias de chuva ficou compreendido entre um mínimo de 4 (quatro) dias nos meses de junho e julho e um máximo de 21 dias em janeiro. A média anual foi de 155 dias. Em ambos os períodos de 30 anos verificou-se que 58% dos dias de chuva do ano acontecem no primeiro semestre e 42% no segundo semestre, indicando que, em média, as chuvas se distribuem de forma bastante regular durante o ano.

#### **2.1.8 – Evapotranspiração**

Dados de evapotranspiração na Estação de Rio Branco existentes apenas para o período de 1981-2010 (**tabela 2.2**), segundo balanço hídrico da rede do INMET, indicam evapotranspiração potencial média anual de 1.677,3 mm (4,6 mm/dia) e média anual de 1.359,4 mm (3,7 mm/dia) para a evapotranspiração real.

Esses dados de evapotranspiração da base de dados do INMET em Rio Branco, só contemplam o último decênio da série de 30 anos no período de 1981 – 2010, e ainda assim, dentro dele, apenas períodos de 5 a 6 anos. Com o objetivo de dar uma ideia das médias mensais e da média anual de dados disponíveis de ETP e ETR nesse período, suas médias foram incluídas na **tabela 2.2**, mas os dados não permitem fazer uma análise satisfatória dos períodos de maior e de menor evapotranspiração. Essa análise, todavia, pode ser feita indiretamente, usando os dados disponíveis de insolação mensal, que embora também incompletos, estão disponíveis nas 3 (três) décadas do período de 1981-2010. Isto é possível porque na fórmula de Penman a evapotranspiração é diretamente proporcional à energia radiante, que por sua vez está diretamente ligada à insolação. A **figura 2.3** mostra que valores médios crescentes de uma década para outra.



**Figura 2.3** – Ilustração da tendência de aumento decenal da insolação mensal na Estação 82915 de Rio Branco.

Os valores de insolação mensal da base de dados do INMET cobrem apenas 75% (90/120) meses, na década de 1981-1990; 81% (97/120) meses na década de 1991-2000 e 100% (120/120) na década de 2001 – 2010. As médias desses valores, em escala decenal, indicam que a insolação aumenta 2% da



primeira para a segunda década e 21% da segunda para a terceira, conforme se observa na **tabela 2.3**. Portanto, esse resultado sugere um aumento da evapotranspiração, consistente com a tendência de aquecimento global.

**Tabela 2.3** – Variação decenal da insolação mensal na Estação 82915 Rio Branco – AC, no período 1981-2010.

Decênio	Número de meses	Insolação (horas/mês)		
		Min	Max	Med
1981-1990	90	52,7	244,0	131,6
1991-2000	97	61,0	246,7	134,7
2001-2010	120	84,1	283,4	163,2

## 2.2 - Relevo

Rio Branco situa-se em ambas as margens do Rio Acre. A topografia na margem direita, isto é, no Segundo Distrito, onde prevalece extensa planície aluvionar, apresenta cotas variando geralmente entre 135 e 150 metros. Na margem esquerda, onde fica o centro da cidade (Primeiro Distrito), predominam suaves ondulações, com cotas variando entre 150 e 160 metros. A região de Rio Branco está inserida no domínio geomorfológico denominado de Depressão Rio Acre-Rio Javari (Projeto RADAMBRASIL, 1976).

No mapa de 15 minutos da folha de Rio Branco (**figura 2.4**), o modelo digital do terreno permite diferenciar 4 (quatro) superfícies distintas de aplanamento, das quais apenas as 3 (três) primeiras se encontram na área de estudo:

- Planície Amazônica, com cotas variando de 125 a 150 m, que constitui um *glacis* de acumulação fluvial, de forma plana, levemente inclinada, apresentando ruptura de declive, em relação ao leito do rio e às vezes recentes situadas em nível inferior, entalhada devido a variações no nível de base. Ocorre normalmente nos vales contendo aluviões finos e grosseiros, pleistocênicos e holocênicos;
- Superfície incluindo parte da chamada Depressão Rio Branco, de cotas compreendidas entre 150 m e 175 m;
- Superfície com cotas no intervalo de 175 m a 200 m, que inclui parte da Depressão Endimari-Abunã;
- Superfície cimeira da geomorfologia de Rio Branco, exibindo resíduos da Depressão do Laco-Acre em cotas superiores a 200 m.

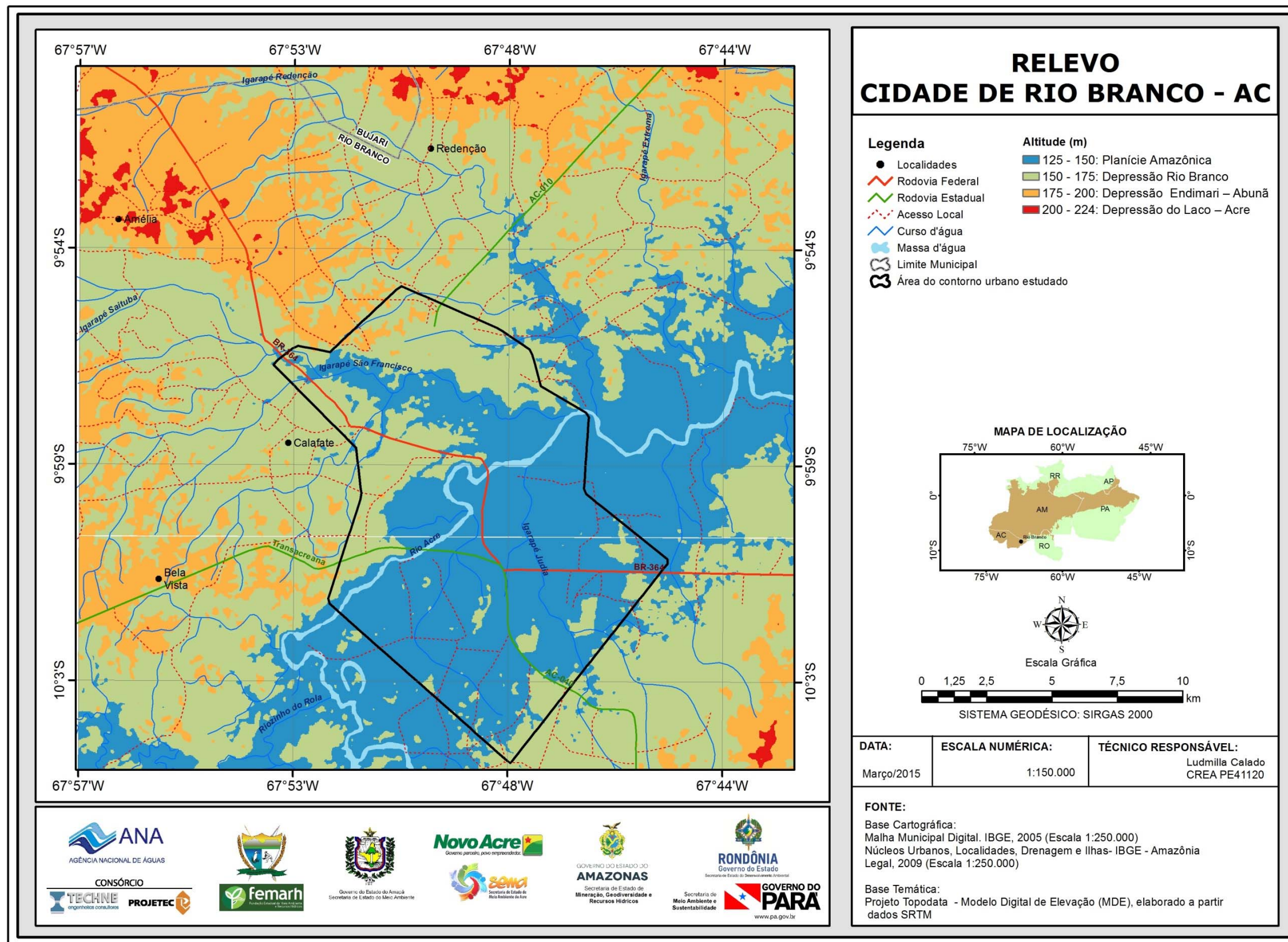


Figura 2.4 - Distribuição do relevo da Formação Rio Branco na área de estudo, de acordo com o modelo digital do terreno (MDT) da folha de 15 minutos da cidade de Rio Branco – AC.

### 2.3 - Hidrografia

O principal curso d'água na área de estudo é o rio Acre, que corta Rio Branco e deságua no rio Purus pela sua margem direita, na cidade de Boca do Acre, ao norte. Destacam-se, na zona urbana de Rio Branco (**figura 2.5**), como afluentes do rio Acre, os igarapés Judia, pela margem direita, e São Francisco, pela margem esquerda. O Igarapé São Francisco, com percurso de 115,6 km e densidade de drenagem de 1,37 km/km<sup>2</sup>, é de grande importância por ser, à exceção do Rio Acre, o principal coletor da bacia hidrográfica da zona urbana de Rio Branco. Está bastante degradado devido ao desmatamento de suas margens para a ocupação humana e também pela poluição de suas águas, uma vez que serve de depósito de lixo e esgoto a céu aberto. O Igarapé Judia, com drenagem tipo dendrítica, tem um percurso de 26 km e encontra-se também bastante poluído (SEMA, 2008).

Merece destaque, nesse panorama hidrográfico de Rio Branco, o chamado Canal da Maternidade que perlonga uma zona de lazer chamada de Parque da Maternidade (**foto 2.1**), numa extensão de cerca de seis quilômetros, na zona central da cidade. Ao longo desse canal encontram-se bares, parques infantis, quiosques e bons restaurantes. O Canal da Maternidade, entretanto, é um esgoto a céu aberto, vertendo permanentemente uma água escura e fétida.



**Foto 2.1** – Canal da Maternidade no centro de Rio Branco.

É comum a existência de meandros abandonados ao longo da planície aluvionar, originando zonas alagadas ou mesmo lagos, muitos deles em forma de ferradura. Alguns ainda mantêm alguma ligação com o rio Acre. Outros já se encontram distanciados do leito fluvial, apresentando-se completamente isolados na planície (SEMA, 2008).

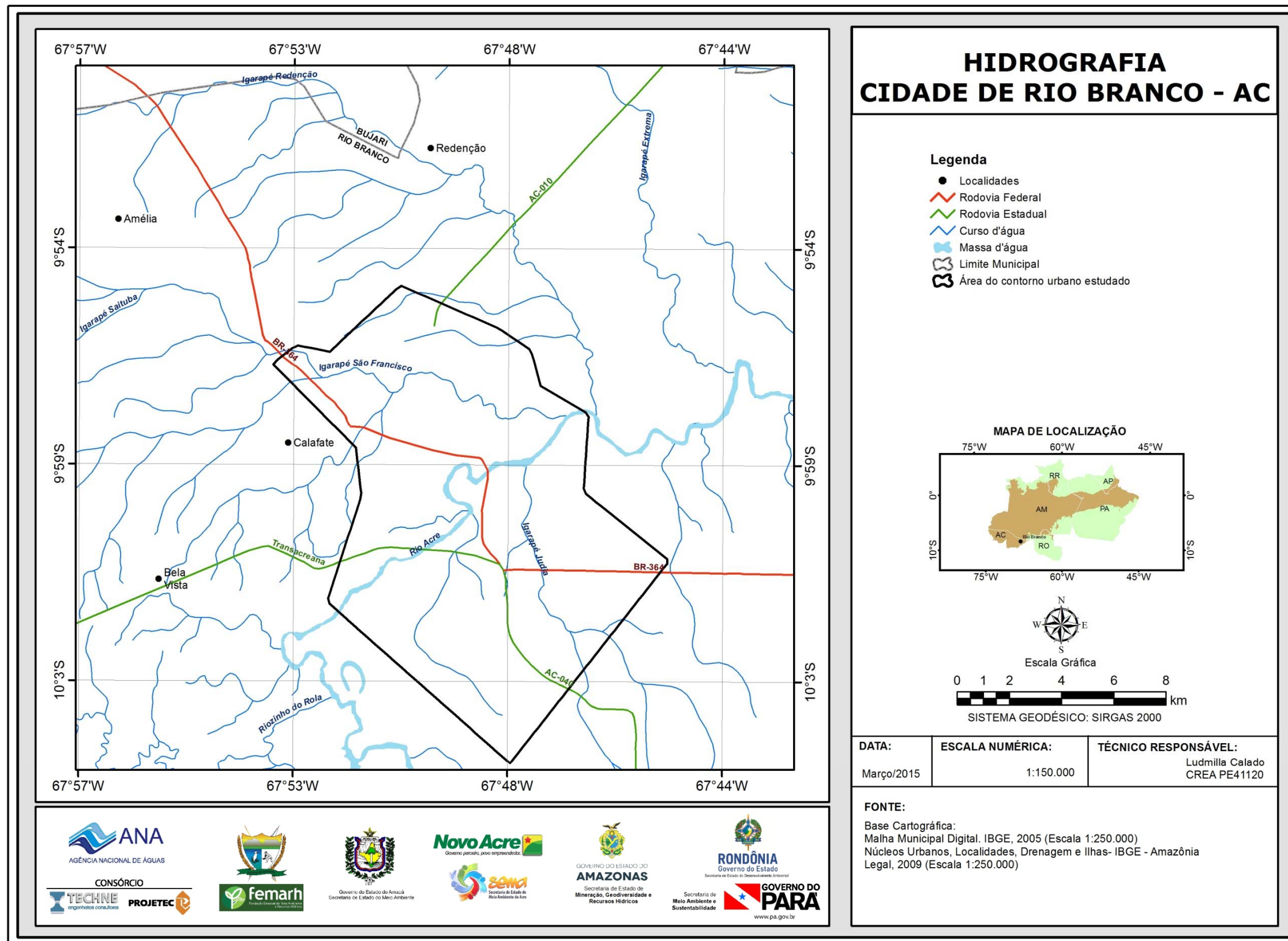


Figura 2.5 – Hidrografia da folha de 15 minutos da região de Rio Branco - AC.

## 2.4 - Solos

De acordo com os estudos do Zoneamento Econômico Ecológico do Estado do Acre (SEMA, 2006), na folha de 15 minutos da cidade de Rio Branco (**figura 2.6**) são encontradas as classes de solos representadas pelo Luvissole Háplico Órtico (TXo), Gleissolo Háplico Ta Eutrófico (GXve), Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd), Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd) e Argissolo Vermelho-Amarelo Alítico (PVAal).

Com domínio mais extenso (57 km<sup>2</sup> ou 39% da área de estudo), ocupando o setor NW da folha de 15 minutos e também o setor NW da área de estudo, na margem esquerda do rio Acre, o Luvissole Háplico Órtico (TXo) possui profundidade mediana, com cores que variam de vermelha a acinzentadas, horizonte B textural ou nítico abaixo de horizonte A fraco, moderado ou horizonte E, argila de atividade alta e alta saturação por bases. Em geral, apresentam textura argilosa e razoável diferenciação entre os horizontes superficiais e os subsuperficiais. A mineralogia das argilas condiciona certo fendilhamento em alguns perfis nos períodos secos. São moderadamente ácidos a ligeiramente alcalinos, com teores de alumínio extraível baixos ou nulos e valores da relação Ki elevados (de 2,4 a 4,0), denotando presença expressiva de argilominerais do tipo 2:1.

Os Gleissolos (GXve), que se distribuem na folha de 15 minutos e na área de estudo ao longo do vale aluvial do rio Acre, cobrindo cerca de 18 km<sup>2</sup> ou 12% da área de estudo, são solos hidromórficos, constituídos por material mineral, que apresentam horizonte glei dentro de 150 cm da superfície do solo, imediatamente abaixo do horizonte A e E. São caracterizados pela forte gleização, em decorrência do ambiente redutor, virtualmente livre de oxigênio dissolvido, em razão da saturação por água durante todo o ano, ou pelo menos por um longo período, associado à demanda de oxigênio pela atividade biológica. Possuem cor acinzentada, devido a redução e solubilização do ferro permitindo a expressão de cores neutras dos minerais de argila, ou ainda a precipitação de compostos ferrosos. A textura é argilosa e pode ser bastante variável ao longo do perfil.

Ocupando, aproximadamente, 24 km<sup>2</sup> ou 17% da área de estudo, a classe Latossolo Amarelo Distrófico (LVAd) ocorre no setor sudeste da folha de 15 minutos bem como no setor sudeste da área de estudo, sendo constituída de solos profundos, de coloração amarelada, perfis muito homogêneos, com boa drenagem, textura arenosa média e baixa fertilidade natural em sua maioria. Em geral, essa classe de solos é cultivada com grande variedade de lavouras.

Os Argissolos são constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A e E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta conjugada por saturação por bases baixa. São solos com caráter aluminico (elevados teores de alumínio) na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA), de baixa fertilidade. No solo da região, apresenta argila de textura média (>35% de argila) e horizonte A moderado.

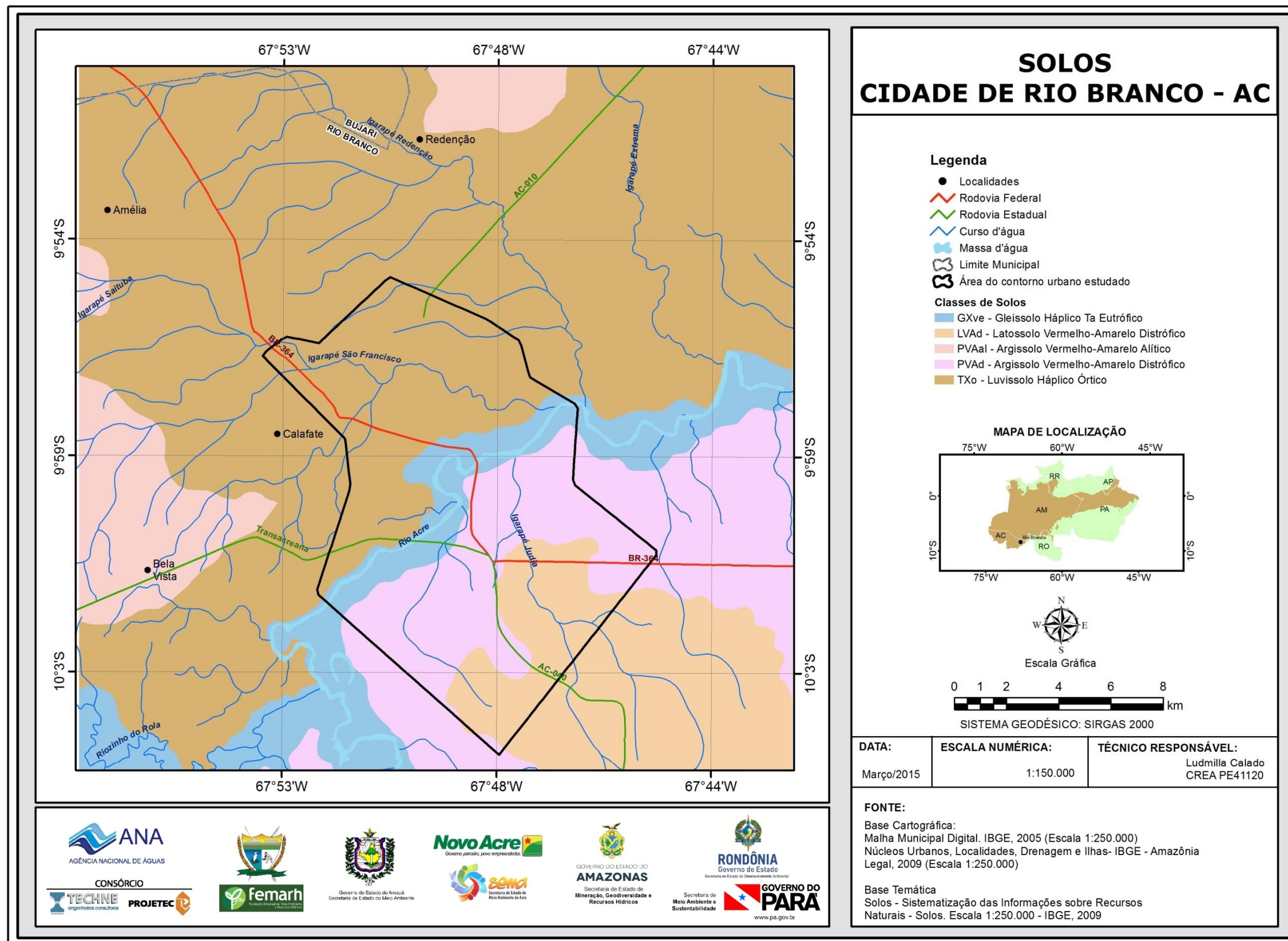


Figura 2.6 – Mapa de solos da região de Rio Branco - AC.

Dos dois tipos de argissolos presentes na folha de 15 minutos (Vermelho Amarelo Alítico – PVAal – e Vermelho Amarelo Distrófico – PVAd) apenas este último ocorre na área de estudo ocupando uma superfície aproximada de 46 km<sup>2</sup> ou 32%, no setor SE compreendido entre o vale do rio Acre e as colinas do Igarapé Judia.

## **2.5 - Vegetação**

De acordo com SEMA (2006), no Acre predominam duas grandes regiões fitoecológicas: a Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Ombrófila Aberta. Em uma pequena extensão existe também uma terceira região fitoecológica, a da Campinarana, restrita à parte noroeste do Estado. Tanto no domínio da Floresta Ombrófila Densa quanto no domínio da Floresta Ombrófila Aberta, coexiste uma grande diversidade de formações vegetais, as quais são diferenciadas principalmente pela qualidade dos solos. A classificação desses domínios geralmente é baseada em aspectos fisionômicos e estruturais mais do que em aspectos florísticos.

Na região de Rio Branco e suas vizinhanças representada pela folha de 15 minutos (**figura 2.7**), na qual se encontra a área de estudo (145 km<sup>2</sup>), ocorrem, dentro da mesma, apenas remanescentes (4%) da floresta nativa, com as seguintes tipologias florestais (Veloso *et al.*, 1991):

### ***Na área de vegetação natural dominante:***

- A Floresta Ombrófila Aberta (FOA) aluvial com palmeiras ocorre na área de estudo em duas pequenas manchas situadas no setor oeste. A primeira, no extremo noroeste, com apenas 1 km<sup>2</sup>, no vale do Igarapé São Francisco e a segunda no vale do rio Acre, no setor sudoeste, à margem da rodovia Transacrea, com apenas 1,4 km<sup>2</sup>. As duas manchas somam apenas 2,4 km<sup>2</sup> e correspondem a tão somente 1,7% da área;
- A presença de Floresta Ombrófila Aberta (FOA) de terras baixas com palmeiras na área de estudo é registrada na zona leste, em uma simples mancha isolada, com área de 1,2 km<sup>2</sup> (0,8%) no vale do rio Acre e na altura da confluência do Igarapé São Francisco.
- A Floresta Ombrófila Densa (FOD) de terras baixas com dossel emergente, é representada dentro da área de estudo por duas pequenas manchas isoladas cuja soma não passa de 2,2 km<sup>2</sup> ou 1,5% da área de estudo.

### ***Na área antrópica dominante:***

- Quase todo o território da área de estudo (96%) é ocupado pela urbanização e por pastagens usadas extensivamente na pecuária e que refletem a magnitude do desmatamento da vegetação natural.
- Por fim, se fazem presentes no setor sudoeste da folha de 15 minutos na região de Rio Branco, manchas de vegetação classificada como secundária, que não ocorre na área de estudo.

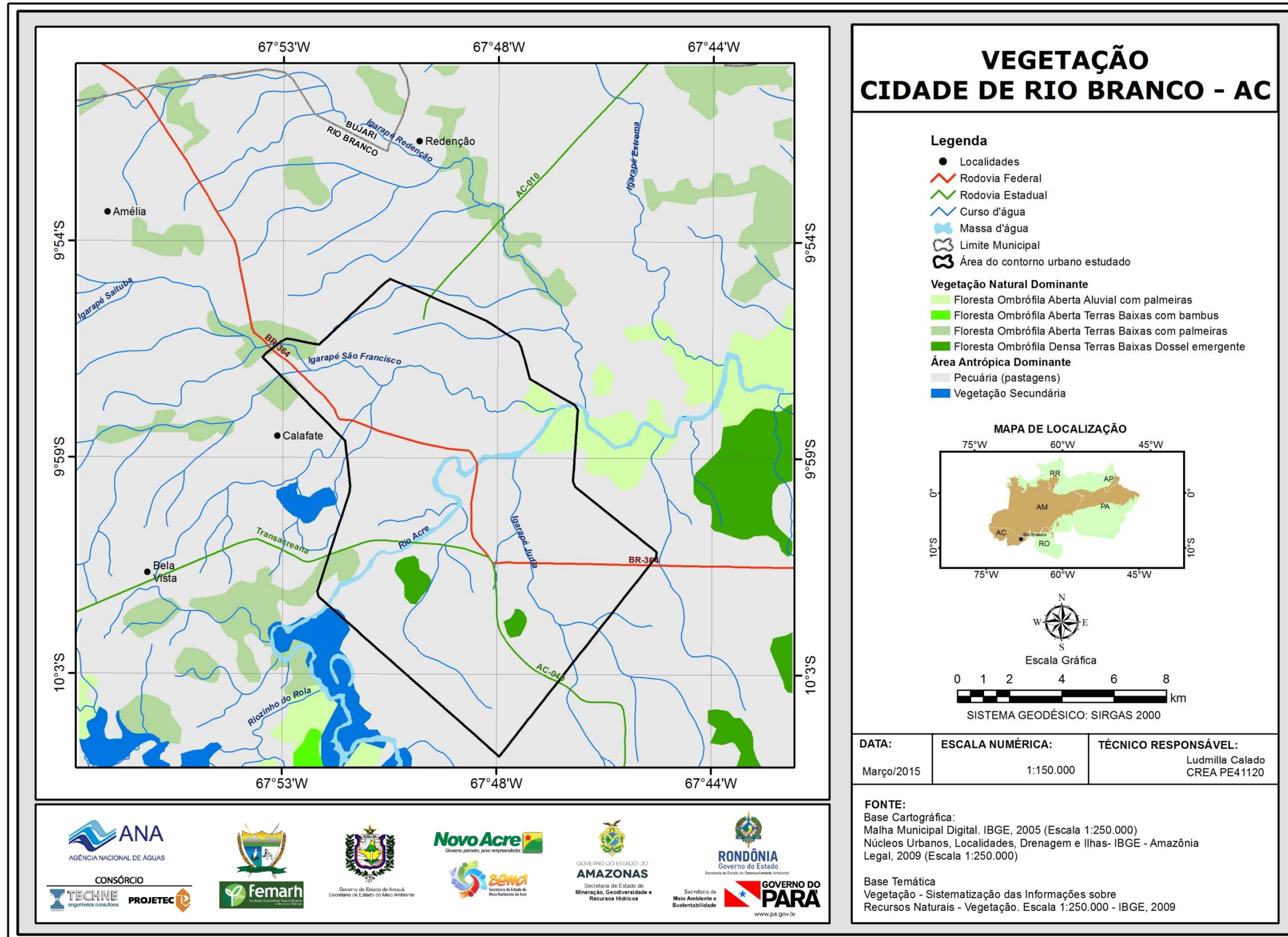


Figura 2.7 – Mapa de vegetação da região de Rio Branco - AC.



## 2.6 – Influência do Intemperismo Químico Regional na Qualidade das Águas Subterrâneas da Província Hidrogeológica Amazonas - PHA

As considerações a seguir, derivadas de Snoeyink & Jenkins (1980), ajudam a entender a formação da composição química dos tipos de águas naturais oriundas de precipitações e, por esse motivo, são úteis para a interpretação dos resultados das análises físico-químicas realizadas na PHA e também na cidade piloto de Rio Branco.

Como parte do ciclo hidrológico a água que evapora dos oceanos é transportada para o interior dos continentes. O vapor d'água, durante a sua passagem através da baixa atmosfera, tem a possibilidade de entrar em equilíbrio com os gases ali existentes, cuja composição média está sujeita a variações consideráveis, principalmente de alguns constituintes menores, tais como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ), etc. que são produtos de processos de combustão e estão associados com a poluição do ar, em comunidades urbanas e industriais.

Quando precipita sobre a superfície do terreno, a água da chuva entra em contato com rochas, sedimentos, solos, áreas urbanas, animais e plantas. Desse contato decorrem reações químicas que posteriormente modificam a composição da água. As reações químicas dos ácidos da água da chuva ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  e  $\text{NO}_x$ ) com os minerais constituintes das rochas alteram esses minerais através de um processo chamado de **intemperismo químico**. Trata-se de um processo que depende exclusivamente da água.

Os fatores condicionantes deste processo são inúmeros, começando pelo clima, marcado por altas temperaturas e alta pluviosidade associadas a uma vasta cobertura vegetal, incluindo ainda relevo, circulação de água, condições de Eh e pH, variações no nível freático e, sobretudo, tempo de atuação desses fatores.

Na PHA esse processo vem atuando sobre as formações cenozoicas, nas quais se encontram os principais aquíferos, desde o Neomioceno até os dias atuais, ou seja, há milhões de anos, e dele resultaram como produtos: resíduos e solutos.

- **Resíduos:** são elementos “insolúveis” em água, tais como  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$  que dão origem a depósitos de bauxita e laterita, respectivamente, além do quartzo que resulta em areia;
- **Solutos:** são elementos móveis em solução: Na, K, Ca, Mg, Cl,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{HCO}_3$ , que são lixiviados no processo de intemperismo e quase totalmente (99%) transportados pelos rios, daí porque é de se esperar que na PHA esses íons não mais existam em quantidade significativa nos sedimentos e que hoje estes provenham, sobretudo, da água da chuva e de influências antrópicas, já que todas as amostras foram coletadas em zonas urbanas na PHA.

Portanto, a origem desses solutos nas águas subterrâneas dos aquíferos da PHA, nos quais predominam materiais arenosos, provavelmente pouco se deve ao processo de intemperismo, que praticamente já está consumado. As baixas concentrações se devem ao fato de os íons provêm quase totalmente da chuva.

Em Rio Branco, assim como em toda a PHA, as águas subterrâneas apresentam baixos teores de STD, CE, Ca, Mg, K, Na, CO<sub>3</sub> e HCO<sub>3</sub>, mas possuem altos teores de ferro, que afetam 53% das amostras na primeira campanha e 57% na segunda.

Por outro lado, a presença desses teores de ferro na água subterrânea não se deve diretamente ao intemperismo, pois este não gera ferro solúvel e sim à dissolução do Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> existente na laterita (39,34% em peso) pela água de infiltração oriunda da chuva, que possui pH ácido e conforme avaliação de Guedes (2007), variável de 4,4 a 6,9, com valor médio de 5,2 na região de Rio Branco.

Isso ocorre porque a água da chuva rica em O<sub>2</sub>, em interação com o CO<sub>2</sub> da atmosfera adquire caráter ácido e em contato com o solo, onde a respiração das plantas pelas raízes e a oxidação da matéria orgânica (processos redox) enriquecem o ambiente em CO<sub>2</sub>, diminuindo ainda mais o seu pH (Teixeira *et al.*, 2000).

## **3 - Geologia**

### 3.1 – Estrutura e Tectônica

A área urbana de Rio Branco está situada no centro leste do estado do Acre e na Bacia do Solimões. Considerando que a geologia regional dessa bacia foi discutida no relatório de geologia da PHA, será enfatizada aqui a geologia local.

A região de Rio Branco não faz parte da Bacia do Acre, apesar de estar situada no estado do Acre. Ela faz parte da Bacia do Solimões onde existem as Formações Javari, Repouso, Solimões e Içá.

Em Rio Branco, a sequência terciária com predominância argilosa que aflora extensivamente no estado do Acre, corresponde a uma seção de cobertura da Bacia do Solimões, composta (com absoluto predomínio) de argilas de cor vermelha, cinza e variegada. Ocorrem, subordinadamente, cinzas vulcânicas, arenitos, calcários e conglomerados pouco consolidados. Macrofósseis de vertebrados, madeiras fósseis carbonizadas e níveis de linhito são frequentes nesta sequência. Na base desta sequência, que assenta sobre a Formação Javari ocorre uma seção argilosa, com intercalações de arenito e siltito, denominada de **Formação Repouso**, a qual foi considerada como sendo a Formação Solimões em todos os trabalhos de palinologia da bacia até então, devido à semelhança litológica entre ambas as unidades. Acima da Formação Repouso aparece a Formação Solimões.

A cidade de Rio Branco se encontra sobre uma plataforma estrutural onde o pacote sedimentar completo que recobre o embasamento cristalino é desconhecido, mas vale mencionar que no poço estratigráfico mais próximo de Rio Branco, 2-REST-1-AC (RIO EMBIRA-1), situado 355 km a WNW da cidade, no ponto de coordenadas geográficas 70°59'S e 9°18'W, o embasamento cristalino se encontra a 703 m de profundidade, sendo recoberto por 111 m de arenitos da Formação Divisor, a qual mais recentemente foi denominada, na bacia do Solimões, Formação Javari (Relatório da Geologia Volume II).

A Formação Javari é recoberta pelas Formações Repouso e Solimões com 592 m de espessura, contendo 555 m (94%) de argilitos e siltitos (que conferem a essas formações o caráter de aquíclude), com apenas 6% (37 m) de camadas delgadas de arenitos intercalados em diferentes pontos do perfil.

### 3.2 - Litoestratigrafia

Na folha de 15 minutos da região de Rio Branco e na área de estudo situada na zona urbana de Rio Branco, com base em estudos existentes da CPRM (Melo Jr. & Marmos, 2006; Melo Jr. *et al.*, 2010) e na análise geomorfológica de imagens SRTM, em consonância com a geologia da Folha SC-19 da carta geológica do Brasil ao milionésimo (CPRM, 2004), três unidades litoestratigráficas podem ser consideradas, da base para o topo: i) Pacote Repouso-Solimões; ii) Terraços fluviais pleistocênicos; iii) depósitos aluvionares holocênicos.

### 3.2.1 – Pacote Repouso-Solimões

Em Rio Branco, os sedimentos argilosos do pacote Repouso-Solimões afloram extensivamente nas colinas dos setores noroeste e sudeste do vale do rio Acre.

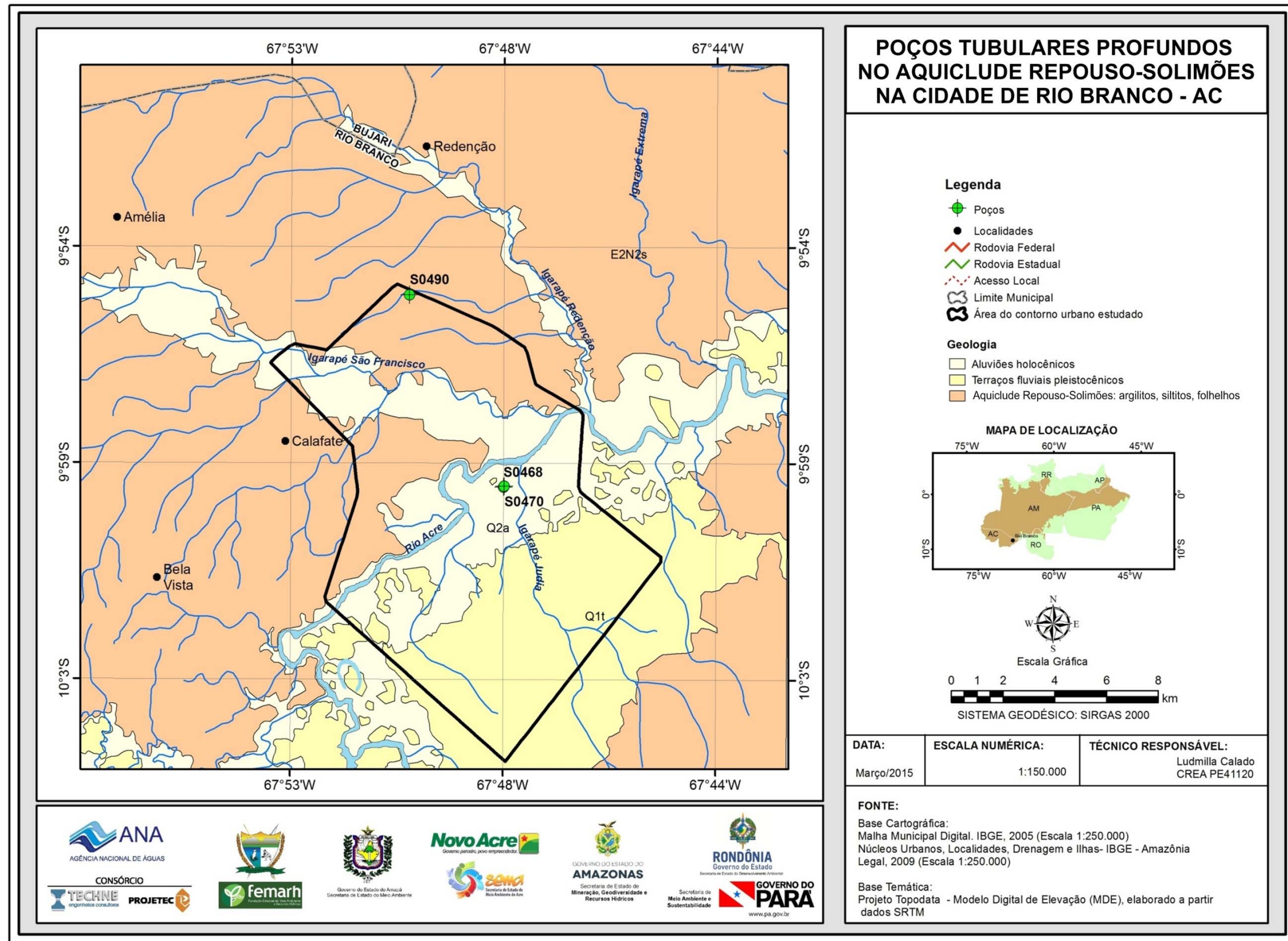
Na área de estudo foram catalogados do SIAGAS/CPRM, 3 (três) poços tubulares profundos cuja localização é apresentada no mapa da **figura 3.1**. Os poços S0468 e S0470, com profundidades de 178 m e de 150 m, respectivamente, foram perfurados a cerca de 800 m ao sul do rio Acre e a distância entre eles é de apenas de 44 m. O terceiro poço, com profundidade de 240 m, foi perfurado 8 km a noroeste dos dois primeiros.

Segundo as descrições sumárias dos perfis litológicos dos 3 (três) referidos poços tubulares profundos (**tabela 3.1** e **figura 3.2**), a sequência Repouso-Solimões é tipicamente argilosa, constituída de argila plástica vermelha, folhelhos e argilitos acinzentados, sem nenhuma camada arenosa intercalada. Ou seja, até 240 m de profundidade é 100% constituída de materiais praticamente impermeáveis, que se caracterizam pela incapacidade de transmitir quantidades significativas de água subterrânea. Portanto, em Rio Branco, esta formação, do ponto de vista hidrogeológico, mantém o padrão da sua seção tipo e se classifica como um *aquicluda Repouso-Solimões*.

**Tabela 3.1** – Litologia dos poços tubulares com profundidades de 150 m a 240 m perfurados no aquícluda Repouso-Solimões na cidade de Rio Branco – AC.

Poço SIAGAS/CPRM	UTM (E)	UTM (N)	Profundidade (m)	Intervalo (m)	Litologia
1100000468	631530	8896191	178	0 - 30	Argila plástica vermelha
				30 - 152	Argila cinza com níveis sílticos e cristais de gipsita
1100000470	631561	8896222	150	0 - 150	Argila cinza
1100000490	627903	8903573	240	0 - 6	Argila vermelha
				6 - 240	Alternância de Argilitos e folhelhos acinzentados

Os dois poços de 150 m e 178 m de profundidade utilizaram, respectivamente, 110 m e 132 m de filtros de PVC geomecânico de 6” (152 mm), enquanto que o poço de 240 m utilizou 42 de filtros de aço inox de 6” (152 mm). Esse último poço, com nível estático de 44,82 m, produziu no teste uma vazão de apenas 6,47 m<sup>3</sup>/h para um nível dinâmico de 103,64 m, ou seja, para um rebaixamento de 58,82 m, que equivale a uma descarga específica de 0,11 m<sup>3</sup>/h.m. Apesar das grandes extensões de filtros instalados, esses poços, construídos nos anos de 1998 e 1999, forneceram resultados tão negativos, que até hoje, após 15 anos, experiência semelhante não foi repetida. Na verdade, pela litologia encontrada, esses poços nem sequer deveriam ter sido completados.



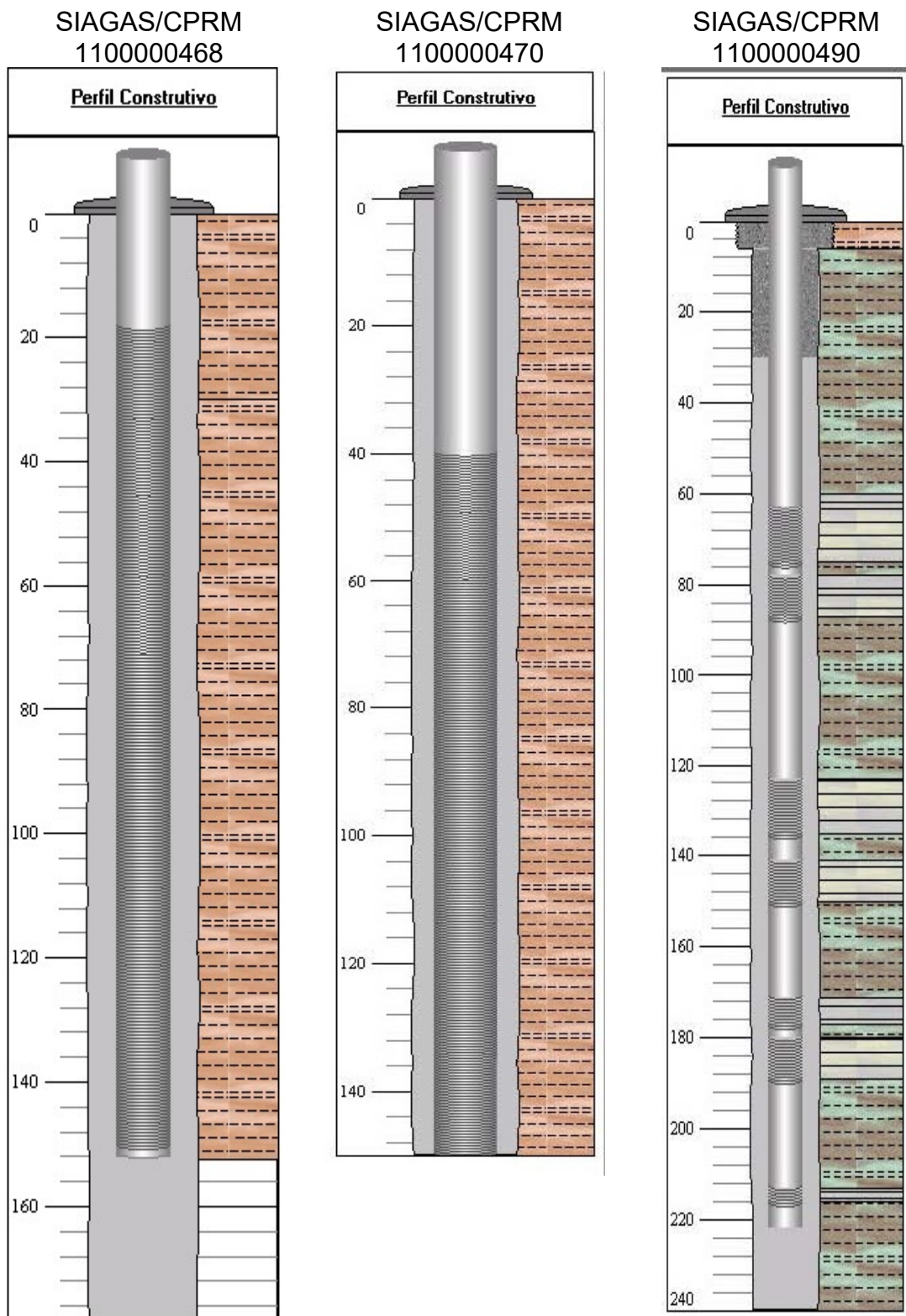
**Figura 3.1** – Localização dos 3 (três) poços tubulares profundos perfurados na área de estudo em Rio Branco – AC no aquíclode Repouso-Solimões.

### **3.2.2 – Terraços Fluviais Pleistocênicos**

A seção geológica esquemática E-E', de direção NW-SE, transversal ao vale do rio Acre, apresentada na **figura 3.3** e locada sobre o mapa geológico (**figura 3.4**), foi elaborada no *Global Mapper*, sobre imagem SRTM, e posteriormente trabalhada sobre o modelo digital do terreno da folha de 15 minutos da região de Rio Branco. Essa seção é considerada bastante esclarecedora, pois ao longo da mesma é possível distinguir claramente duas gerações de terraços fluviais em níveis médios de aplainamento aproximados de 160 m (segundo terraço) e 150 m (primeiro terraço). Do mapa geológico do Brasil ao milionésimo (folha SC-19) obtém-se a informação de que terraços fluviais realmente ocorrem em vários trechos descontínuos ao longo do rio Acre, bordejando os aluviões holocênicos. Na área de estudo, todavia, a presença desses terraços somente se revela na presente análise geomorfológica detalhada, pois não há citação dos mesmos em Rio Branco nas referências bibliográficas consultadas no presente relatório. Esses terraços são constituídos de materiais semiconsolidados representados por argilas, siltes e areias, que juntamente com as aluviões constituem o Aquífero Rio Branco.

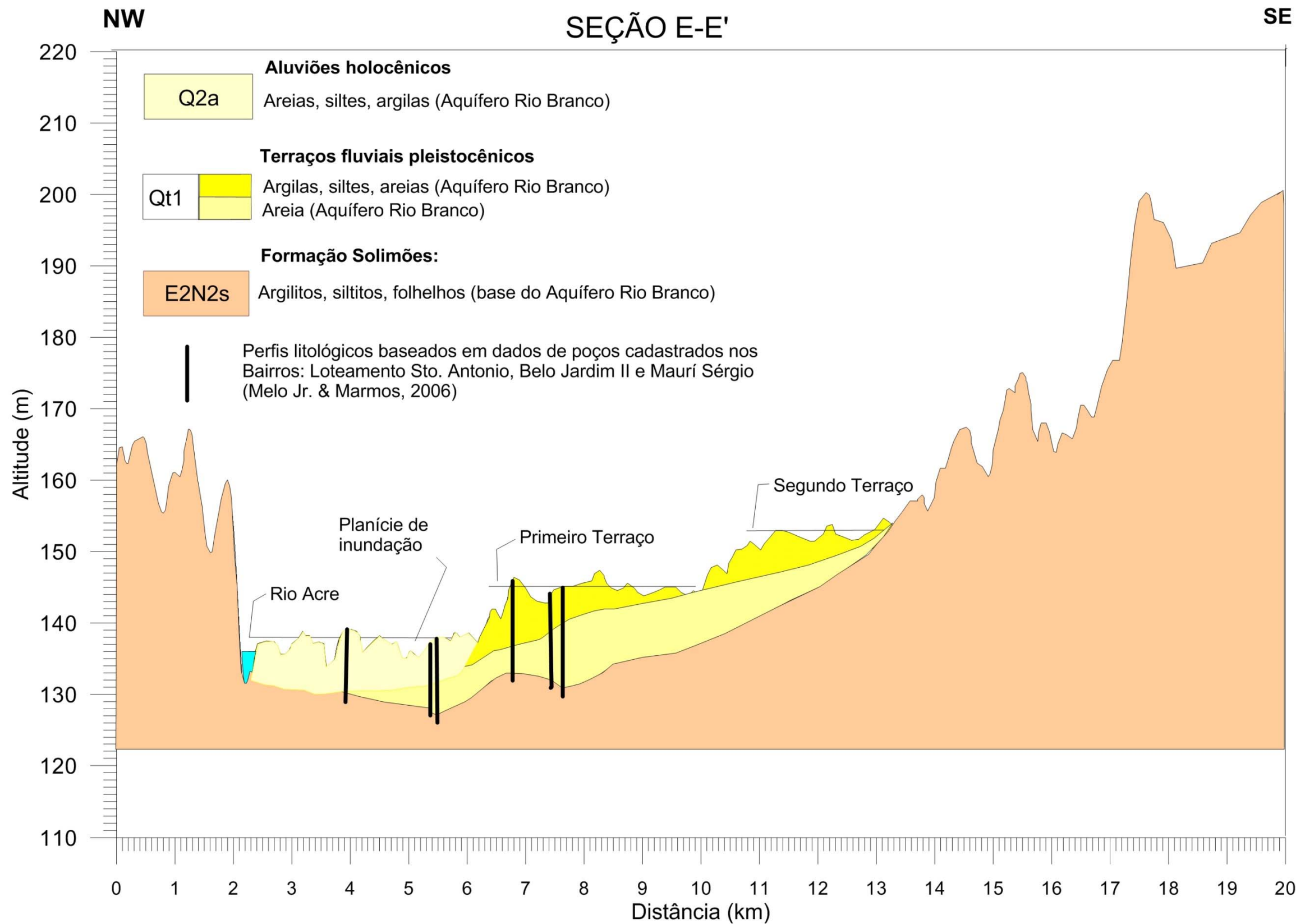
### **3.2.3 – Aluviões Holocênicos do Rio Acre**

Depósitos aluvionares recentes, constituídos de argilas na parte superior e de areias na parte inferior, distribuídos na planície do Rio Acre, ocorrem na cota média de 137 m ao longo do perfil E-E' (**figura 3.3**) mostrado no mapa geológico da **figura 3.4**.



**Figura 3.2** – Perfis litológicos e construtivos de 3 (três) poços tubulares com profundidades de 178 m, 150 m e 240 m, respectivamente, perfurados na área de estudo no Aquíclode Repouso-Solimões.





**Figura 3.3** – Seção geológica esquemática transversal ao vale do rio Acre na área de estudo, interpretada a partir do perfil topográfico e de dados de sondagens a trado realizadas na zona urbana de Rio Branco – AC, por Melo Jr. & Marmos (2006).

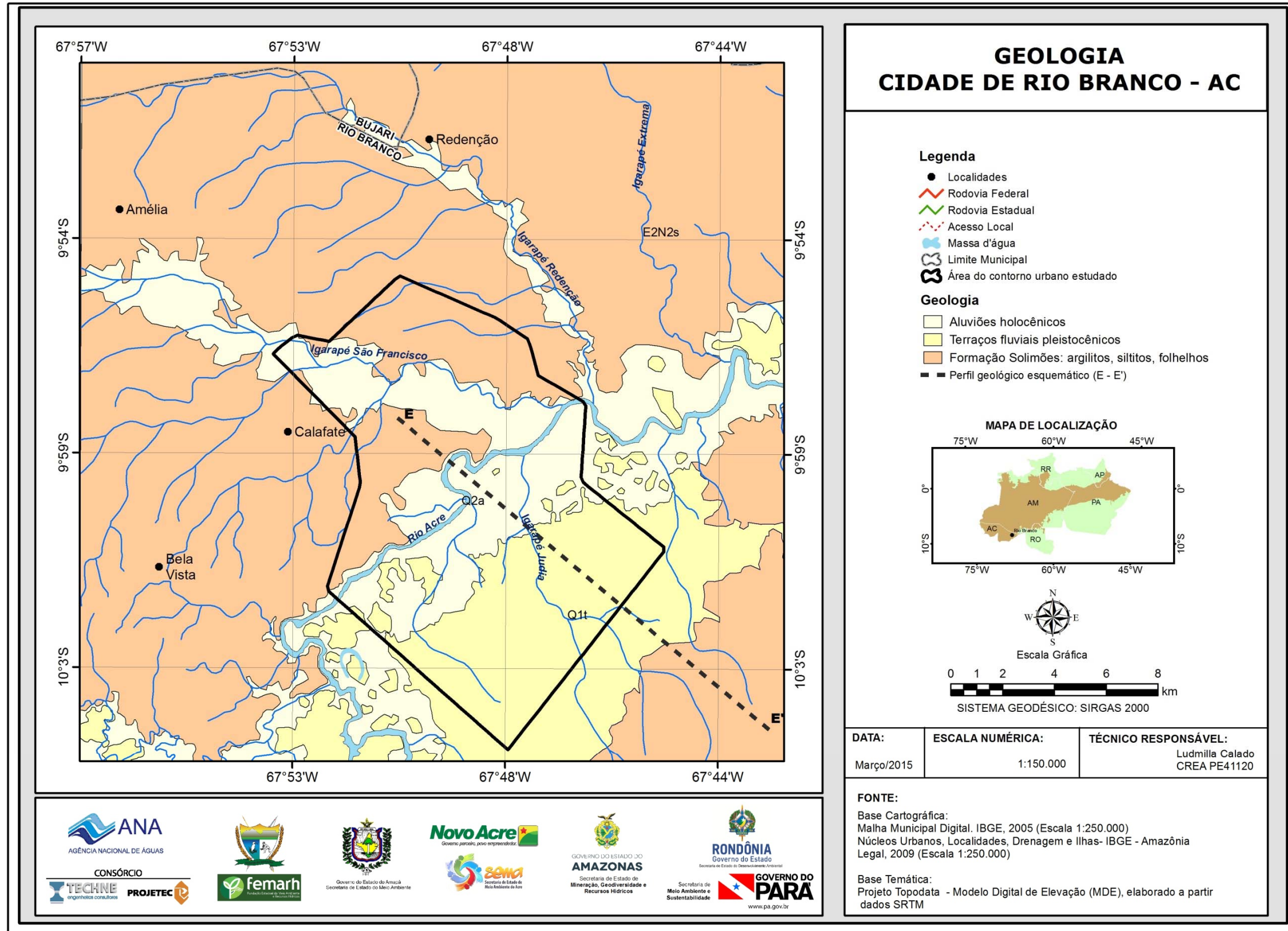


Figura 3.4 – Mapa geológico da folha de 15 minutos e da área de estudo com localização de seção topográfica transversal ao vale do Rio Acre na zona urbana de Rio Branco – AC.

Em Rio Branco, Ferreira & Oliveira (2008) descrevem o pacote aluvial sobreposto à Formação Solimões, em discordância erosiva, como uma cobertura argilosa, inferior a 20 m de espessura com a presença de fósseis e concreções carbonáticas em sua base, definida como unidade Panorama. Trata-se de material argiloso, de cor em geral cinza a marrom esverdeada, que evolui nas posições mais superiores do perfil de solo para argilas mosqueadas vermelhas a castanho claro. Intercalações com camadas siltosas e arenosas finas também foram observadas em afloramentos, onde se tem estrutura de preenchimento de canal por siltito em meio a um pacote de areia fina/silte (Ferreira & Oliveira, 2008).

Melo Jr. & Marmos (2006) executaram e interpretaram dados de sondagens existentes, com o objetivo de investigar as litologias do pacote aluvial. Os resultados obtidos levaram esses autores a propor, nesse pacote, a existência de duas camadas distintas. A camada mais superficial é constituída predominantemente de argila, argila siltosa e argila siltico-arenosa. A segunda camada se caracteriza por areia fina a média, ocorrendo algumas vezes material siltico, clastos milimétricos de laterita e nódulos de argila rica em matéria orgânica. Esta segunda camada foi designada por Melo Jr. & Marmos (2006) de Aquífero Rio Branco. No entanto, como será visto no **item 4.1**, esse aquífero é constituído por essas duas camadas. A **foto 3.1**, dá uma ideia da litoestratigrafia dos aluviões na área estudada.



**Foto 3.1** – Litoestratigrafia do Aquífero Rio Branco. Compilado de Melo Jr. & Marmos (2006).

## **4 – Hidrogeologia e Hidrodinâmica**

## 4.1 – Aquífero Rio Branco

De acordo com a interpretação dos testes de bombeamento (**item 4.1.2.2**) e conforme descrito na geologia (**capítulo 3**), pode-se definir o aquífero Rio Branco como o pacote de sedimentos holocênicos e terraços fluviais pleistocênicos, que inclui leitos de argila siltosa, de argila siltico-arenosa, areia siltosa e areia fina, na planície aluvial do rio Acre (**figura 3.4** e **foto 3.1**), em repouso sobre uma base impermeável constituída pelos argilitos da Formação Solimões.

De fato, ficou bem evidenciado no **capítulo 3** (geologia), que a Formação Solimões em Rio Branco, sobre a qual repousa o aquífero Rio Branco, pela sua natureza litológica (argilas, argilitos e folhelhos) é um típico *aquiclude* e pode ser interpretado como uma base impermeável.

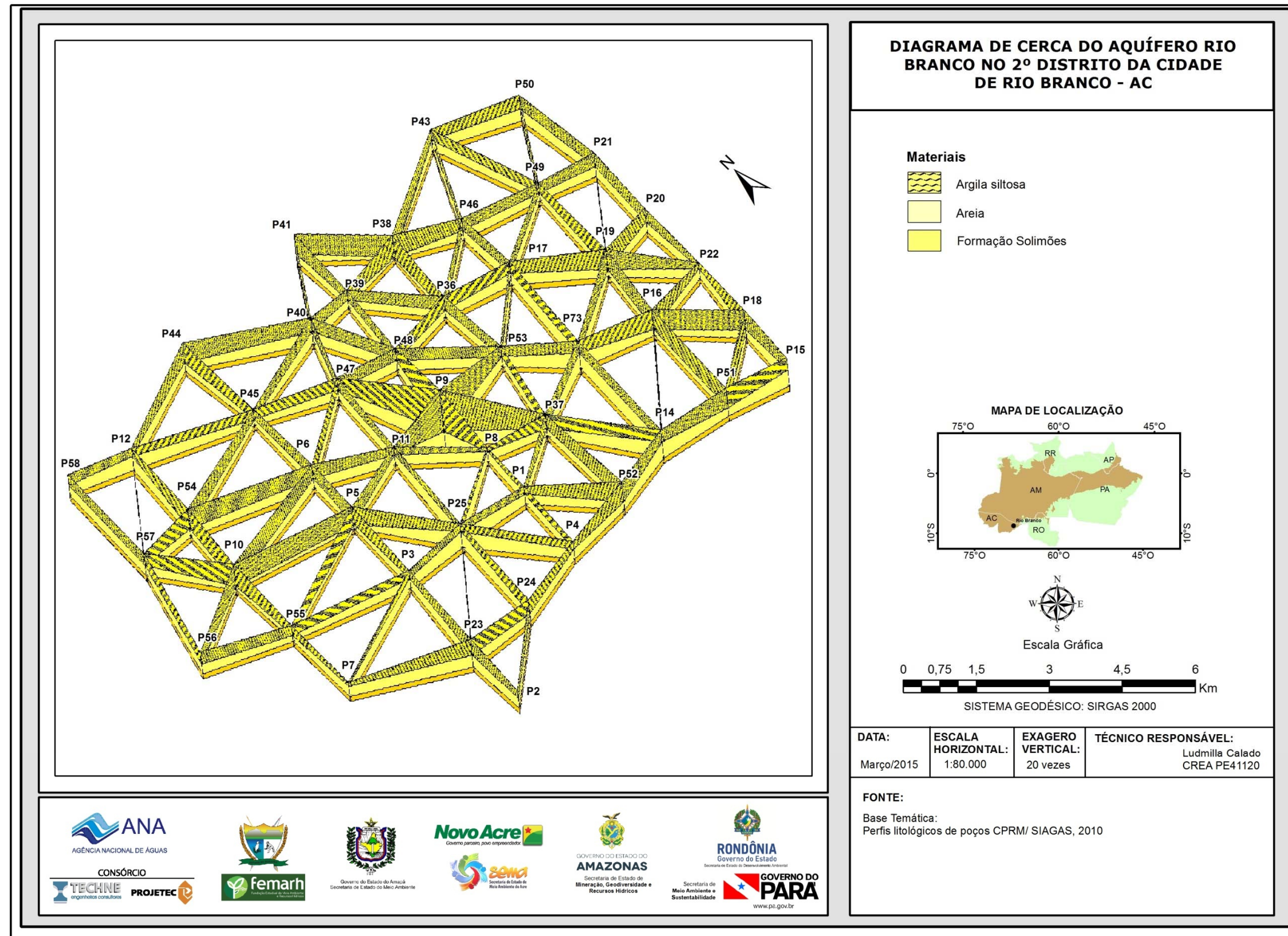
### 4.1.1 – Litologia, Dimensões e Limites

O pacote de sedimentos que constitui os depósitos aluviais holocênicos e terraços fluviais pleistocênicos da planície do rio Acre, embora contendo significativa ocorrência de níveis argilosos no topo (a camada mais superficial é constituída predominantemente de argila, argila siltosa e argila siltico-arenosa) apresenta, na sua parte inferior, uma camada de areia fina a média e até grosseira, segundo descrições de perfis litológicos de poços catalogados da CPRM/SIAGAS.

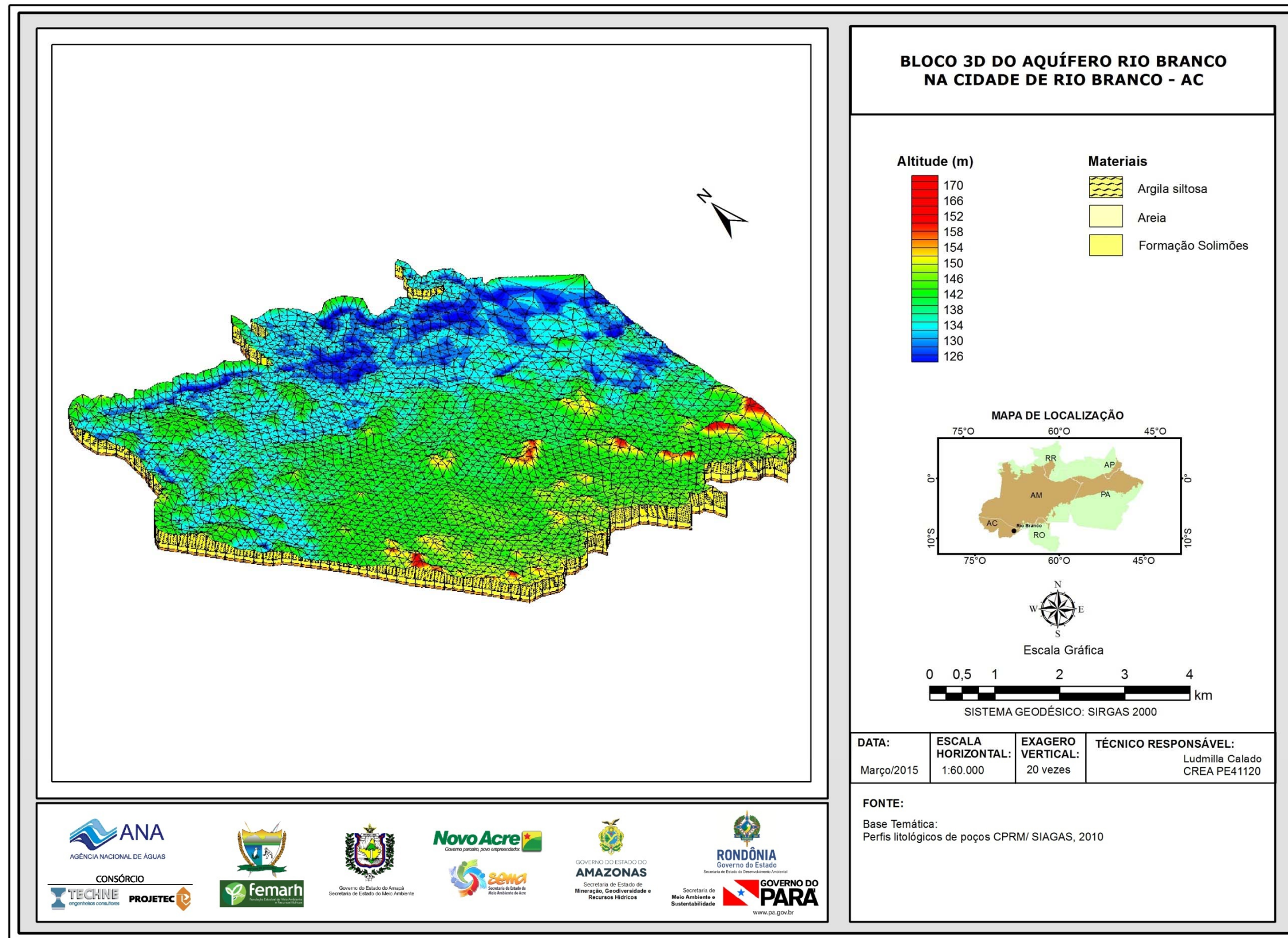
Melo Jr. & Marmos (2006), a partir da análise dos poços cadastrados e de sondagens realizadas, verificaram que as espessuras da camada de areia variam de 1 a 9 m, com média de 5 m, enquanto que as espessuras totais dos aluviões (que, de fato, constituem o aquífero Rio Branco) variam de 7 a 14 m.

A planície aluvial, onde ocorre o Aquífero Rio Branco, se desenvolve predominantemente na margem direita do Rio Acre, uma vez que o leito desse rio corre frequentemente no extremo noroeste da planície, no contato aluviões/Formação Solimões. Mesmo o observador menos atento percebe que no Segundo Distrito as ruas e estradas são planas, enquanto que no Primeiro Distrito, isto é, na parte mais central e mais antiga da cidade, o relevo é mais movimentado, com ruas frequentemente ladeirasas. Essa característica topográfica é típica dos sedimentos argilosos da Formação Solimões. Em alguns trechos, entretanto, o leito do rio se desloca para o interior da planície, deixando áreas aluviais em sua margem esquerda.

O modelo litoestratigráfico do aquífero aluvial Rio Branco é composto por um diagrama de cerca (**figura 4.1**) e um bloco 3D (**figura 4.2**). Esse modelo foi elaborado com base em sondagens realizadas por Melo Jr. & Marmos (2006) e também em perfis de 86 poços catalogados da CPRM/SIAGAS (2010), com litologia conhecida na planície aluvial do rio Acre no Segundo Distrito da cidade de Rio Branco, cujas características técnicas sumárias se encontram no **anexo 7.2.2**. Na construção do diagrama de cerca foram utilizados 9 (nove) perfis paralelos transversais à planície aluvial, contendo 58 pontos (P1 a P58) A litologia estabelecida em cada um desses pontos foi inferida dos poços e tem finalidade puramente ilustrativa.



**Figura 4.1** – Diagrama de cerca do pacote aluvial da planície do rio Acre mostrando o aquífero Rio Branco limitado no topo por argila siltosa e na base por argilitos da Formação Solimões na área de estudo no 2º Distrito da cidade de Rio Branco – AC.



**Figura 4.2** – Bloco 3D do modelo litoestratigráfico do pacote aluvial da planície do rio Acre mostrando o aquífero Rio Branco limitado no topo por argila siltosa e na base por argilitos da Formação Solimões na área de estudo no 2º Distrito da cidade de Rio Branco – AC.

A área do aquífero Rio Branco, envolvendo aluviões e terraços dentro da área de estudo cobre 78 km<sup>2</sup> no Segundo Distrito, a sudeste do rio Acre de acordo com o mapa geológico da **figura 3.4**.

Através do bloco 3D (**figura 4.2**), estabelecido sobre uma área de 171 km<sup>2</sup>, na planície do rio Acre, verificou-se que o volume do aquífero Rio Branco é de  $2,3 \times 10^9 m^3$  o que corresponde a uma espessura média de 13,45 m para o pacote de aluviões e terraços. Levando em conta a profundidade média do nível estático de 3,4 m ou  $(2,69+4,11)/2$ , deduzida das médias de medições realizadas em 2012, no âmbito do Projeto ANA PHA, que foram, respectivamente, de 2,69 m no período chuvoso e de 4,11 m no período de estiagem, como será visto na **tabela 4.7**, a espessura média saturada do aquífero Rio Branco foi estimada em 10 m.

Esta, portanto, foi a espessura média do aquífero Rio Branco, considerada na interpretação dos testes de bombeamento:  $(13,45 - 3,40 \text{ m} = 10 \text{ m})$ .

Toda a análise realizada com base nos perfis litológicos apresentados por Melo Jr. & Marmos (2006) e Melo Jr. *et al.* (2010) indicam uma camada superior, argilo-siltosa recobrindo uma camada arenosa inferior, em repouso discordante sobre argilitos da Formação Solimões (**figuras 4.1 e 4.2**). Essa uniformidade, entretanto, pode ser aparente. Os próprios autores admitem que “nota-se nos perfis padrão descontínuo das camadas arenosas e argilosas, dispostas em um arranjo de camadas lenticulares que se intercalam e refletem o ambiente fluvial meandrante de sua formação”. A *descontinuidade lateral* desses sedimentos, com efeito, é o que se deve esperar, em se tratando de uma deposição aluvial.

A integração dos dados obtidos pela ANA com aqueles obtidos por Melo Jr. & Marmos (2006) mostra que, frequentemente, *os níveis estáticos no final do verão se situam na camada superior argilo-siltosa*, embora isso não seja a regra geral. As expectativas, portanto, são de que o Aquífero Rio Branco ocorra interdigitado com o recobrimento argilo-siltoso, numa situação que pode ser aproximada pelo perfil esquemático mostrado na **figura 4.3**.



**Figura 4.3** – Interdigitações no Aquífero Rio Branco, que podem explicar a falta de conexão direta do mesmo com o rio Acre, embora ela exista no recobrimento argilo-siltico.

A drenagem gravitacional evidenciada nos testes realizados pela ANA-PHA, reforça a necessidade de considerar o Aquífero Rio Branco como predominantemente livre, homogêneo e anisotrópico, envolvendo todo o pacote aluvial abaixo do freático. Além disso, essa preferência foi motivada pela significativa variação desse freático entre o final do inverno e o final do verão, constatada nas campanhas de campo. Provavelmente por terem interpretado a drenagem gravitacional como drenança, Melo Jr. & Marmos (2006) consideram



o aquífero Rio Branco como semiconfinado, sendo essa uma hipótese possível, na medida em que não exclui a possibilidade de recarga induzida de uma fonte externa. Mas isso é pouco provável, pois neste caso não há uma fonte de recarga sobre o aquífero, a não ser a recarga pluvial e recarga fluvial por inundação. Também, não há evidência de recarga lateral pelo rio Acre para o aquífero Rio Branco induzida pelos bombeamentos, segundo os mapas potenciométricos (**figuras 4.9a e 4.9b**). Ademais, os resultados obtidos pelo método de Neuman (1975) corroboram plenamente a hipótese de aquífero livre, homogêneo e anisotrópico, como será visto a seguir, com a interpretação dos testes de bombeamento (**item 4.1.2.2**).

#### 4.1.2 – Propriedades Hidráulicas

As propriedades hidráulicas do aquífero Rio Branco foram avaliadas através de testes de bombeamento conduzidos no âmbito do Projeto ANA-PHA e ainda através de valores compilados de estudos anteriores realizados em Rio Branco, referidos no texto.

##### **Considerações sobre a Condutividade Hidráulica dos Aquíferos**

Para auxiliar na compreensão do significado dos valores de condutividade hidráulica determinados nos testes de aquífero realizados em Rio Branco e também dos valores conhecidos da literatura e apresentados neste relatório, a **tabela 4.1** (Fetter, 1994) indica a natureza litológica dos materiais geológicos esperados, de acordo com a magnitude dos valores desse parâmetro.

**Tabela 4.1** – Faixa de valores de condutividade hidráulica em depósitos inconsolidados de natureza análoga à do Aquífero Rio Branco em m/s e m/dia (Adaptado de Fetter, 1994).

Depósitos Inconsolidados	Condutividade Hidráulica	
	m/s	m/dia
Cascalho	$10^{-4}$ a $10^{-2}$	$8,6 \times 10^0$ a $8,6 \times 10^2$
Areias bem selecionadas	$10^{-5}$ a $10^{-3}$	$8,6 \times 10^{-1}$ a $8,6 \times 10^1$
Areias siltsas, areias finas	$10^{-7}$ a $10^{-5}$	$8,6 \times 10^{-3}$ a $8,6 \times 10^{-1}$
Siltos, areias siltsas, areias argilosas	$10^{-8}$ a $10^{-6}$	$8,6 \times 10^{-4}$ a $8,6 \times 10^{-2}$
Argilas	$10^{-11}$ a $10^{-8}$	$8,6 \times 10^{-7}$ a $8,6 \times 10^{-4}$

##### 4.1.2.1 – Execução de Testes de Bombeamento

A realização de testes de bombeamento, ou mais adequadamente denominados de testes de aquífero, tem por objetivo fundamental a obtenção dos valores dos coeficientes de transmissividade, de condutividade hidráulica e de armazenamento, parâmetros hidrodinâmicos de fundamental importância para posterior avaliação das reservas hídricas acumuladas no aquífero.

Esses testes devem ser realizados por pessoal técnico que possua amplo conhecimento hidrogeológico, pois de um teste bem executado podem resultar valores confiáveis na sua interpretação, uma vez que durante a realização do trabalho de campo é comum ocorrer problemas que o leigo não tem condições de resolver a contento.

Foi com esse espírito e essa preocupação que os testes de aquífero na região amazônica, objeto do presente trabalho, foram executados no campo por toda a equipe técnica sênior alocada ao projeto, visando obter os melhores

resultados possíveis. Os testes de bombeamento, numa classificação mais ampla, podem ser divididos em: testes de aquífero e testes de produção.

Os testes de aquífero consistem no bombeamento de um poço com uma vazão constante (ou estabilizada ao longo do teste) e, sempre que possível, no acompanhamento da evolução dos rebaixamentos produzidos em um ou mais poços de observação. Quando inexistem poços de observação ou piezômetros, o coeficiente de armazenamento pode ser avaliado de forma aproximada supondo que o raio do poço é infinitamente pequeno. Com essa hipótese o armazenamento no poço se torna desprezível e o armazenamento do aquífero pode ser estimado a 1 m de distância, ou seja, nas proximidades imediatas do poço para permitir o uso dos dados do poço bombeado como se fossem de um poço de observação a essa distância.

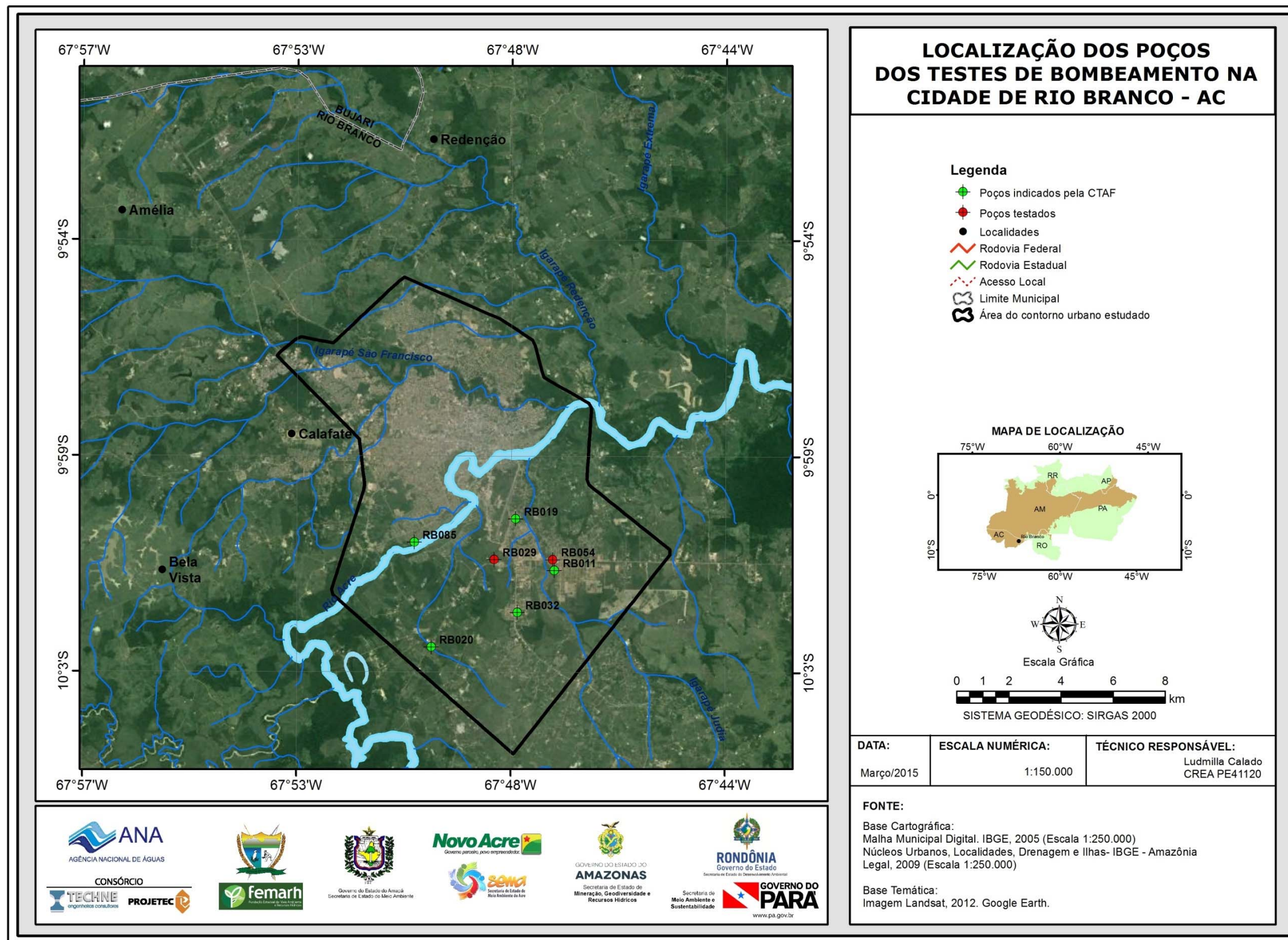
No caso específico do estudo de Rio Branco, para a realização de dois testes de bombeamento, foram indicados pela CTAF – Comissão Técnica de Acompanhamento e Fiscalização, 5 (cinco) pontos: RBR31, RBR32, RBR33, RBR34, RBR35. Como em campo nenhum deles ofereceu condições, dois outros (RBR19 e RBR01) mais próximos possíveis dos indicados foram selecionados e neles realizados os testes (**figura 4.4**).

Os pontos indicados pela CTAF foram visitados para que a escolha de dois deles pudesse ser feita. O RBR31 situa-se numa ETA do DEPASA onde existem quatro poços instalados com bomba submersa. Essas bombas, entretanto, não estão em operação. Dessa forma, o ponto sugerido não pôde ser testado e foi escolhido o RBR01 a 430 m de distância. Os três poços seguintes (RBR32, RBR33, RBR34) situam-se em empresas fornecedoras de água. Em todos os três sítios existem de 4 a 6 poços espaçados de apenas 10 metros, em média. Segundo informação dos proprietários dessas empresas, é inviável, do ponto de vista comercial, manter todos os poços, menos o poço a ser testado, paralisados ou bombeando, durante as 36 horas do teste. Assim sendo, não houve condições de testá-los. O ponto RBR35, por sua vez, situa-se numa empresa fornecedora de areia, às margens do Rio Acre. Nesse caso, a proprietária não concordou com a realização do teste, alegando a utilização excessiva da sua bomba.

Em face do acima exposto, os pontos sugeridos pela ANA não puderam ser testados. Assim, foram selecionados os pontos RBR19 e RBR01 que ofereciam condições satisfatórias e neles foram realizados os testes no aquífero Rio Branco (**anexo 7.1**). As medidas de nível dinâmico foram executadas com uma sonda elétrica sonora e a medição de vazão através de método volumétrico. As características desses poços são indicadas na **tabela 4.2**.

**Tabela 4.2** – Características dos poços utilizados nos testes de bombeamento realizados na cidade de Rio Branco - AC.

Ponto	UTM (E)	UTM (N)	Profundidade (m)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)
RBR19	630909	8893153	11	2,76	3,49	1,52
RBR01	633143	8893159	11	4,75	4,75	1,29

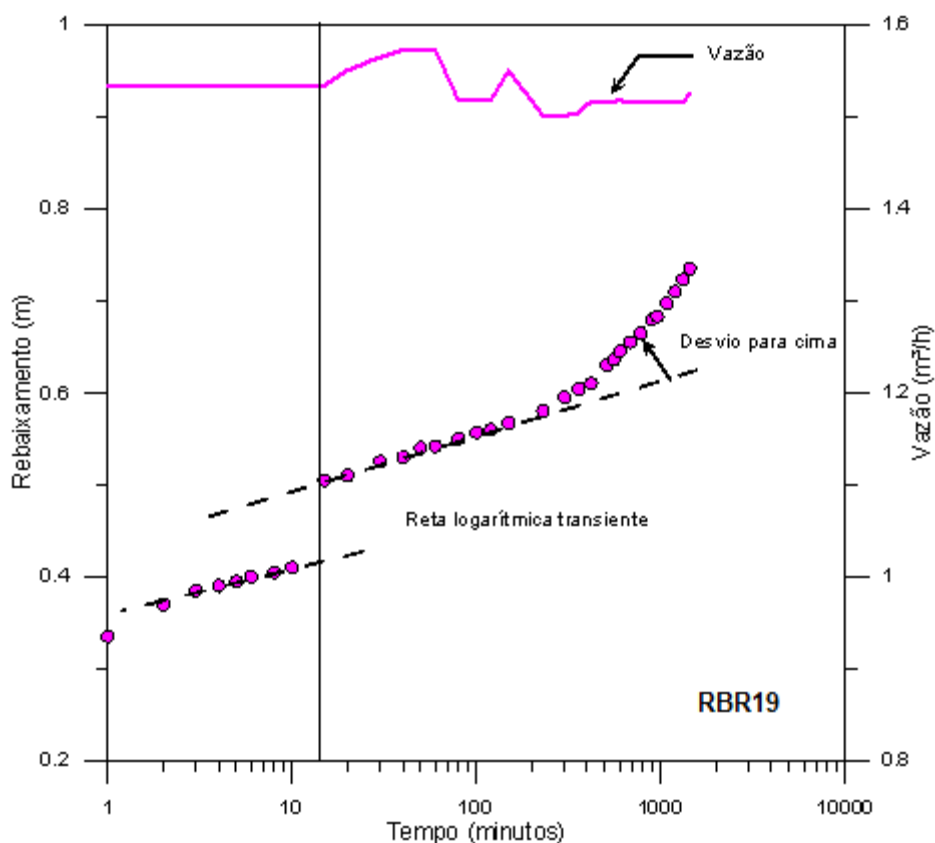


**Figura 4.4** – Localização dos pontos indicados pela CTAF (pontos verdes) para os testes de bombeamento em Rio Branco e localização dos pontos efetivamente testados (pontos vermelhos) pelos motivos descritos.

#### 4.1.2.2 – Interpretação dos Testes de Bombeamento

Dois métodos foram utilizados na interpretação dos testes de bombeamento realizados na cidade de Rio Branco - AC:

- O primeiro foi o semilogarítmico de Cooper & Jacob (1946) previsto para aquífero confinado, homogêneo e anisotrópico;
- O segundo é o método de Neuman (1975), previsto para aquífero livre, homogêneo e anisotrópico, cuja aplicação se tornou indispensável por razões diversas, dentre elas, em particular, a necessidade de conhecer a porosidade efetiva. Outras razões que justificam esse método como o mais apropriado para o aquífero Rio Branco, incluem a observação de que nas curvas semilogarítmicas de rebaixamento x tempo registradas nos testes realizados em Rio Branco no âmbito do projeto PHA, os trechos terminais exibem um desvio da reta logarítmica transiente para cima (**figura 4.5**), quando o comportamento normal seria o desvio para baixo, no modelo de Cooper & Jacob (1946), a menos que houvesse interferência de outros poços em bombeamento, o que não é o caso.



**Figura 4.5** – Curvas de rebaixamento x tempo e Vazão x tempo no teste do poço RBR19 realizado no aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco – AC.

### Método Semilogarítmico de Cooper & Jacob (1946)

Como os testes de bombeamento foram essencialmente de produção, conforme especificado nos TDRs, o procedimento preferencial de análise empregado foi o método aproximativo de Jacob (forma aproximada da **equação 4.1** de Theis), segundo Manoel Filho (2007), que o aplicou usando o *software Grapher*. No presente trabalho, o referido método é a seguir descrito, e a sua aplicação feita através de planilha *Excel*.

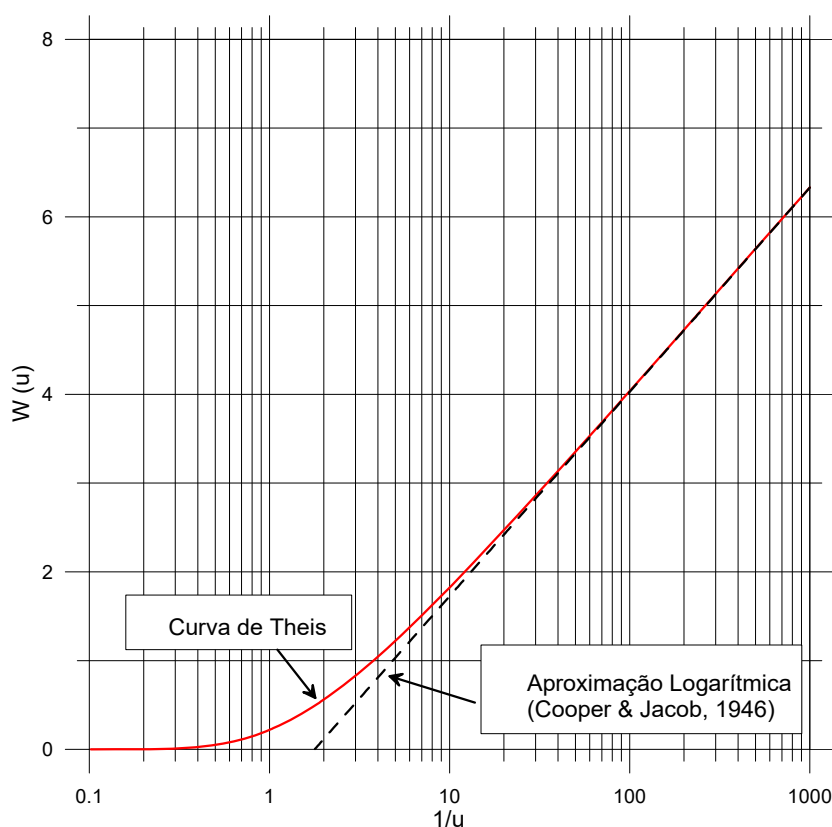
$$\text{Equação do rebaixamento: } s = \frac{Q}{4\pi T} W(u) \quad \text{sendo } u = \frac{r^2 S}{4Tt} \quad (4.1)$$

Parâmetros:

$$T = \frac{Q}{4\pi s} W(u) \quad (4.1a)$$

$$S = \frac{4Ttu}{r^2} \quad (4.1b)$$

Cooper & Jacob (1946) mostraram que para valores de  $u < 0,01$  ou  $1/u > 100$ , a função do poço  $W(u) \cong -0,5772 - \ln u$ . Esta é a chamada aproximação logarítmica da função de Theis, ilustrada na **figura 4.6**.



**Figura 4.6** – Ilustração gráfica da aproximação logarítmica da função  $W(u)$  (Cooper & Jacob, 1946).

Substituindo a aproximação logarítmica na **equação (4.1)** obtém-se a **equação (4.2)** de Jacob.

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \ln\left(\frac{2,25Tt}{r^2 S}\right) \quad (4.2)$$

Essa equação pode ser escrita sob a forma:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \ln(t) + \frac{Q}{4\pi T} \ln\left(\frac{2,25T}{r^2 S}\right) \quad (4.3)$$

ou ainda sob a forma mais simples:

$$s = M \ln(t) + N \quad (4.4)$$

A declividade da reta logarítmica decimal (**equações 4.2 e 4.3**) é dada por:

$$M = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{\ln t_2 - \ln t_1} = \frac{Q}{4\pi T} \quad (4.5)$$

Comparando então as **equações (4.3) e (4.4)**, tem-se:

$$M = \frac{Q}{4\pi T} \quad ; \quad N = \frac{Q}{4\pi T} \ln\left(\frac{2,25T}{r^2 S}\right) \quad (4.6)$$

Por outro lado, a **equação (4.2)** permite verificar que o rebaixamento  $s = 0$  ocorre em um instante  $t_0$  tal que:

$$\frac{2,25Tt_0}{r^2 S} = 1 \quad \text{e portanto,} \quad S = \frac{2,25Tt_0}{r^2} \quad (4.7)$$

Como os valores dos parâmetros  $M \left[ \frac{m}{\min} \right]$  e  $N [m]$  são obtidos automaticamente no ajuste feito no computador, o valor de  $t_0$  pode ser deduzido da **equação (4.3)**, expressa sob a forma:

$$0 = M \ln t_0 + N \quad \Rightarrow \quad M \ln t_0 = -N \quad \Rightarrow \quad t_0 = \exp\left(-\frac{N}{M}\right) \quad (4.8)$$

Esses resultados conduzem finalmente às seguintes equações e parâmetros:

$$\text{Equação do rebaixamento:} \quad s(t) = M \ln(t) + N \quad (4.9)$$

$$\text{Parâmetros:} \quad M = \left[ \frac{\Delta s}{2,303 \log(\Delta t)} \right] \quad \Rightarrow \quad \Delta s = 2,303 M$$

$$T = \frac{0,183 Q}{\Delta s} \quad (4.10)$$

$$S = \frac{2,25 T \times 60 \times \exp\left(-\frac{N}{M}\right)}{r^2} \quad (4.11)$$

Nas **equações 4.1, 4.1a e 4.1b**, bem como nas **equações 4.2 a 4.11**, os significados dos símbolos utilizados são os seguintes:

- ✓  $s = s(t, r)$  = rebaixamento no ponto situado à distância  $r$ , do poço de bombeamento, no instante  $t$  após o início do bombeamento [ L ];
- ✓  $Q$  = vazão bombeada do poço [ L<sup>3</sup>/T ];

- ✓  $T$  = coeficiente de transmissividade do aquífero [  $L^2/T$  ];
- ✓  $S$  = coeficiente de armazenamento do aquífero [ ];
- ✓  $W(u)$  = função do poço para aquífero confinado ou função de Theis;
- ✓  $u$  = argumento da função do poço;
- ✓  $M$  = coeficiente angular ou declividade da reta logarítmica decimal (**equação 4.4**);
- ✓  $N$  = coeficiente linear ou ordenada na origem da reta logarítmica decimal (**equação 4.4**);
- ✓  $\Delta s = s_2 - s_1$  = variação do rebaixamento entre dois instantes, no intervalo de tempo  $\Delta t = t_2 - t_1$  ;
- ✓  $t_0$  = tempo medido sobre o eixo das abscissas no ponto de rebaixamento  $s = 0$  .

### **Metodologia de execução**

Construir um gráfico monolog de rebaixamento versus tempo e nele efetuar um ajuste logarítmico, para obter a reta  $S = Mn(t) + N$  (**equação 4.9**).

Calcular os parâmetros do aquífero, usando as **equações (4.10)** e **(4.11)**.

Em Rio Branco os testes foram realizados sem poço de observação e, portanto, o procedimento é aplicável ao poço bombeado supondo que o raio do mesmo é desprezível e calculando o coeficiente de armazenamento a uma distância  $r = 1$  m (na ausência de perdas singulares e desde que os resultados obtidos se mantenham dentro das ordens de grandeza esperadas para o tipo de aquífero analisado).

No **anexo 7.1** são encontradas, para cada teste, as planilhas de dados de rebaixamento e recuperação, os gráficos e os parâmetros hidráulicos obtidos.

### **Método de Neuman (1975)**

Nas curvas de rebaixamento x tempo registradas nos testes realizados em Rio Branco no âmbito do projeto ANA PHA, o efeito observado na **figura 4.5** é interpretado como de drenagem gravitacional retardada oriunda da camada siltico-argilosa superior, que permite classificar o aquífero Rio Branco (usando o modelo de Neuman, 1975), como LIVRE, HOMOGENEO E ANISOTRÓPICO representado pelo pacote aluvial completo e não apenas pela camada arenosa inferior, como inicialmente descrito neste relatório e como tem sido considerado até agora em estudos anteriores. De fato, pode ser visto na **figura 4.7a** que a família de curvas padrão Tipo A de Neuman, para tempos curtos se desvia da curva de Theis quando começa a drenagem gravitacional e para tempos longos, assume o padrão Tipo B e quando cessa a drenagem gravitacional, tende para a curva de Theis, como mostrado na **figura 4.7b**, usando como exemplo a curva de rebaixamento do ponto RBR01.

Também nesse caso, incluindo a estimativa do coeficiente de armazenamento  $S$  para uma distância  $r$  igual à espessura do aquífero (por falta de poço de observação), a avaliação dos parâmetros hidráulicos foi feita usando-se o *software Grapher*, pelo método clássico de superposição envolvendo os seguintes passos:

- 1) Construção, em gráfico dilog, das famílias de curvas padrão de Neuman (Tipo A e Tipo B) de rebaixamento adimensional  $S_D$  em função dos tempos adimensionais  $t_s$  e  $t_y$  como descrito em Batu (1998), para uma faixa de valores práticos do fator de drenagem gravitacional  $\beta$ , como os usados nas **figuras 4.7a e 4.7b**;
- 2) Construção, em gráfico dilog, da curva de rebaixamento x tempo, com os dados medidos no campo, sobre o gráfico da família de curvas (Tipo A e Tipo B) padrão de Neuman;
- 3) Selecionar e arrastar o gráfico de campo sobre o gráfico das curvas padrão até encontrar a curva padrão dilog Tipo A, que melhor se ajusta ao trecho inicial da curva de campo;
- 4) Escolher um ponto arbitrário sobre os gráficos superpostos na posição em que se encontram, anotar o valor de  $\beta$  e fazer a leitura dos valores das coordenadas  $s$  e  $S_D$  nos eixos verticais e de  $t$  e  $t_s$  nos eixos horizontais;
- 5) Repetir os passos 3 e 4 arrastando sobre as curvas padrão Tipo B, o trecho final da curva de campo até obter o melhor ajuste e sobre o ponto arbitrário escolhido anotar o valor de  $\beta$  e os valores das coordenadas  $s$  e  $S_D$  nos eixos verticais das coordenadas  $t$  e  $t_y$  nos eixos horizontais;
- 6) Com os valores conhecidos de  $Q$ ,  $s$  e  $S_D$  calcular a transmissividade do aquífero usando a **equação (4.12)**:

$$T = \frac{Q S_D}{4\pi s} \quad (4.12)$$

- 7) Usando a transmissividade e a espessura do aquífero, calcular a condutividade hidráulica horizontal usando a **equação (4.13)**:

$$K_h = \frac{T}{b} \quad (4.13)$$

- 8) Avaliar o grau de anisotropia a partir da **equação (4.14)**:

$$K_D = \frac{K_v}{K_h} = \beta \left( \frac{b}{r} \right)^2 \quad (4.14)$$

- 9) Avaliar a condutividade hidráulica vertical usando a equação **(4.15)**:

$$K_v = K_D \times K_h \quad (4.15)$$

- 10) Avaliar o coeficiente de armazenamento através da **equação (4.16)**:

$$S = \frac{Tt}{t_s r^2} \quad (4.16)$$

- 11) Avaliar a porosidade efetiva por meio da **equação (4.17)**:



$$S_y = \frac{Tt}{t_y r^2} \quad (4.17)$$

Nas **equações 4.12 a 4.17**, os significados dos símbolos utilizados são:

$s_D$  = rebaixamento adimensional [ ];

$K_h$  = condutividade hidráulica horizontal [L/T];

$K_v$  = condutividade hidráulica vertical [L/T];

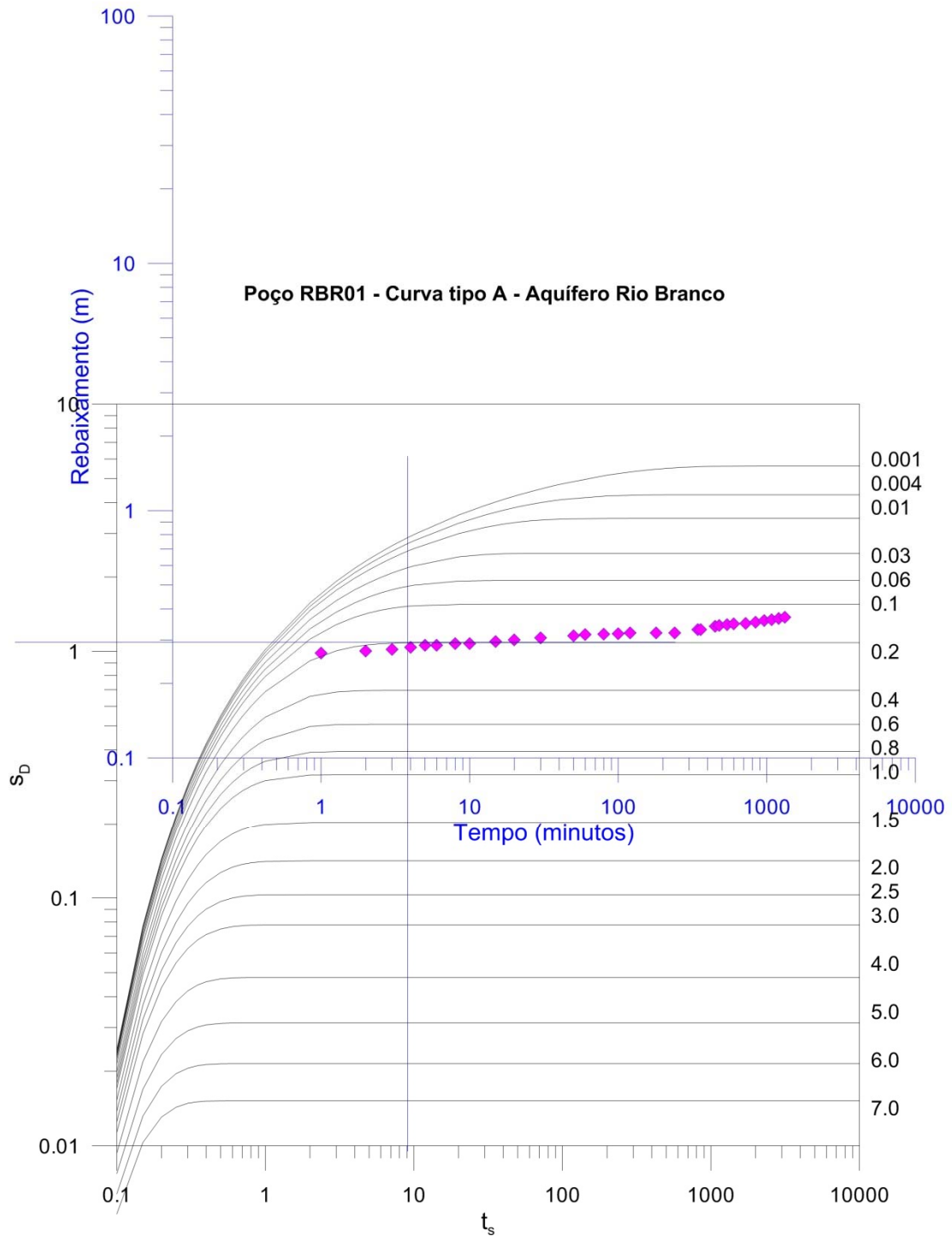
$b$  = espessura do aquífero [ L];

$K_D$  = grau de anisotropia do aquífero [ ];

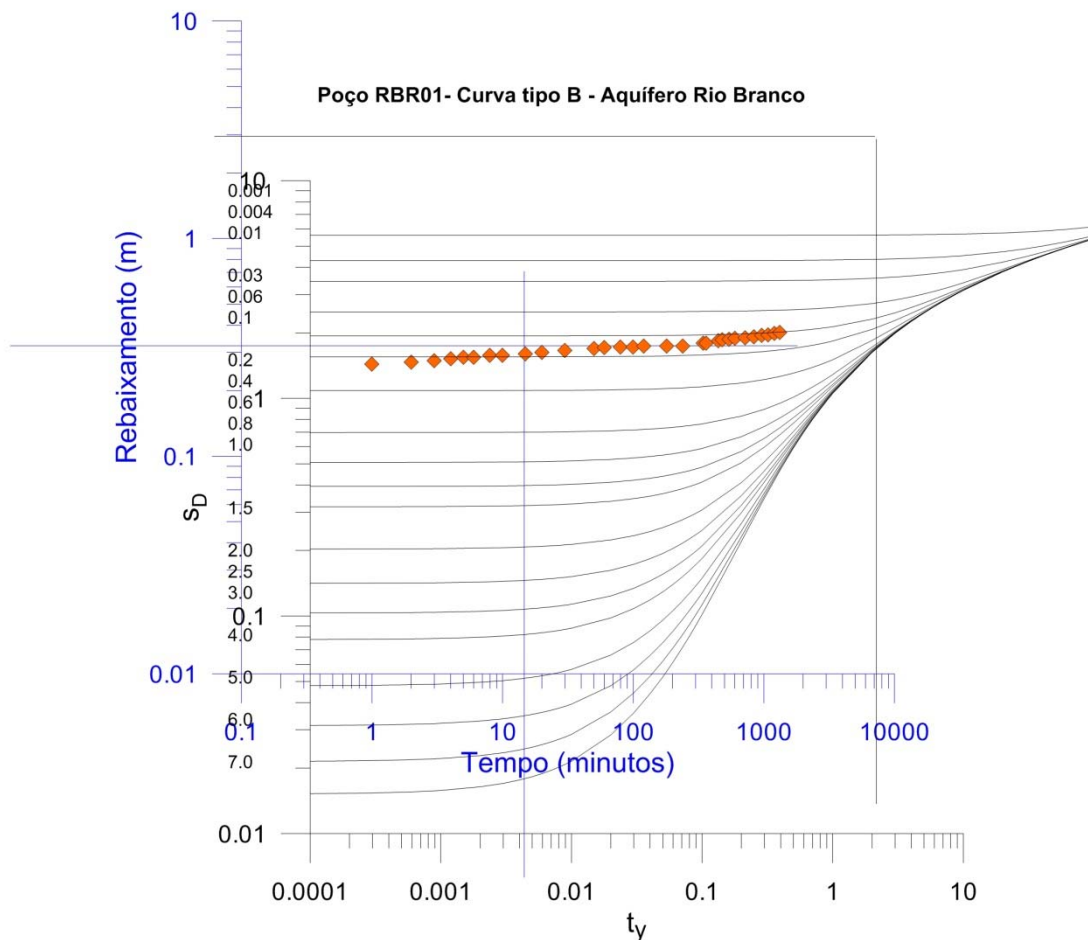
$\beta$  = fator de drenagem retardada [ ];

$t_s$  e  $t_y$  = parâmetros temporais adimensionais para tempos curtos e tempos longos, respectivamente [ ];

$S_y$  = porosidade efetiva ou coeficiente de armazenamento do aquífero livre [ ].



**Figura 4.7a** – Família de curvas padrão Tipo A de Neuman (1975) para tempos curtos, mostrando, com o exemplo do teste do ponto RBR01 ajustado na curva  $\beta=0,2$ , que o rebaixamento não estabiliza, mas se desvia para tempos longos (quando cessa o efeito da drenagem gravitacional) e tende para a curva de Theis.



**Figura 4.7b** – Família de curvas padrão Tipo B de Neuman (1975) para tempos longos, mostrando, (com o exemplo do teste do ponto RBR01 ajustado na curva  $\beta=0,2$ ), que o rebaixamento não estabiliza, mas se desvia para tempos longos (quando cessa o efeito da drenagem gravitacional) e tende para a curva de Theis.

#### 4.1.2.3 – Parâmetros Hidráulicos Obtidos

##### **Método Semilogarítmico de Cooper & Jacob (1946)**

Esse método foi aplicado supondo o aquífero confinado. No âmbito do Projeto ANA-PHA foi deduzida uma espessura média de 4,74 m para a camada de areia a partir do bloco 3D da **figura 4.2**. Melo Jr. & Marmos (2006) obtiveram um valor muito próximo, haja vista que estimaram em 5 m a espessura do aquífero confinado Rio Branco. Nessas condições os valores médios das propriedades hidráulicas avaliadas pelo método de Cooper & Jacob (1946) (**anexo 7.1**) são apresentados na **tabela 4.3**.

Os valores de condutividade hidráulica ( $K$ ) foram, respectivamente, de 14,61 m/dia no poço RBR19 e de um valor 3,79 vezes maior, igual a 55,40 m/dia no ponto RBR01. Ambos são valores muito altos e típicos de material muito permeável, resultando numa média de 35 m/dia, indicativa de areias bem

selecionadas, que se enquadram na faixa de 8,6 m/dia a 860 m/dia (**tabela 4.1**). Todavia, a estimativa desse valor médio supõe que toda a água bombeada foi extraída apenas do armazenamento da camada de areia (aquífero confinado), quando na verdade parte dessa água resultou de drenagem gravitacional oriunda dos níveis superiores, o que leva a concluir que esse valor é superestimado.

O coeficiente de transmissividade ( $T$ ), por exemplo, linearmente dependente da condutividade hidráulica é, obviamente, 3,79 vezes maior do que a mesma, variando de 73 a 277 m<sup>2</sup>/dia, com média de 175 m<sup>2</sup>/dia e, portanto, também está superestimado.

**Tabela 4.3** – Parâmetros hidráulicos avaliados pelo método semilogarítmico de Jacob para o aquífero “confinado” Rio Branco na cidade de Rio Branco – AC.

Código	UF	Local	Longitude	Latitude	Aquífero	T	K	S (adm)
			Decimal	Decimal		(m <sup>2</sup> /dia)	(m/dia)	
RBR19	AC	Bombeiros	-67,80557	-10,01079	Rio Branco	73,06	14,61	1,68E-04
RBR01	AC	Belo Jardim	-67,78519	-10,01066	Rio Branco	277,02	55,40	8,71E-03
<b>Média</b>						<b>175,04</b>	<b>35,01</b>	<b>4,44E-03</b>

T = transmissividade; K = condutividade hidráulica; S = coeficiente de armazenamento.

O coeficiente de armazenamento ( $S$ ) foi de 1,68 E-04 (indicativo de aquífero confinado) no poço RBR19 e 8,17E-03 (indicativo de aquífero pouco confinado ou semiconfinado) no ponto RBR01. Esses valores de  $S$  foram estimados de maneira aproximada (para  $r = 1$  m) na falta de poço de observação, mas são julgados possíveis com o modelo adotado de Cooper & Jacob e deles resulta um valor médio de  $4,4 \times 10^{-3}$  indicativo de um confinamento muito fraco.

Seja como for, a hipótese inicialmente adotada de aquífero Rio Branco confinado na interpretação dos testes da ANA-PHA forneceu valores superestimados e, sobretudo discrepantes, dos parâmetros hidráulicos de transporte, como já mencionado e leva a concluir que esse método não é apropriado para o caso, daí resultando a necessidade de uma reavaliação desses parâmetros por outro método, mais condizente com a hipótese de aquífero livre, pelas razões anteriormente já enumeradas.

#### **Parâmetros compilados de estudos anteriores**

Também obtidos pelo método aproximativo de Cooper & Jacob (1946) foram compilados de Melo Jr. *et al.* (2010) os parâmetros hidráulicos de testes realizados em 3 (três) poços mostrados na **tabela 4.4**. Nos poços 2 e 3 a condutividade hidráulica variou de aproximadamente 4 a 7 m/dia, indicando média em torno de 6 m/dia e o coeficiente de armazenamento oscilou de 0,004 a 0,006 (aquífero pouco confinado ou semiconfinado). No poço 1 a condutividade hidráulica, em relação à dos poços 2 e 3, é de 6 a quase 10 vezes maior. A média dos três valores avaliados desse parâmetro é igual a 17,92 m/dia. Já o valor de 0,766 para o coeficiente de armazenamento ( $S$ ), no teste do poço 1 ultrapassa os limites esperados, tanto para aquífero livre quanto para confinado e pode ser descartado, porque é inconsistente.

A espessura média do aquífero e os parâmetros médios fundamentais de transporte e armazenamento resultantes dos testes de Melo Jr. *et al.* (2010) avaliados pelo método de Cooper & Jacob (1946), são respectivamente de:  $b = 5\text{ m}$ ;  $K = 18\text{ m/dia}$ ;  $S = 4,7 \times 10^{-3}$ . Com exceção da condutividade hidráulica, que é cerca de duas vezes menor, revelando mais uma discrepância, esses valores são muito altos e praticamente conferem com aqueles que foram obtidos pela ANA PHA e julgados superestimados e discrepantes, porque o método de Cooper & Jacob (1946) não é apropriado para o aquífero Rio Branco, que é do tipo livre e foi interpretado como confinado.

**Tabela 4.4** – Parâmetros hidráulicos do aquífero “confinado” Rio Branco na cidade de Rio Branco – AC, segundo Melo Jr. *et al.* (2010).

Poço	b (m)	T			K			S
		m <sup>2</sup> /s	m <sup>2</sup> /h	m <sup>2</sup> /dia	m/s	m/h	m/dia	
1	5,0	2,47E-03	0,059	213,20	4,94E-04	0,012	42,64	7,66E-01
2	5,0	3,88E-04	0,009	33,51	7,76E-05	0,002	6,70	5,60E-03
3	5,0	2,57E-04	0,006	22,18	5,13E-05	0,001	4,44	3,70E-03
<b>Média</b>	<b>5,0</b>	<b>3,2E-04</b>	<b>0,008</b>	<b>27,8</b>	<b>6,4E-05</b>	<b>0,002</b>	<b>17,92</b>	<b>4,7E-03</b>

b = espessura do aquífero confinado; T = transmissividade do aquífero confinado; K = condutividade hidráulica do aquífero confinado; S= coeficiente de armazenamento do aquífero confinado.

#### **Método de Neuman (1975)**

Os dados dos poços testados em Rio Branco no âmbito do Projeto PHA são apresentados na **tabela 4.2** e nas planilhas dos **anexos 7.1.1.1.** e **7.1.2.1.**

Os resultados obtidos nos testes realizados, no poço RBR19 e RBR01, ambos com 11 m de profundidade, reavaliados pelo método de Neuman (1975) reconhecendo o aquífero Rio Branco como livre, homogêneo e anisotrópico, são mostrados na **tabela 4.5**. Eles incluem as propriedades hidráulicas fundamentais referentes à espessura (**figura 4.2** e **item 4.1.1**) e aos parâmetros de transporte e armazenamento (para  $r = 10\text{ m}$ ) do aquífero Rio Branco na cidade de Rio Branco - AC.

**Tabela 4.5** – Parâmetros hidráulicos avaliados pelo método de Neuman (1975) para o aquífero Rio Branco na cidade de Rio Branco – AC.

Aquífero	b (m)	Kh (m/dia)	Kv (m/dia)	T (m <sup>2</sup> /dia)	S	Sy
Rio Branco	10	0,89	0,18	8,85	3,25E-05	0,12

b=Espessura saturada; K = condutividade hidráulica; T = transmissividade; S = coeficiente de armazenamento; Sy= Porosidade efetiva.

#### 4.1.2.4 – Conclusão sobre os Resultados Obtidos

Os testes de bombeamento foram inicialmente interpretados pelo método aproximativo de Cooper & Jacob (1946) supondo o aquífero **confinado**, uma vez que conforme a análise realizada com base nos perfis litológicos apresentados por Melo Jr. & Marmos (2006) e Melo Jr. *et al.* (2010) existe uma camada superior, argilo-siltosa recobrimdo uma camada arenosa inferior, então designada de aquífero Rio Branco, em repouso discordante sobre argilitos da Formação Solimões.

A integração dos dados obtidos pela ANA com aqueles obtidos por Melo Jr. & Marmos (2006) mostra que, frequentemente, *os níveis estáticos no final do verão se situam na camada superior argilo-siltosa*. Esta circunstância seria uma explicação para o fato de não haver uma ligação direta entre a camada arenosa inferior, descrita por Melo Jr. & Marmos (2006) como aquífero Rio Branco e o rio Acre, como deixam transparecer o fluxo subterrâneo paralelo a esse rio revelado pelos mapas potenciométricos adiante apresentados (**figuras 4.9a e 4.9b**).

Os parâmetros hidráulicos obtidos pelo método de Cooper & Jacob (1946), tanto pela ANA-PHA quanto por Melo Jr. & Marmos (2006), se revelaram inconsistentes por serem muito discrepantes e superestimados. Isso se deve ao fato de que o método empregado não é apropriado para as condições do aquífero livre Rio Branco. Isso motivou a reavaliação dos parâmetros pelo método de Neuman (1975).

De fato, a significativa variação do nível de água do aquífero entre o final do inverno e o final do verão, constatada nas campanhas de campo (média de 1,42 m), levou a que se julgasse preferível considerar inicialmente o Aquífero Rio Branco como predominantemente **livre**, envolvendo todo o pacote aluvial abaixo do freático.

Além desse fato, as curvas de rebaixamento x tempo obtidas nos testes de 24 horas realizados pela ANA PHA mostraram para tempos longos, uma tendência de desvio da reta logarítmica transiente para cima (**figura 4.5**), indicativo da ocorrência de drenagem gravitacional. Essa condição, típica de aquífero livre com drenagem retardada, tornou necessária a reavaliação dos testes pelo método de Neuman (1975), que se aplica para aquífero **livre, homogêneo e anisotrópico**. Os resultados confirmaram que o aquífero Rio Branco é do tipo livre, homogêneo, anisotrópico e não se restringe à camada arenosa inferior, mas a todo o pacote aluvial, com espessura média saturada de 10 m (**item 4.1.1**).

Como se observa na **tabela 4.6**, os valores dos parâmetros determinados nos dois poços são muito próximos e não apresentam diferenças significativas.

**Tabela 4.6 – Parâmetros hidráulicos avaliados pelo método de Neuman (1975) para o aquífero Rio Branco na cidade de Rio Branco – AC.**

TESTE	Curva Tipo	T m <sup>2</sup> /dia	b (m)	K (m/dia)	β	r (m)	S	Sy	KD
RBR19	A	8,7	10	0,87	0,2	10	3,45E-06	-	1/5
	B	7,13	10	0,71	0,2	10	-	0,08	1/5
<b>Média RBR19</b>		<b>7,92</b>	<b>10</b>	<b>0,79</b>	<b>0,2</b>	<b>10</b>	<b>3,45E-05</b>	<b>0,08</b>	1/5
RBR01	A	9,87	10	0,99	0,2	10	3,05E-05	-	1/5
	B	9,69	10	0,97	0,2	10	-	0,17	1/5
<b>Média RBR01</b>		<b>9,78</b>	<b>10</b>	<b>0,98</b>	<b>0,2</b>	<b>10</b>	<b>3,05E-05</b>	<b>0,17</b>	1/5
<b>Aquífero</b>		<b>8,85</b>	<b>10</b>	<b>0,89</b>	<b>0,2</b>	<b>10</b>	<b>3,25E-05</b>	<b>0,12</b>	<b>1/5</b>

T = transmissividade; b=Espessura saturada; K = condutividade hidráulica; β = fator de drenagem gravitacional; r = distância de avaliação do armazenamento; S = coeficiente de armazenamento; Sy= Porosidade efetiva; KD= Grau de anisotropia.

Para um funcionamento correto de poços no aquífero Rio Branco, o rebaixamento máximo permissível, incluindo interferências, é de 25% da espessura saturada. Assim sendo, em termos práticos, pode-se ter uma ideia da magnitude dos valores dos parâmetros hidráulicos (se são altos ou baixos e por que razão) avaliando a capacidade máxima de produção esperada para um poço de 6" (150 mm) e 10 m de profundidade, em regime estacionário, para um raio de influência de 100 m, usando a clássica fórmula de Dupuit (**equação 4.18**), na qual o significado dos parâmetros utilizados é o seguinte:

$h_0$  = espessura saturada inicial do aquífero no poço (m);

$h_p$  = espessura saturada dentro do poço em bombeamento e em regime estacionário (m);

$r_0$  = raio de influência do poço em bombeamento (m);

$r_p$  = raio do poço bombeado (m).

$$Q = \pi K \frac{(h_0^2 - h_p^2)}{\ln\left(\frac{r_0}{r_p}\right)} = 0,89\pi \times \frac{10^2 - 7,5^2}{\ln\left(\frac{100}{0,0762}\right)} \cong 17 \text{ m}^3 / \text{dia} \quad (4.18)$$

Mesmo sem incluir as interferências, a baixa capacidade de produção individual esperada para poços, revelada pela **equação 4.18**, em regime de equilíbrio no aquífero Rio Branco sugere que a exploração desse aquífero por empresa concessionária de abastecimento público é inviável. Não obstante, os aproveitamentos domésticos individuais, durante poucas horas por dia, da forma como já vem sendo praticados são tecnicamente viáveis, mas não devem continuar se realizando através de poços mal construídos e sem a devida proteção sanitária.

### **4.1.3 - Recarga e Descarga de Água Subterrânea**

#### **4.1.3.1 – Variações de Nível Estático**

A partir das medições de profundidade do nível de água dos poços localizados na cidade de Rio Branco, cujos resultados são apresentados na **tabela 4.7**, foram elaborados para o aquífero Rio Branco os mapas de profundidade de nível da água subterrânea e de potenciometria (curvas potenciométricas), para cada período de medição (chuvoso e estiagem).

A distribuição espacial da profundidade das águas subterrâneas em Rio Branco, no período chuvoso de abril de 2012, ilustrada na **figura 4.8a**, mostra que os níveis predominantes do aquífero Rio Branco são pouco profundos, na faixa de 0 a 2 m, que se distribui por toda a área de estudo. Secundariamente, a faixa de 2 a 4 m de profundidade ocorre no setor centro-sul, enquanto que níveis superiores a 6 m ficam restritos a duas manchas isoladas.

No período de estiagem (**figura 4.8b**), em outubro de 2012, as águas subterrâneas da área noroeste se distribuem em manchas nas faixas de profundidades de 0 a 2 m e de 4 a 6 m a SW. A faixa predominante de profundidade dos níveis de água é a de 2 a 4 m, distribuída nos setores NE, SE e centro da área. Níveis com profundidade superior a 6 m se observam em 3 (três) manchas isoladas orientadas na direção NW-SE. A presença de manchas isoladas de profundidade dos níveis em três diferentes faixas, considerando que a topografia é muito plana, ao que tudo indica se deve principalmente à exploração de água para consumo, irregularmente distribuída.

#### **4.1.3.2 – Variações de Cotas Potenciométricas**

Na região de Rio Branco, na área de estudo, ou mais precisamente na área do 2º Distrito da cidade, onde foram realizadas as duas campanhas de medição de níveis, a variação média sazonal entre abril de 2012 e outubro de 2012 foi de 1,42 m como pode ser visto na **tabela 4.7**.



**Tabela 4.7 –** Variação de níveis estáticos e de cotas potenciométricas nos poços de Rio Branco no aquífero Rio Branco, no período chuvoso (abril de 2012) e no período de estiagem (outubro de 2012).

Poço	Coordenadas		Cota Terreno (m)	1ª Campanha - Abril de 2012		2ª Campanha - Outubro de 2012		Diferença da 1ª para a 2ª Campanha
	LonDec	LatDec		Prof. NE (m)	Cota NE (m)	Prof. NE (m)	Cota NE (m)	
RBR01	-67,78553	-10,01052	146	1,54	144,46	3,43	142,57	1,89
RBR02	-67,78826	-10,00295	142	4,22	137,78	5,75	136,25	1,53
RBR03	-67,79435	-10,00889	149	2,04	146,96	2,04	146,96	0
RBR04	-67,80796	-9,972968	143	1,4	141,6	2,76	140,24	1,36
RBR05	-67,80974	-9,989333	142	2,12	139,88	3,35	138,65	1,23
RBR06	-67,81844	-9,981705	148	2,42	145,58	4,89	143,11	2,47
RBR07	-67,79998	-10,06825	137	2,92	134,38	3,51	133,79	0,59
RBR08	-67,77995	-10,00633	135	1,88	132,62	3,24	131,26	1,36
RBR09	-67,77408	-10,00331	136	1	134,8	3	132,8	2
RBR10	-67,8296	-9,982124	142	4,27	137,73	4,24	137,76	-0,03
RBR11	-67,82574	-9,992935	133	1,86	131,14	2,79	130,21	0,93
RBR12	-67,81294	-10,01801	150	3	147	5,1	144,9	2,1
RBR13	-67,81842	-10,00353	134	1,44	132,56	2,47	131,53	1,03
RBR14	-67,8017	-10,0279	145	2	143	3,63	141,37	1,63
RBR15	-67,82628	-10,00043	143	3,55	139,45	6,76	136,24	3,21
RBR16	-67,81821	-9,992257	137	0,87	136,53	1,65	135,75	0,78
RBR17	-67,78219	-10,02247	136	6,1	130,1	7,07	129,13	0,97
RBR18	-67,77481	-10,0169	135	3,74	131,56	5,18	130,12	1,44
RBR19	-67,80566	-10,01072	137	3,9	133,1	5,01	131,99	1,11
RBR20	-67,84132	-9,972833	142	2,26	139,74	5,89	136,11	3,63
RBR21	-67,79473	-9,98851	135	2,86	132,14	3,86	131,14	1
RBR22	-67,79606	-9,996726	137	4,25	132,75	5,69	131,31	1,44
RBR23	-67,77073	-10,00947	142	2	140	3,98	138,02	1,98
RBR24	-67,80077	-9,980249	140	3,49	136,51	2,9	137,1	-0,59
RBR25	-67,80615	-9,996979	145	1	144	1,31	143,69	0,31
RBR26	-67,83573	-9,996098	144	2,79	141,21	5,44	138,56	2,65
RBR27	-67,79403	-10,04888	137	1,69	135,11	1,45	135,35	-0,24
RBR28	-67,78648	-9,965901	133	2,11	130,69	3,65	129,15	1,54
RBR29	-67,79477	-9,980472	143	5,25	137,75	7,51	135,49	2,26
RBR30	-67,83208	-10,03978	137	2,7	134,3	5,69	131,31	2,99
<b>Média</b>				<b>2,69</b>	<b>-</b>	<b>4,11</b>	<b>-</b>	<b>1,42</b>

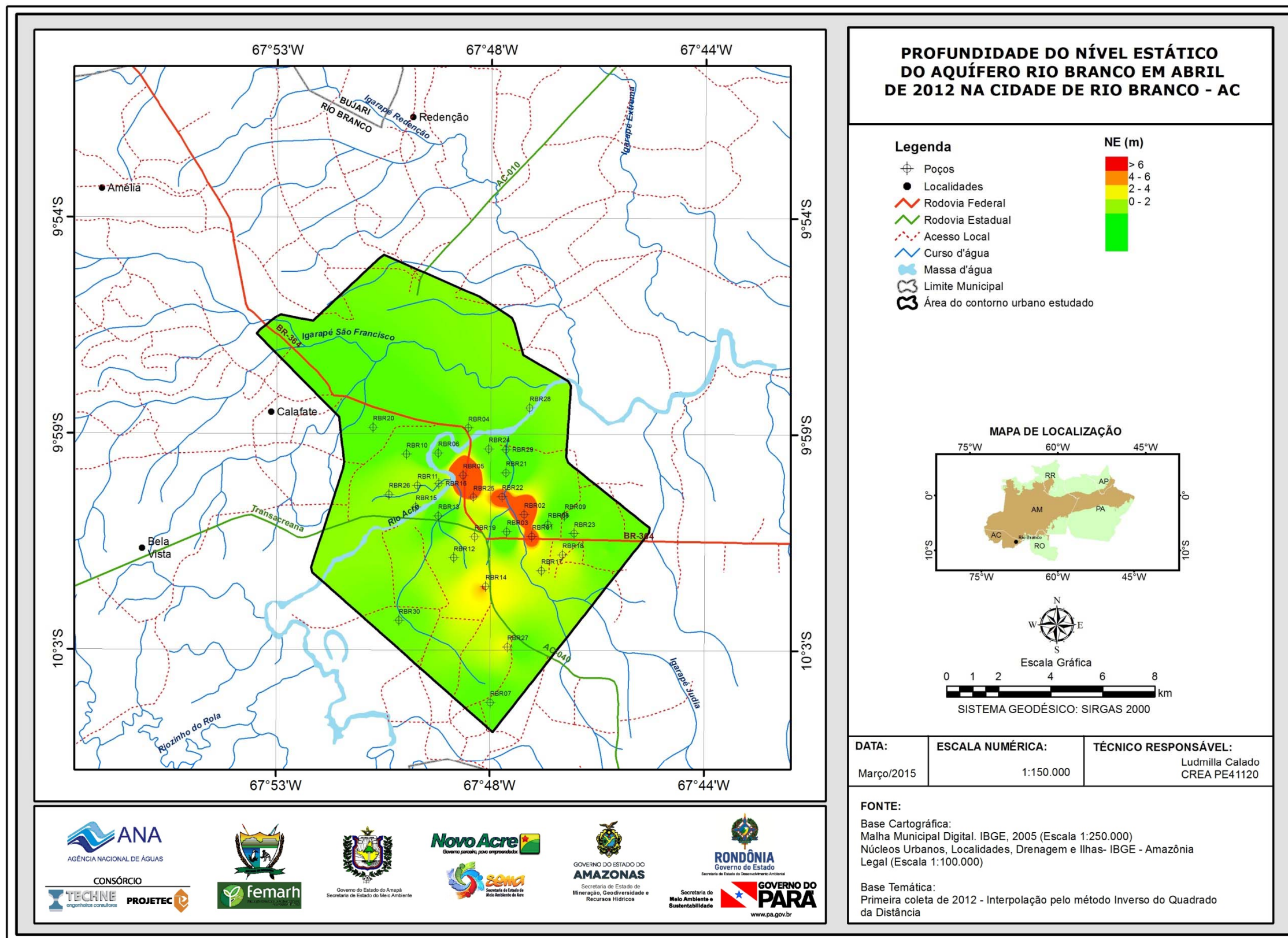


Figura 4.8a – Profundidade do nível estático das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco em abril de 2012 na cidade de Rio Branco – AC.



#### 4.1.4 – Escoamento e Exutórios

Os mapas potenciométricos do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, apresentam praticamente o mesmo comportamento no período chuvoso (**figura 4.9a**) e no período de estiagem (**figura 4.9b**). Em ambos, não se notam vestígios de fluxo natural e nem de fluxos entre o aquífero e o rio Acre. O que se vê, sobretudo, são escoamentos de água subterrânea para os poços existentes. Isto sugere que a recarga correspondente à variação sazonal de 1,42 m, provavelmente não pode ser interpretada apenas como recarga potencial direta (RPD) ou recarga natural oriunda de chuvas, mas também como recarga potencial indireta (RPI) induzida da superfície, ou seja, do rio Acre, sobretudo, pelos bombeamentos. Entende-se que, em escala sazonal, se houvesse uma maior exploração de água subterrânea, essa variação deveria ser maior e se, ao contrário, não houvesse exploração alguma, essa variação seria menor, e nesse caso, passível de ser atribuída apenas à recarga natural produzida pelas precipitações. Admite-se que a estimativa de recarga pluvial pelo método da variação sazonal pode fornecer bons resultados para curtos períodos de tempo (horas ou dias) durante os quais seja possível associar os eventos de chuvas com as oscilações produzidas no freático. Em escala sazonal isto se torna muito difícil. De fato, desde algum tempo, já se reconhece que as variações sazonais em aquíferos livres podem ter causas diversas, além da recarga natural. Entre essas causas se incluem evapotranspiração, interação com águas superficiais, influente e efluente, dos aquíferos com os rios, bombeamento de poços em exploração, etc. Esse entendimento é consistente com os resultados obtidos em estudos de recarga pelo método de variação sazonal do nível de água subterrânea por outros autores (por exemplo, Healy & Cook, 2002; Yin, *et al.* 2011).

##### ***Campanha de abril de 2012***

No final do período chuvoso de 2012, de acordo com as linhas potenciométricas fechadas do mapa hidrogeológico da **figura 4.9a**, as águas subterrâneas escoam em direção aos poços existentes em exploração. Destaca-se a ocorrência de um divisor de águas subterrâneas na porção central da área, serpenteando de sul para norte ao longo de equipotenciais fechadas de 140 m e 145 m. A partir dessa crista o fluxo se reparte para zonas fechadas pela equipotencial de 135 m, formadas a leste, oeste e sudoeste da área de estudo, com gradientes hidráulicos variáveis de 2,5 a 15 m/km. Não há sinais de fluxo natural.

##### ***Campanha de outubro de 2012***

No período de estiagem em outubro de 2012 (**figura 4.9b**), o comportamento do fluxo subterrâneo se mantém similar ao do final do período chuvoso, ou seja, com o mesmo divisor de águas subterrâneas ao longo de equipotenciais fechadas de 140 m e 145 m, a partir de onde o fluxo se dirige com gradientes hidráulicos variáveis de 2,5 a 15 m/km, para uma ampla curva equipotencial não fechada de 135 m, ao lado da qual também aparecem zonas fechadas em setores a leste, oeste e sudoeste da área de estudo, igualmente sem sinais de fluxo natural. A crista acima de 140 m constitui certamente a zona preferencial de recarga induzida pelos bombeamentos no aquífero Rio Branco.

Conclui-se que o fluxo natural não pode ser identificado através dos mapas potenciométricos porque ele se realiza com gradientes hidráulicos muito fracos. Para fins comparativos, basta dizer que a declividade da planície do rio Acre é de apenas 0,35 m/km, o que leva a supor que o gradiente hidráulico do aquífero é ainda menor. Enquanto isso os gradientes hidráulicos produzidos pelos bombeamentos variam de 2,5 a 15 m/km, e, portanto, podem ser de 7 a mais de 40 vezes maiores do que os gradientes hidráulicos do fluxo natural. Por esta razão, não há como separar dentro da variação sazonal de 1,42 m, a fração devida às infiltrações oriundas das precipitações e a fração produzida por recarga induzida de águas superficiais pelos bombeamentos.

A abundância generalizada de chuvas na região de Rio Branco e alhures (dentro e fora da PHA), da qual resulta uma extensiva rede dendrítica de cursos de água perenes, rede essa esculpida sobre sedimentos notadamente argilosos, configura um quadro de quase plena saturação dos níveis das águas subterrâneas como, em escala local, se observa no aquífero aluvial Rio Branco. Daí porque a recarga tende a ser, sobretudo, induzida por retiradas de água do reservatório subterrâneo, que, por assim dizer, praticamente se encontra saturado em sua “quase” totalidade.

Levando em conta a capacidade de produção sustentável de um poço no aquífero Rio Branco, que é estimada em 17 m<sup>3</sup>/dia (**equação 4.18**), a produção avaliada em 2012 para 176 poços na **tabela 4.19** (2.119 m<sup>3</sup>/dia), poderia ser obtida de 125 poços em condições sustentáveis, com média de 17 m<sup>3</sup>/dia. Neste sentido as previsões são consistentes com os dados levantados.

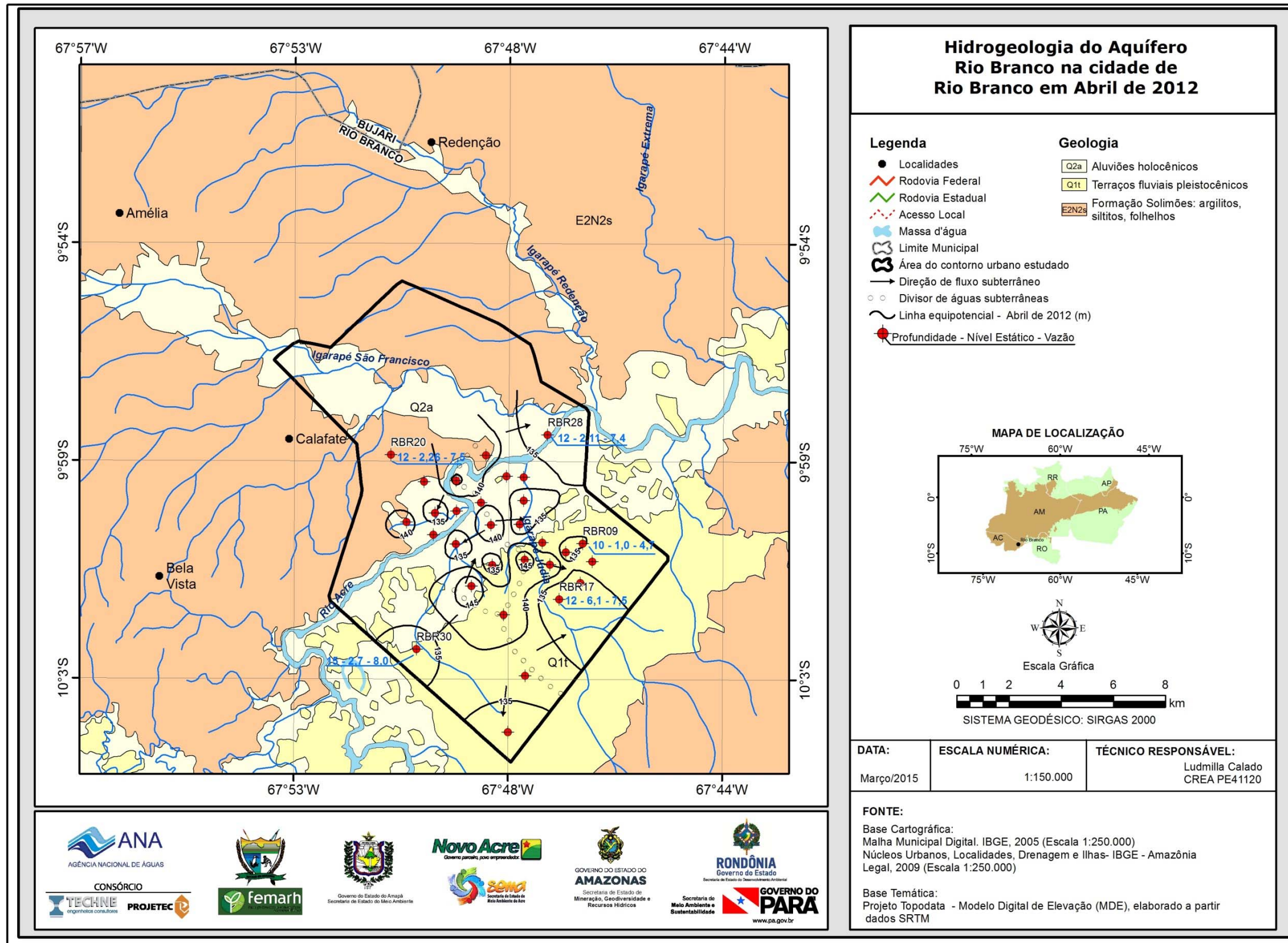


Figura 4.9a – Mapa hidrogeológico com potenciometria das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco em abril de 2012, na cidade de Rio Branco – AC.

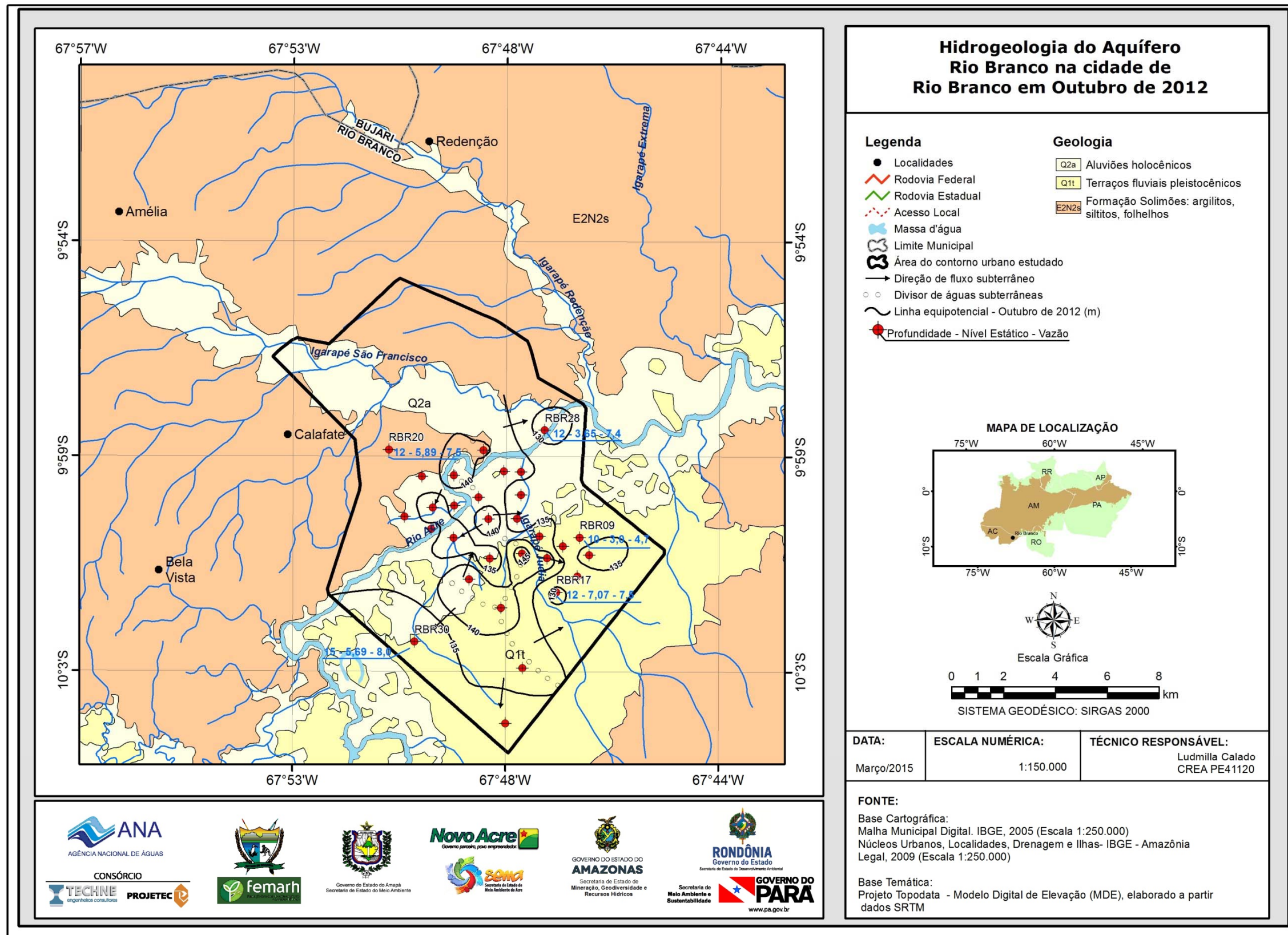


Figura 4.9b – Mapa hidrogeológico com potenciometria das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco em outubro de 2012, na cidade de Rio Branco – AC.

## 4.1.5 – Reservas

### 4.1.5.1 – Reserva Reguladora ou Recarga Potencial Direta

A recarga potencial direta (RPD) corresponde à parcela da precipitação pluviométrica média anual que infiltra e efetivamente alcança os aquíferos livres, constituindo assim a reserva renovável ou reguladora (ANA, 2013). Sabe-se que essa recarga é a condicionante do escoamento natural das águas subterrâneas. De acordo com os mapas potenciométricos analisados no **item 4.1.4**, a recarga pluvial corresponde a uma fração desconhecida da recarga sazonal produzida pela variação média de 1,42 m. Devido aos baixíssimos gradientes hidráulicos na planície aluvial do rio Acre, é bem provável que o fluxo natural (imperceptível nos mapas potenciométricos do aquífero aluvial Rio Branco), e conseqüentemente a RPD, sejam muitos pequenos e que a maior parte da recarga correspondente à variação observada seja RPI, ou recarga potencial induzida das águas superficiais. Essa recarga é diretamente proporcional aos rebaixamentos produzidos pelos poços existentes em exploração. Assim sendo, para fins de estimativa da reserva potencial explorável (RPE) do aquífero Rio Branco será considerada a recarga REC = RPD+RPI, definida como recarga efetiva (**tabela 4.8**), para um rebaixamento médio de 25% da espessura saturada (10 m conforme **item 4.1.1**).

A área do contorno estudado no Segundo Distrito da cidade de Rio Branco onde se encontram os poços monitorados no aquífero livre Rio Branco é de 78 km<sup>2</sup>. Sobre essa área, adotando a variação média de 2,5 m da superfície freática produzida por poços em regime de equilíbrio e considerando ainda a porosidade efetiva encontrada, que variou de 0,08 a 0,17 com valor médio de 0,125, obtêm-se os valores extremos e o valor médio da recarga que garantirá o equilíbrio dos sistema de poços em exploração:

**Tabela 4.8** – Recarga efetiva para o aquífero Rio Branco, em Rio Branco, em regime de exploração.

Area (m <sup>2</sup> )	Δh	Sy	Volume (m <sup>3</sup> )	REC m <sup>3</sup> /s	REC mm/ano
7,80E+07	2,5	0,08	1,56E+07	0,495	200
7,80E+07	2,5	0,17	3,32E+07	1,052	425
7,80E+07	2,5	0,125	2,44E+07	0,774	313

\*Δh variação de carga no aquífero; Sy = porosidade efetiva; REC = recarga efetiva em regime de exploração.

### 4.1.5.2 – Reserva Potencial Explorável Estimada

Para manter a consistência com metodologia já utilizada pela ANA a reserva potencial explorável pode ser dada pelo produto da recarga efetiva REC pelo coeficiente de sustentabilidade CS (ANA, 2013), que no caso do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, é igual a 0,4. Assim sendo, temos uma estimativa de reserva potencial explorável mínima de  $0,4 \times 0,495 = 0,198$  m<sup>3</sup>/s e máxima de  $0,4 \times 1,052 = 0,421$  m<sup>3</sup>/s, com valor médio igual a:

$$RPE = 0,4 \times 0,774 \text{ m}^3/\text{s} = 0,310 \text{ m}^3/\text{s}$$

Em 2012, conforme pode ser visto adiante na **tabela 4.18**, a descarga total dos poços existentes em condições de funcionamento foi de 0,025 m<sup>3</sup>/s e, portanto,



a exploração do aquífero Rio Branco naquele ano consumia tão somente cerca de 8% da RPE.

#### 4.1.5.3 – Reserva Permanente

A reserva permanente do aquífero Rio Branco, no Segundo Distrito da cidade Rio Branco – AC, é expressa pelo produto da área ( $A = 78 \text{ km}^2$ ), pela espessura média saturada ( $b = 10 \text{ m}$ ) e pela porosidade efetiva (coeficiente de armazenamento livre  $S_y = 12\%$ ).

$$R_p = AbS_y = 78 \text{ km}^2 \times 10 \text{ m} \times 0,12 = 94 \text{ Hm}^3$$

Na **tabela 4.9** são mostrados os valores das reservas do aquífero Rio Branco.

**Tabela 4.9** - Reservas do aquífero Rio Branco na zona urbana de Rio Branco.

RESERVAS	Unidade	Valor
Reserva oriunda de recarga efetiva (REC)	m <sup>3</sup> /s	0,774
Reserva potencial explotável (RPE)	m <sup>3</sup> /s	0,176
Reserva permanente (RP)	m <sup>3</sup>	94 x 10 <sup>6</sup>

## 4.1.6 – Situação da Exploração em 2012

### 4.1.6.1 – Levantamento e Sistematização de Dados

Todos os dados levantados no município de Rio Branco no âmbito do Projeto PHA foram sistematizados e fazem parte de um Sistema de Informações Geográficas – SIG ANA PHA 2013 – que constitui a principal fonte de consulta de dados cartográficos, hidroclimáticos, geológicos, hidrogeológicos e hidrogeoquímicos da Província Hidrogeológica Amazonas.

### 4.1.6.2 – Poços Catalogados e Cadastrados

A pesquisa hidrogeológica desenvolvida na cidade de Rio Branco foi baseada nos dados dos 506 poços constantes do SIG ANA PHA 2013, dos quais 406 catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e 100 novos poços cadastrados pela ANA, no âmbito do Projeto PHA, como pode ser observado no **anexo 7.2** e no mapa da **figura 4.10**. Vale ressaltar que desses 406 poços, existem 4 (quatro) perfurados no Aquíclode Repouso-Solimões, com profundidades entre 150 e 240 m, e os 402 restantes no aquífero Rio Branco.

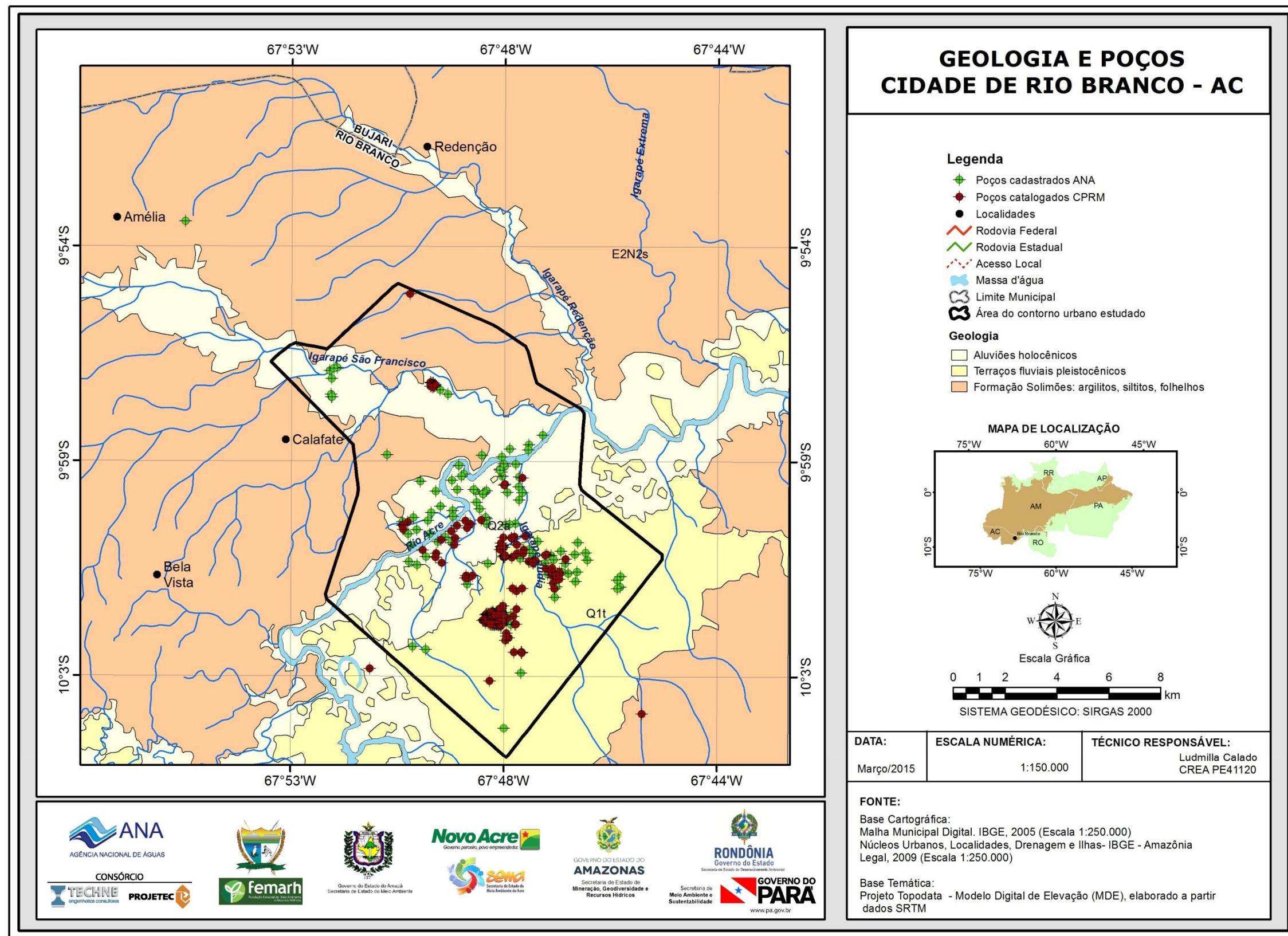
Dentre os 100 novos poços cadastrados foi selecionada uma rede de 30 (trinta) poços para o monitoramento dos níveis freáticos e para a coleta de amostras de água que foram submetidas a análises físico-químicas, bacteriológicas e análises específicas (conforme descrito no **capítulo 5**, de Hidrogeoquímica), em duas etapas, uma no período de chuvas (abril de 2012) e outra no período de estiagem (outubro de 2012).

### 4.1.6.3 – Tratamento Estatístico dos Dados Catalogados e Cadastrados

Na **tabela 4.10** é apresentada a estatística descritiva dos valores numéricos de profundidade, diâmetro de revestimento, altura da boca, nível estático, nível dinâmico e vazão dos poços cadastrados e catalogados na cidade de Rio Branco, no aquífero Rio Branco.

**Tabela 4.10** - Parâmetros estatísticos dos dados de poços de Rio Branco, no aquífero Rio Branco.

Parâmetros Estatísticos	Profundidade (m)	Diâmetro do revestimento (mm)	Altura da boca (m)	Nível Estático - NE (m)	Nível Dinâmico - ND (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)
Média	11,7	170,5	0,2	6,7	15,6	6,5
Mediana	11,0	100,0	0,2	4,0	10,3	6,2
Desvio Padrão	4,4	223,2	0,1	10,2	23,7	4,0
Coeficiente Variação	0,4	1,3	0,6	1,5	1,5	0,6
Valor máximo	32,0	1.000,0	0,8	44,8	104,4	16,8
Valor mínimo	4,0	100,0	0,1	3,5	8,1	1,1
Nº amostras	197	121	100	16	16	83



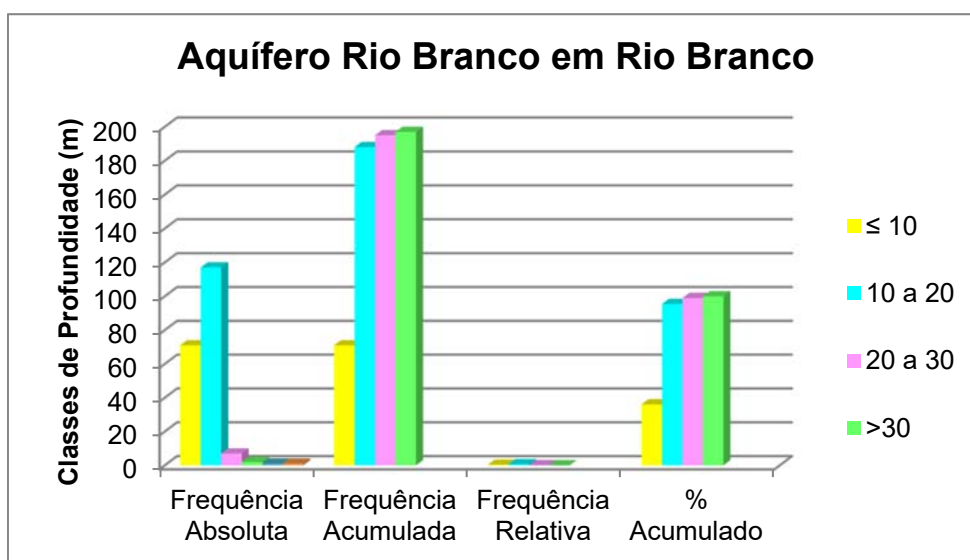
**Figura 4.10** – Distribuição espacial dos poços cadastrados pela ANA no projeto PHA e catalogados da CPRM-SIAGAS/CPRM na folha de 15 minutos e na área de estudo na cidade de Rio Branco – AC.

A profundidade informada dos poços inventariados no aquífero Rio Branco, variou de 4 a 32 m, com média de 11,7 m. De acordo com a **tabela 4.11**, as classes mais frequentes foram as de 0 a 10 m (36%) e de 10 a 20 m (59%), enquanto que apenas 1% dos poços (2/197) apresentaram profundidade superior a 30 m. Tais resultados indicam que os poços em Rio Branco podem ser considerados como tubulares rasos, uma vez que 99% dos mesmos possuem profundidade até 30 m e captam o aquífero Rio Branco.

**Tabela 4.11** – Frequência da profundidade dos poços tubulares constantes do SIG ANA PHA 2013 na cidade de Rio Branco - AC.

Classe Prof (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	71	71	0,36	36,04
10<x≤20	117	188	0,59	95,43
20<x≤30	7	195	0,04	98,98
>30	2	197	0,01	100,00
<b>Total</b>	<b>197</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

A distribuição de frequência da profundidade dos poços de Rio Branco pode ser visualizada na **figura 4.11**.



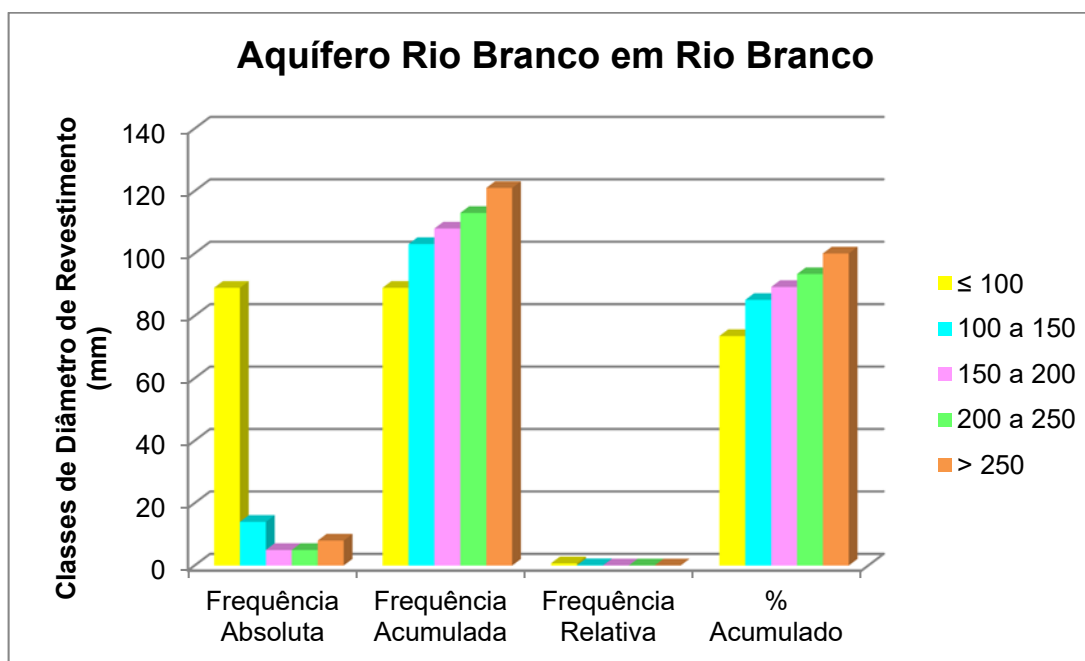
**Figura 4.11** – Frequências das classes de profundidade dos poços na cidade de Rio Branco - AC.

De acordo com a **tabela 4.12** e **figura 4.12**, em Rio Branco, a maioria dos poços, ou seja, 85% apresentam diâmetro de revestimento de até 150 mm, havendo apenas 7% de poços com diâmetros superiores a 250 mm.

**Tabela 4.12** – Frequência dos diâmetros de revestimento dos poços tubulares constantes do SIG ANA PHA 2013 na cidade de Rio Branco - AC.

Classe Diâmetro do revestimento (mm)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
$0 < x \leq 100$	89	89	0,74	73,55
$100 < x \leq 150$	14	103	0,12	85,12
$150 < x \leq 200$	5	108	0,04	89,26
$200 < x \leq 250$	5	113	0,04	93,39
$x > 250$	8	121	0,07	100,00
<b>Total</b>	<b>121</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

A distribuição de frequência do diâmetro de revestimento dos poços de Rio Branco pode ser visualizada na **figura 4.12**.



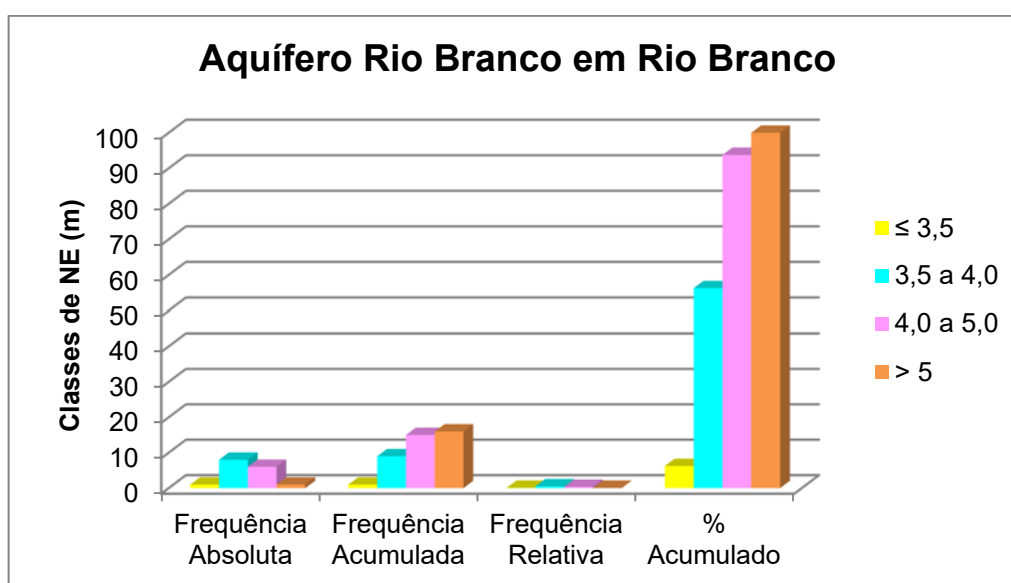
**Figura 4.12** – Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços na cidade de Rio Branco - AC.

De acordo com os dados da **tabela 4.13** e **figura 4.13**, observa-se que as classes mais frequentes da profundidade do nível estático estão entre 3,5 e 4,0 m (50%) e de 4,0 a 5,0 m (37,5%). Apenas 6,25% dos poços apresentaram nível estático superior a 5 m de profundidade. Em Rio Branco, de modo geral, os níveis estáticos são rasos, haja vista que a maioria dos poços (87,5%) possui profundidade do nível estático de até 5 m. Essa pequena profundidade dos níveis estáticos se explica, sobretudo, pela topografia da planície aluvial, que, na direção longitudinal (de SW para NE) tem gradiente médio de apenas 0,25 m/km, embora seja esse gradiente cerca de 10 vezes maior (2,5 m/km) na direção transversal. Além disso, o pacote aluvial se acha conectado com o rio Acre, que é perene e escoar superficialmente em meandros na planície. No caso, a conexão entre água superficial e subterrânea, acontece diretamente através das camadas argilosas e silto-arenosas superiores do pacote aluvial, e, portanto, ao que tudo indica, não existe uma ligação direta do aquífero Rio

Branco com o rio Acre na área de estudo. Essa ligação se afigura como indireta.

**Tabela 4.13** – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços constantes do SIG ANA PHA 2013 na cidade de Rio Branco.

Classe NE (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
$0 < x \leq 3,5$	1	1	0,06	6,25
$3,5 < x \leq 4,0$	8	9	0,50	56,25
$4,0 < x \leq 5,0$	6	15	0,38	93,75
$x > 5$	1	16	0,06	100,00
<b>Total</b>	<b>16</b>	-	-	-

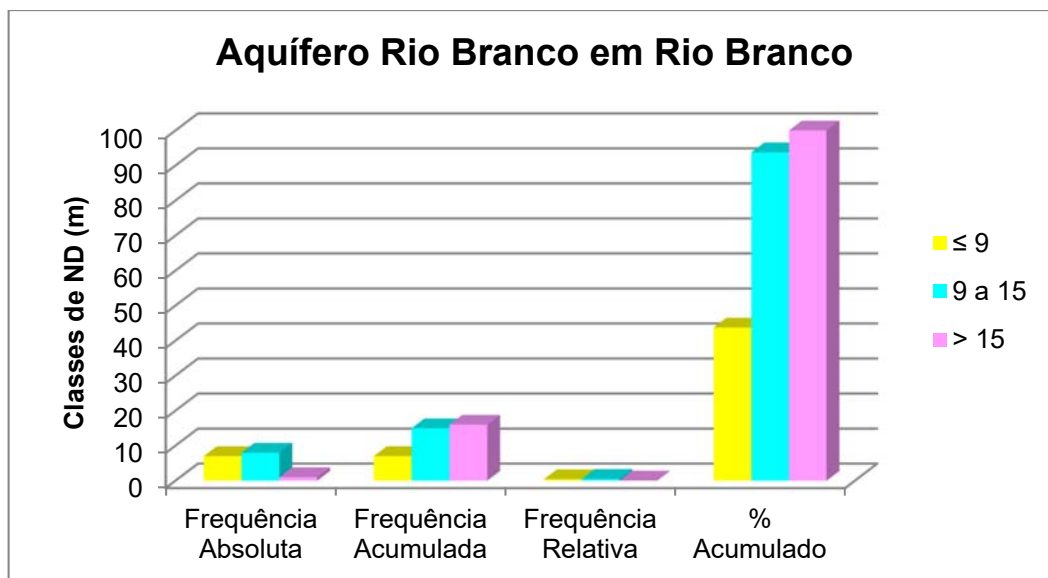


**Figura 4.13** – Frequências das classes de profundidade do nível estático dos poços na cidade de Rio Branco - AC.

Para os níveis dinâmicos dos poços na cidade de Rio Branco, tem-se que as classes mais frequentes estão no intervalo de 0 a 9 m (44%) e 9 a 15 m (50%), como pode ser observado na **tabela 4.14** e **figura 4.14**. Nota-se que apenas 6% dos níveis dinâmicos são superiores a 15 m.

**Tabela 4.14** – Distribuição de frequência dos níveis dinâmicos dos poços na cidade de Rio Branco - AC.

Classe ND (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
$0 < x \leq 9$	7	7	0,44	43,75
$9 < x \leq 15$	8	15	0,50	93,75
$x > 15$	1	16	0,06	100,00
<b>Total</b>	<b>16</b>	-	-	-



**Figura 4.14** – Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços na cidade de Rio Branco - AC.

Quanto às vazões informadas, ao que tudo indica, não são válidas para regime de equilíbrio.

Essa conclusão advém da análise do resumo apresentado no **anexo 7.2.2**, das características técnicas de 101 poços catalogados da CPRM/SIAGAS, com perfil litológico, perfil construtivo e com 14 informações de vazão de teste (supostamente após estabilização), no aquífero Rio Branco, como se vê na **tabela 4.15**.

**Tabela 4.15** – Vazões de teste de poços com perfil litológico e construtivo catalogados da CPRM/SIAGAS em Rio Branco – AC.

Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Observação	Altura Dinâmica Saturada (m)
1,1	Após estabilização	0,5
4,8	Após estabilização	0,5
4,8	Após estabilização	0,9
4,9	Após estabilização	0,7
8,2	Após estabilização	0,9
8,2	Após estabilização	0,87
13,7	Após estabilização	0,7
13,7	Após estabilização	0,5
14,9	Após estabilização	0,6
14,9	Após estabilização	0,63
15,8	Após estabilização	1,0
15,8	Após estabilização	1,03
16,8	Após estabilização	0,3
16,8	Após estabilização	0,3

**Comentários sobre as vazões dos poços com perfil litológico e construtivo**

Na última coluna da **tabela 4.15** é indicada a altura da lâmina de água compreendida entre o fundo do poço e o nível dinâmico (altura dinâmica saturada ou zona de admissão de água dos poços). Em todos os 15 poços do aquífero Rio Branco, essa altura (variável de 0,3 m a 1,03 m) indica que o nível dinâmico em todos os testes atingiu o crivo da bomba para as vazões

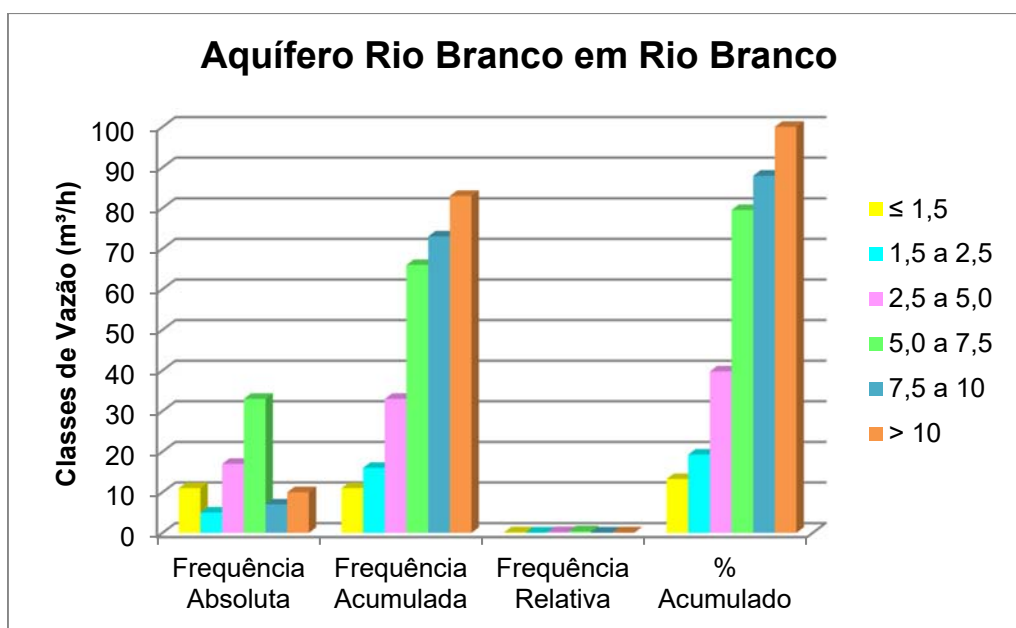
bombeadas que variaram de 1,1 m<sup>3</sup>/h a 16,8 m<sup>3</sup>/h. Com o nível dinâmico no crivo o poço não tem condições de fornecer a vazão bombeada.

Como se trata de dados observados em testes de bombeamento, essa “estabilização” é temporária e ocorre apenas durante a fase de drenagem gravitacional retardada, como já foi visto (item 4.1.2). Depois que cessa esse fluxo vertical o nível do poço continua a evoluir de acordo com a curva de Theis, em regime transiente até que realmente atinja uma fonte de recarga, que no caso de Rio Branco poderá ser o rio Acre.

No que se refere à vazão dos poços catalogados que exploram o aquífero Rio Branco na cidade de Rio Branco, verifica-se que 40% apresentam vazão informada no intervalo de classe de 5 a 7,5 m<sup>3</sup>/h, enquanto que 12% dos poços têm vazão superior a 10 m<sup>3</sup>/h, como pode ser observado na **tabela 4.16** e na **figura 4.15**.

**Tabela 4.16** – Frequências de vazão de poços cadastrados pela ANA na cidade de Rio Branco - AC.

Classe Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤1,5	11	11	0,13	13,25
1,5<x≤2,5	5	16	0,06	19,28
2,5<x≤5,0	17	33	0,20	39,76
5,0<x≤7,5	33	66	0,40	79,52
7,5<x≤10	7	73	0,08	87,95
x>10	10	83	0,12	100,00
<b>Total</b>	<b>83</b>			



**Figura 4.15** – Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados pela ANA na cidade de Rio Branco - AC.



Com base nos dados apresentados anteriormente referentes ao Aquífero Rio Branco em Rio Branco é possível concluir que:

- Dos 197 poços com profundidade informada (**tabela 4.11**) cadastrados no município de Rio Branco, o equivalente a 95%, (188/197) possui profundidades de até 20 m;
- Os níveis estáticos variam entre 3,5 a 5,0 m de profundidade, em 87,5% dos poços cadastrados e catalogados;
- 88% das vazões *informadas* dos poços são inferiores a 10 m<sup>3</sup>/h e ainda assim com nível dinâmico no crivo da bomba. As vazões são muito baixas porque a transmissividade do aquífero Rio Branco é de apenas 2,6 m<sup>2</sup>/dia e a espessura do aquífero não passa de 10 m;
- O aquífero Rio Branco embora valioso para abastecimento doméstico individual, não se recomenda para abastecimento público, por exemplo, através de empresa concessionária de serviços de água porque a capacidade máxima de produção prevista para um poço em regime de equilíbrio não passa de 17 m<sup>3</sup>/dia (**item 4.1.2.4**);
- Ademais, do ponto de vista qualitativo, o aquífero Rio Branco se acha contaminado por coliformes totais e termotolerantes e a sua exploração, da forma como vem sendo praticada, implica em riscos para a saúde da população, exigindo um rígido controle sanitário, como pode ser observado nos resultados dos parâmetros analisados no **capítulo 5**.

Além dos parâmetros acima descritos, o cadastro obteve informações importantes relacionadas à operacionalidade dos poços, ao regime de bombeamento, aos tipos de equipamento e usos da água, os quais serão detalhados a seguir.

Dos 506 poços constantes do SIG ANA PHA 2013, foi constatado que em 2012 havia 35% (176) em condições de operação, enquanto que 6 (seis) poços (1%) estavam abandonados e 64% (324) sem informação.

Já no que se refere ao tipo de equipamento de bombeamento dos poços, os dados revelam que 16% é bomba submersa, 2,2% compressor, 3,2% sarilho, 0,2% não estão equipados e os 44,7% restantes sem informação.

#### **4.1.7 – Regime de Funcionamento dos Poços**

Na **tabela 4.17** são mostrados os valores das frequências do número de horas por dia em que são bombeados os poços da área estudada.

Usando o regime de funcionamento informado em 97 poços, o regime médio de funcionamento para todos os poços, do aquífero Rio Branco, ponderado pela frequência do número de horas de bombeamento, nos intervalos de classe, é dado pela expressão:

$$\overline{R_e} = \sum_{j=0}^{11} R_{ej} \times w_j$$

**Tabela 4.17** – Cálculo do regime médio de funcionamento dos 97 poços com regime informado na cidade de Rio Branco, no aquífero Rio Branco.

Classe Regime de Funcionamento (h/dia)	Frequência Absoluta	Regime Médio Informado - Re <sub>j</sub> (h/dia)	Frequência relativa - W <sub>j</sub>	Regime Médio Ponderado - Re (h/dia)
0<x≤1	60	0,66	0,62	0,41
1<x≤2	19	1,84	0,20	0,36
2<x≤3	4	3,00	0,04	0,12
3<x≤4	3	4,00	0,03	0,12
4<x≤5	4	5,00	0,04	0,21
5<x≤6	1	6,00	0,01	0,06
6<x≤7	0	-	0,00	-
7<x≤8	3	8,00	0,03	0,25
8<x≤9	0	-	0,00	-
9<x≤10	2	10,00	0,02	0,21
10<x≤11	0	-	0,00	-
11<x≤12	1	12,00	0,01	0,12
<b>Total</b>	<b>97</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>1,86</b>

Legenda:

N = número total de poços com regime de funcionamento informado no SIG ANA-PHA (2013).

Frequência Absoluta (FA) = número de poços com regime de funcionamento informado no SIG ANA-PHA (2013) em cada intervalo de classe.

Regime Médio Informado (Re<sub>j</sub>) = Média de horas de funcionamento dos poços em cada intervalo de classe.

Regime médio ponderado:  $R_e = R_{ej} \times w_j$ .

Frequência Relativa (W<sub>j</sub>) = FA/N.

Regime Médio Estimado  $\bar{R}_e = \sum_{j=0}^{11} R_{ej} \times w_j = 1,86 \text{ horas / dia}$ .

Como visto na **tabela 4.17** o regime médio estimado para os poços de Rio Branco em 2012 é tão somente de 1,86 horas por dia, o que equivale a 1 hora e 52 min.

#### 4.1.8 – Produção Global dos Poços

Considerando o regime médio ponderado de funcionamento (**tabela 4.18**) e a vazão média dos diferentes intervalos de classe de vazão apresentados na **tabela 4.18**, obtém-se uma produção estimada de 2.119 m<sup>3</sup>/dia.

**Tabela 4.18** - Produção global estimada para Rio Branco em 2012, explotada do aquífero Rio Branco.

Classe Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Vazão Média (m <sup>3</sup> /h)	Efetivo de Poços	Vazão Estimada (m <sup>3</sup> /dia)	Vazão Estimada (m <sup>3</sup> /s)
1<x≤2,5	16	0,19	1,52	34	95,73	0,001
2,5<x≤5	17	0,20	4,55	36	305,38	0,004
5<x≤7,5	33	0,40	6,71	70	873,62	0,010
7,5<x≤10	7	0,08	8,54	15	235,90	0,003
10<x≤15	5	0,06	14,45	11	284,95	0,003
x>15	5	0,06	16,42	11	323,79	0,004
<b>Total</b>	<b>83</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>176</b>	<b>2.119,37</b>	<b>0,025</b>

Assim sendo, a produção global de água de 2012 para os 176 poços em operação foi estimada em 0,025 m<sup>3</sup>/s, conforme **tabela 4.18**. Essa produção representa 8% da reserva potencial explotável (RPE) que é de 0,310 m<sup>3</sup>/s (26.784 m<sup>3</sup>/dia), ou uma descarga de 152,2 m<sup>3</sup>/dia/poço. Como a capacidade máxima de produção sustentável de um poço no aquífero Rio Branco é de 17 m<sup>3</sup>/dia, o número de poços necessários para captar a RPE deverá ser da ordem de 1.575, o que provavelmente torna inviável uma exploração por empresa concessionária de serviço público.

O exame dos dados dos 506 poços constantes do SIG ANA-PHA 2013 revela que 64% (324/506) não dispõe de informação sobre a situação operacional em Rio Branco. Dos 36% (182/506) restantes com informação, existe apenas 1% (6/506) de poços abandonados e, portanto o número efetivo de poços é de 176 (**tabela 4.18**), para os quais a situação estimada é a seguinte: 32% (162/506) estão bombeando; 2,6% (13/506) equipados; e 0,2% (1/506) parado (**tabela 4.19**).

**Tabela 4.19** - Distribuição do efetivo de poços em condições de produzir e produção global com a situação operacional informada.

Poços	Efetivo de Poços	Bombeando	Equipados	Parado
Número	176	162	13	1
Percentual	100%	92%	7%	1%
Vazão (m <sup>3</sup> /s)	0,025	0,023	0,0018	0,0001

Em 2012, com 162 poços em operação a exploração extraía 92% desse total, ou aproximadamente 0,023 m<sup>3</sup>/s (**tabela 4.19**).

A distribuição espacial da vazão informada dos poços constante do **anexo 7.2.1**, contemplando 82 poços, dos quais 3 (três) no Aquiclude Repouso-Solimões, é mostrada na **figura 4.16**, na qual se observa que em grande parte da área as produções estão entre 5 e 10 m<sup>3</sup>/h, e que em apenas duas pequenas áreas isoladas estão os poços com vazão acima de 10 m<sup>3</sup>/h.

Conforme já comentado no **item 4.1.6.3** essas vazões não são de equilíbrio e somente se explicam pelo curto tempo de bombeamento que, em média, não chega a 2 horas por dia (1 h e 52 minutos, segundo **tabela 4.17**), e tudo indica que os poços trabalham com nível dinâmico no crivo da bomba.

Quanto ao uso da água subterrânea para os 506 poços em Rio Branco, verifica-se que 19% são destinados ao abastecimento; 1% ao uso comercial; e 80% não informaram.

Mediante análise do cadastro SIG ANA-PHA 2013, observou-se que, apenas 21% dos poços possuem indicação do tipo de reservatório que utilizam para armazenamento da água explorada. De acordo com os dados da **tabela 4.20**, a maioria dos poços possui armazenamento em caixa de fibra de vidro (71%), seguido de caixa de amianto (22%), caixa de metal (4%), e caixa de concreto (3%).

**Tabela 4.20** – Tipos de reservatório de água de poços em Rio Branco - AC.

Reservatórios	Nº	Caixa d'água de amianto	Caixa d'água de concreto	Caixa d'água de fibra de vidro	Caixa d'água de metal
Registros	107	24	03	76	04
Percentual	100%	22%	3%	71%	4%

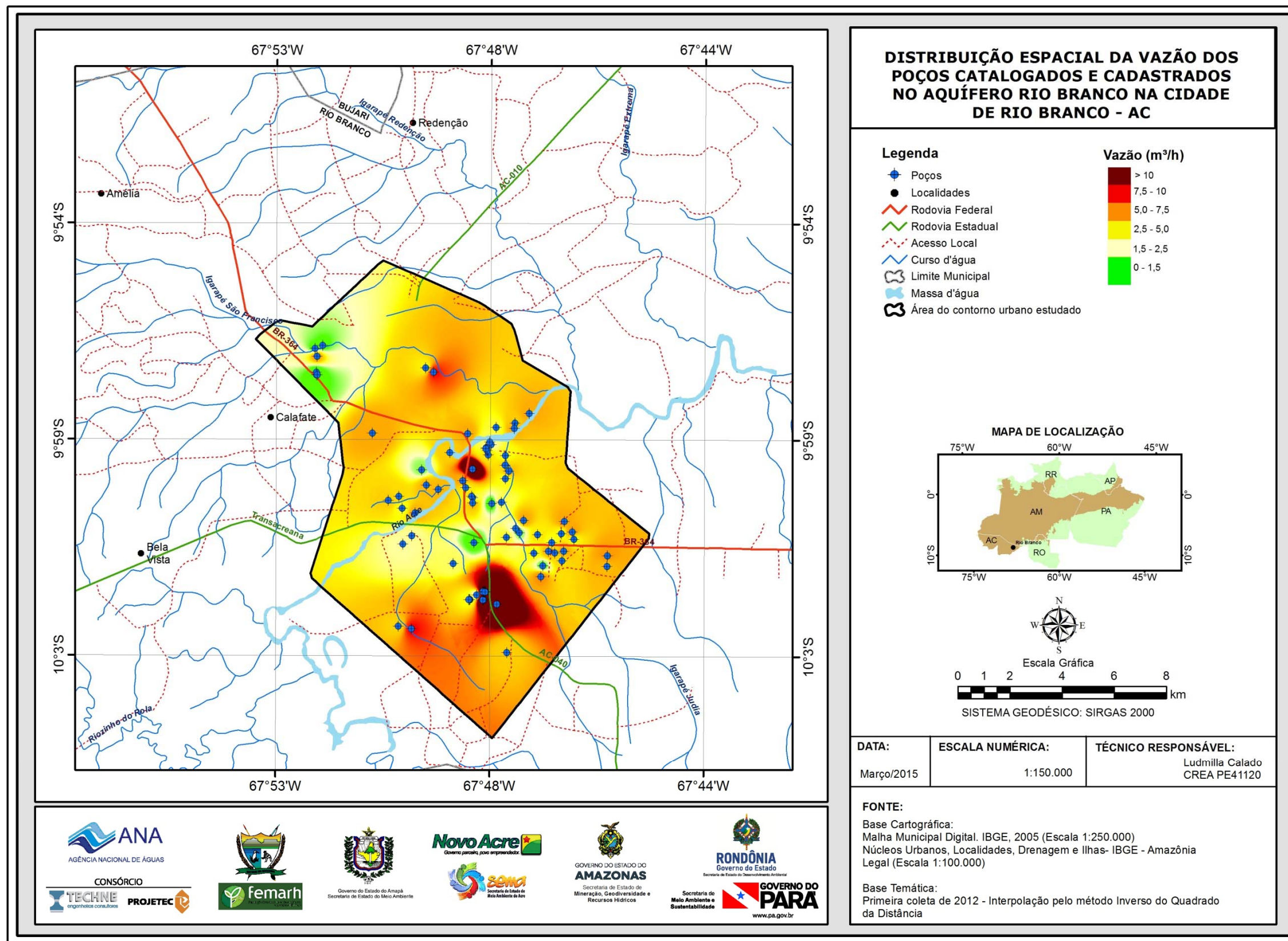


Figura 4.16 – Distribuição espacial da vazão dos poços cadastrados e catalogados na região de Rio Branco – AC.

## **5 - Hidrogeoquímica**

## 5.1 – Introdução

Com o intuito de avaliar a qualidade das águas subterrâneas do Aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, foram realizadas duas campanhas de amostragem: uma no período chuvoso (abril de 2012) e outra no período seco (outubro de 2012), com defasagem de 6 (seis) meses.

Ambas as campanhas seguiram as metodologias recomendadas por Barcelona *et al.* (1985), Puls & Barcelona (1989), Keith (1996), Feitosa & Manoel Filho (2000) e Nielsen & Nielsen (2007). Além dessas referências, também foi utilizado o Protocolo de Guia de Coleta de Amostra (GCA), elaborado pelo laboratório Bioagri Ambiental, que pode ser visualizado no **Anexo 7.4**.

Os Laboratórios responsáveis pelas análises na cidade de Rio Branco, juntamente com os poços avaliados, o quantitativo de amostras, os tipos de análises e os parâmetros analisados, encontram-se listados abaixo:

### **Laboratório da Bioagri Ambiental:**

- 30 (trinta) Análises Físico-Químicas e Bacteriológicas - cor, turbidez, condutividade elétrica (CE), temperatura, sólidos totais dissolvidos (STD), pH, Eh, sódio, potássio, cálcio, magnésio, dureza, cloreto, sulfato, bicarbonato, nitrogênio (amoniacal, orgânico e total), nitrito, nitrato, ferro e manganês, Coliformes Totais e Termotolerantes (E. Coli), nos poços 1 a 30;
- 10 (dez) Análises de Metais Pesados - arsênio, bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, níquel, zinco, nos poços: 1, 7, 8, 9, 11, 16, 18, 19, 27 e 28;
- 10 (dez) Análises de BTEX e Fenóis - benzeno, tolueno, etilbenzeno, o-Xileno e m,p-Xileno e índice de fenóis nos poços: 1, 7, 8, 9, 11, 16, 18, 19, 27 e 28.

### **Laboratório de Geocronologia do Instituto de Geociências da UnB:**

- 04 (quatro) Análises de Isótopos Ambientais Estáveis - deutério e oxigênio-18, nos poços: 7, 17, 20 e 30.

### **Laboratório do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CTDN), da UFMG:**

- 07 (sete) Análises do Isótopo Ambiental Radioativo - trício, nos poços: 1, 7, 9, 15, 17, 20 e 30.

Os resultados dessas análises para as duas campanhas podem ser verificados no **Anexo 7.3**.

### 5.1.1 - Critérios de seleção para as amostragens

Como resultado do levantamento dos dados previsto no **item 6.2.1** e posterior cadastramento *in situ* previsto no **item 6.3** dos TDRs, foram selecionados pela Consultora em comum acordo com a CTAF - Comissão Técnica de Acompanhamento e Fiscalização do Projeto PHA, os poços para as análises quantitativa e qualitativa do aquífero Rio Branco na cidade de Rio Branco.

Para a seleção dos poços foram adotadas as 07 (sete) condições apresentadas no **item 6.4.2.1** dos TDRs, quais sejam:

1. Devem ser predominantemente poços produtores;
2. Deve-se ter a anuência do proprietário para a coleta no poço;
3. Deve captar prioritariamente um sistema aquífero único;
4. Deve estar distribuído o mais uniformemente possível em relação aos demais, de modo a constituírem uma amostragem representativa da região estudada;
5. Os poços devem possuir perfil construtivo e litológico;
6. Os poços devem ser georreferenciados com GPS com altímetro barométrico (precisão planimétrica mínima de 1,0 metro; precisão altimétrica mínima de 3,0 metros);
7. Os poços devem ser equipados com bomba e ligados a rede de energia.

A seleção propriamente dita para a cidade de Rio Branco foi feita através de consulta a uma macro em VBA Excel, aplicada à matriz do cadastro geral (SIG ANA PHA 2013) através da qual foram selecionados todos os poços com o maior número de critérios atendidos, na área de estudo.

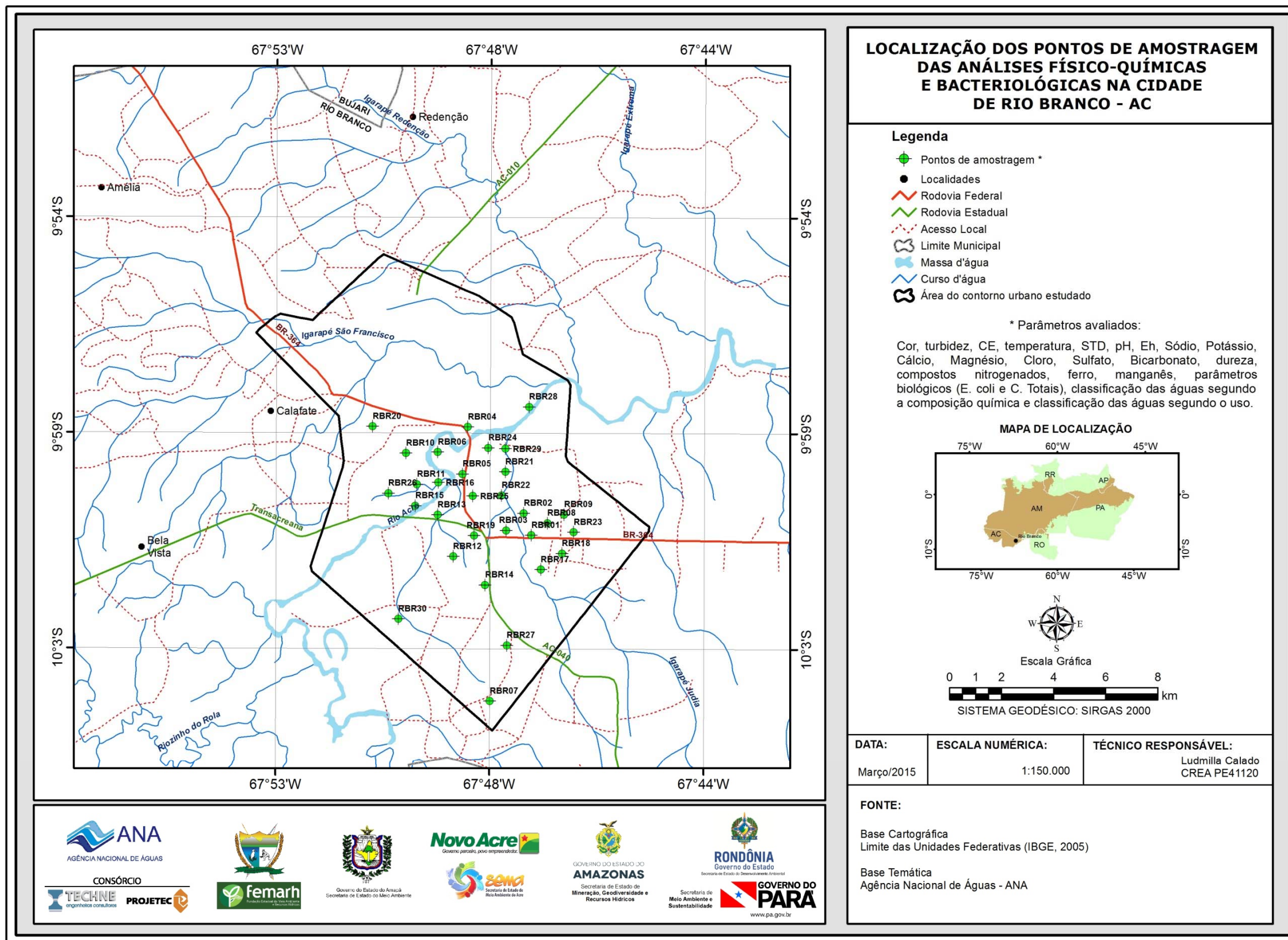
Em relação às análises de metais pesados, BTEX e fenóis também se observou o critério do poço estar situado em locais próximos de potenciais fontes de contaminação como, por exemplo, indústrias de transformação, postos de combustível, estabelecimentos comerciais, entre outros, em consonância com o **item 6.4.3.2** dos TDRs.

Quanto à seleção dos poços para as análises de isótopos ambientais estáveis e radioativos foram feitas pela Consultora em definição conjunta com a CTAF, conforme consta no **item 6.4.3.2** dos TDRs, sempre com a preocupação de não coletar amostras em poços equipados com sistemas de bombeamento *air-lift* para evitar possíveis alterações nos resultados das análises, devido à presença de bolhas de ar.

#### **Localização dos pontos amostrados**

A distribuição espacial dos poços amostrados em Rio Branco é apresentada para as análises físico-químicas e bacteriológicas na **figura 5.1**; para as análises de metais pesados, BTEX e Fenóis na **figura 5.2**, e finalmente para os isótopos ambientais ( $\delta^{18}O$ ,  $\delta^2H$  e  $^3H$ ) na **figura 5.3**.





**Figura 5.1** – Localização dos pontos de amostragem das análises físico-químicas e bacteriológicas no aquífero Rio Branco na cidade de Rio Branco.

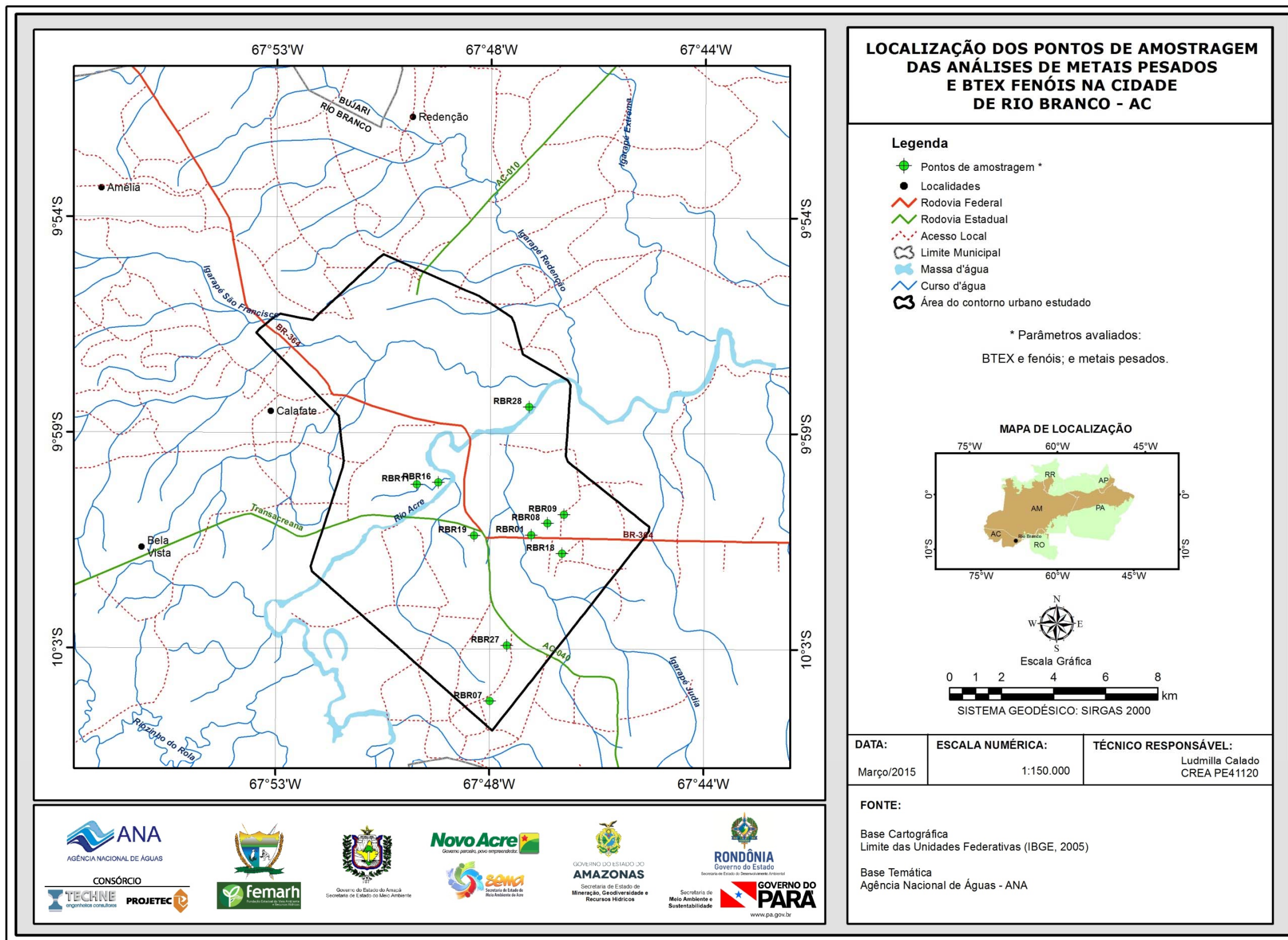


Figura 5.2 – Localização dos pontos de amostragem das análises de metais pesados e BTEX fenóis no aquífero Rio Branco na cidade de Rio Branco.

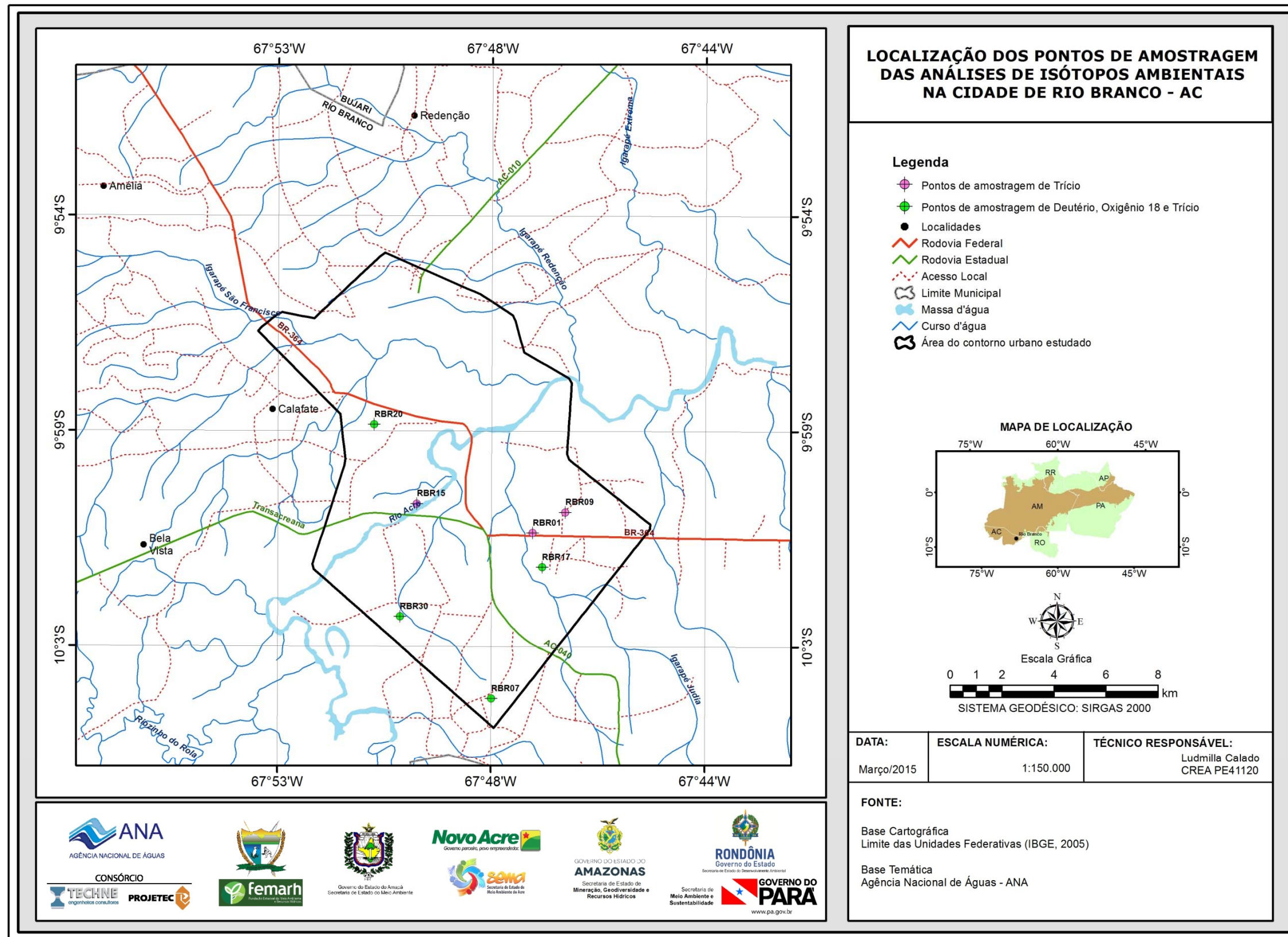


Figura 5.3 – Localização dos pontos de amostragem das análises de isótopos ambientais no aquífero Rio Branco na cidade de Rio Branco.

### 5.1.2 - Procedimentos de Coleta

Para a coleta em campo na cidade de Rio Branco, o Laboratório Bioagri forneceu aos grupos, acondicionados em caixas de isopor, cinco kit's de coletas, cada um deles para a amostragem de um poço, contendo: quatro frascos para coletas das análises físico-químicas, um frasco para a coleta das análises bacteriológicas, uma esponja dupla face, dois pares de luvas, uma fita crepe, três sacos plásticos grandes, as fichas do laboratório para as informações das coletas e dois kit's extras para um eventual problema durante a amostragem, como pode ser observado na **foto 5.1**.



**Foto 5.1** – Kit's de coletas usados em campo para as amostragens de água do aquífero Rio Branco, nas duas campanhas, na cidade de Rio Branco - AC.

Nas coletas das análises físico-químicas e bacteriológicas foram utilizados cinco frascos de polietileno para cada poço, sendo um de 500 mL, dois de 250 mL, um de 150 mL e um de 100 mL. Todos os frascos foram abertos somente no ato da coleta, preenchidos com as amostras de água e imediatamente preservados em refrigeração e suas análises realizadas no prazo de 48 horas. Nos frascos para as análises químicas da série nitrogenada (nitrogênio amoniacal e nitrogênio Kjeldahl Total), além das preservações das amostras em refrigeração, foram adicionados volumes de ácido sulfúrico.

Para as análises bacteriológicas, todos os frascos foram autoclavados, contendo uma partilha de tiosulfato de sódio, sendo acondicionado em isopor com gelo para preservação, logo após a coleta, pelo prazo de 24 horas, até a realização da análise.

Para as análises isotópicas de  $^{18}\text{O}$  e  $^2\text{H}$ , as amostras foram armazenadas em frascos plásticos (100 mL) de polipropileno, tendo-se o cuidado de não deixar qualquer bolha permanecer no recipiente para evitar alterações nos resultados.

### 5.1.3 - Métodos de Análise

As metodologias de análise utilizadas pelo laboratório Bioagri Ambiental para os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos foram os seguintes:

**Cor** - POP PA 012 (Rev.02) / SMWW 2120 C;

**Condutividade Elétrica** - POP PA. 014 (Rev.00) / SMEWW 2510;

**Dureza** - POP PA 027 / SMWW 2340 A, B, C;

**Turbidez** - POP PA 013 (Rev.03) / SMWW 2130 B;

**Sólidos Totais Dissolvidos (STD)** - POP PA 009 (Rev.04) / SMWW 2540C;

**pH** - POP PA 011 (Rev.03) / SMWW 4500 – H+ B;

**Alcalinidade** - POP PA 026 / SMWW 2320B;

**Bicarbonato** - SMEWW 4500-CO<sub>2</sub>;

**Ânions** - POP PA 032 / USEPA SW 846 – 300.1. *Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography*;

**Metais** (ICP-MS) - POP PA 038 (Rev.01) / SMWW 3125 B, *Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometry/USEPA 6020*;

**Nitrogênio Total** - Soma do NTK, NO<sub>3</sub> e NO<sub>2</sub>;

**Nitrogênio Total Kjeldahl** - POP PA 007 / SMEWW 4500 Norg C;

**Nitrogênio Amoniacal** - POP PA 005 /SMEWW 4500 - NH<sub>3</sub>- D- *Ammonia - Selective Electrode Method*;

**Coliformes** - POP PA 040 (Ver. 05)/ SMEWW 9223 B.

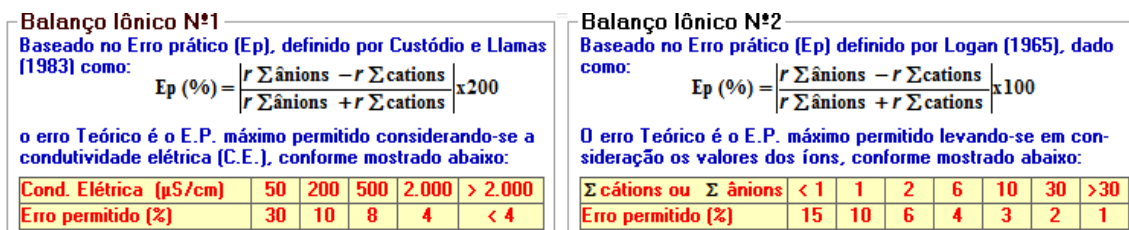
O controle de qualidade do laboratório se baseou na Resolução CONAMA 396/2008 para o limite quantitativo praticável padrão para todas as amostras das águas subterrâneas que foram submetidas às análises físico-químicas e bacteriológicas. O controle de qualidade dos metais totais das amostras foi realizado pelo Branco de Análise para sódio, potássio, cálcio e magnésio, todos com limites quantificáveis de 10 µg/L; e manganês e ferro nos limites quantificáveis de 0,1 µg/L; e os resultados analisados por *Inductively Coupled Plasma* (ICP/MS) foram (< 10 µg/L) para sódio, potássio, cálcio e magnésio e (< 0,1 µg/L) para manganês e ferro.

No ensaio do Branco de Análise, à amostra controle e às amostras dos 30 poços foram adicionados 50% de ítrio e recuperados por análise de (ICP/MS) e todos ficaram na faixa do limite aceitável que é de 70 a 130%. Enquanto que para os ensaios de recuperação analisados por ICP/MS foram adicionados 10 µg/L dos metais (lítio, vanádio, cobalto, zinco, molibdênio, antimônio e chumbo) e foram recuperados para cada metal 80% das alíquotas adicionadas que fica na faixa aceitável de recuperação que está o intervalo de (80 a 120%).

O Limite de Quantificação da Amostra (LQ) pode variar no mesmo parâmetro, pois consiste no resultado obtido entre o Limite de Quantificação do Método (LQM), multiplicado pelo fator de preparo da amostra, multiplicado pela correção da base seca, quando aplicável.

### 5.1.4 - Balanço Iônico

Os resultados das análises físico-químicas das duas campanhas de amostragem foram submetidos a avaliações, pelo cálculo do balanço de cátions e ânions, por meio do *software Qualigraf* desenvolvido pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2010), o qual determina o Erro Prático (Ep) segundo as metodologias de Custódio & Llamas (1983) no balanço iônico nº 1 e Logan (1965) no balanço iônico nº 2, como mostra a **figura 5.4**.



**Figura 5.4** – Equações utilizadas no *software Qualigraf* para estimativa do erro prático no balanço iônico, segundo as metodologias de Custódio & Llamas (1983) e Logan (1965).

Segundo essas referências, a metodologia do balanço iônico nº 1 estabelece Ep máximo de 30% levando em consideração o valor de condutividade elétrica, ao passo que a metodologia do balanço iônico nº 2 define Ep limite de 15% observando os valores de íons.

### Período Chuvoso

De acordo com os resultados obtidos (**tabela 5.1**) verifica-se que no período chuvoso (abril de 2012), 47% (14/30) das amostras coletadas no aquífero Rio Branco na cidade de Rio Branco, apresentaram Ep dentro dos critérios da metodologia do balanço iônico nº 1 e do balanço hídrico nº 2.

Os 53% (16/30) restantes das amostras apresentam Ep superiores aos limites permissíveis e não são considerados válidos em ambos os balanços iônicos.

**Tabela 5.1** – Resultado do balanço iônico realizado no Qualigraf para as amostras coletadas no aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco – abril de 2012.

Poço	CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	Soma Cátions (meq/L)	Soma Ânions (meq/L)	Balanço Iônico nº1	Balanço Iônico nº2
RBR01	20	0,15	0,04	124,33	62,16
RBR02	21	0,1	0,04	78,64	39,32
RBR03	36	0,16	0,14	15,54	7,77
RBR04	21	0,03	0,04	21,02	10,51
RBR05	207	1,59	0,9	55,23	27,62
RBR06	100	0,23	0,1	78,81	39,41
RBR07	39	0,22	0,2	11,62	5,81
RBR08	50	0,32	0,2	48,1	24,05
RBR09	238	1,79	1,37	27	13,5
RBR10	25	0,19	0,21	7,94	3,97
RBR11	39	0,3	0,31	1,84	0,92
RBR12	47	0,76	0,49	43,32	21,66
RBR13	213	2,58	0,55	129,31	64,65
RBR14	688	7,31	7,56	3,33	1,66
RBR15	170	1,23	1,19	3,31	1,65
RBR16	194	1,39	1,17	16,54	8,27
RBR17	284	3,44	1,66	70,11	35,06
RBR18	213	1,69	1,54	9,35	4,68
RBR19	320	2,24	1,94	14,6	7,3
RBR20	117	1,18	0,49	82,52	41,26
RBR21	34	0,33	0,31	7,72	3,86
RBR22	233	1,24	1,57	23,64	11,82
RBR23	178	0,99	0,56	55,72	27,86
RBR24	44	0,25	0,29	15,03	7,52
RBR25	87	0,78	0,28	95,04	47,52
RBR26	159	1,22	1,4	13,78	6,89
RBR27	197	1,38	1,82	27,52	13,76
RBR28	253	2,3	1,46	45,01	22,51
RBR29	108	0,79	0,86	8,06	4,03
RBR30	26	0,2	0,09	76,99	38,5

Legenda:

Valores destacados em vermelho possuem os maiores Ep de acordo com os critérios estabelecidos nas metodologias do balanço iônico nº 1 e nº 2, respectivamente.

### **Período de Estiagem**

Segundo os dados coletados no período seco (outubro de 2012), observa-se que 37% (11/30) das amostras obtiveram resultados dentro dos padrões de Ep considerados como apropriados na metodologia nº 1 de balanço iônico. Pela metodologia nº 2, apenas 20% (6/30) das amostras ficaram abaixo do limite de erro permitido. As amostras restantes 63% (19/30) pelo balanço iônico nº 1 e 80% (24/30) pelo balanço iônico nº 2 não foram consideradas corretas, haja vista que apresentaram Ep fora dos limites permissíveis estabelecidos, demonstra a **tabela 5.2**.

**Tabela 5.2 – Resultado do balanço iônico realizado no Qualigraf, para as amostras coletadas no aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco – outubro de 2012.**

Poço	CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	Soma Cátions (meq/L)	Soma Ânions (meq/L)	Balanço Iônico nº1	Balanço Iônico nº2
RBR01	992	8,79	10,73	19,82	9,91
RBR02	726	5,38	5,56	3,3	1,65
RBR03	135	1,09	1,07	1,59	0,8
RBR04	62	0,6	0,51	16,92	8,46
RBR05	56	0,43	0,15	97,91	48,95
RBR06	30	0,36	0,16	76,87	38,44
RBR07	43	0,39	0,25	42,71	21,35
RBR08	180	1,64	1,48	10,49	5,24
RBR09	45	0,37	0,44	17,88	8,94
RBR10	32	0,21	0,15	35,48	17,74
RBR11	107	0,83	0,37	77,34	38,67
RBR12	161	1,39	1,26	9,98	4,99
RBR13	300	2,62	1,63	46,55	23,27
RBR14	265	1,55	1,31	16,82	8,41
RBR15	35	0,3	0,08	115,83	57,91
RBR16	124	0,74	0,87	16,73	8,37
RBR17	28	0,27	0,07	119,35	59,68
RBR18	25	0,14	0,06	81,63	40,81
RBR19	179	1,35	1,18	13,83	6,91
RBR20	146	1,09	1,24	13,2	6,6
RBR21	126	0,79	0,84	7,16	3,58
RBR22	217	1,98	1,63	19,55	9,77
RBR23	44	0,43	0,23	63,06	31,53
RBR24	104	0,79	0,38	68,68	34,34
RBR25	19	0,13	0,02	136,77	68,38
RBR26	34	0,22	0,12	59,83	29,91
RBR27	53	0,34	0,31	9,51	4,76
RBR28	26	0,11	0,04	89,09	44,54
RBR29	44	0,26	0,39	38,84	19,42
RBR30	277	2,52	2,08	19,16	9,58

Legenda:

Valores destacados em vermelho possuem os maiores Ep de acordo com os critérios estabelecidos nas metodologias do balanço iônico nº e nº 2, respectivamente.

Os resultados de Ep superiores a 30% podem indicar erro analítico ou de cálculo, presença de certos íons não analisados na água em concentrações apreciáveis e/ou águas pouco mineralizadas, tais como água da chuva.

Os métodos analíticos padrões para baixas concentrações iônicas podem levar a valores elevados de erros (Ep %), sem que isso indique necessariamente um erro de análise ou de cálculo (Schoeller, 1955 *apud* Feitosa & Manoel Filho, 2000). Na cidade de Rio Branco, as águas do aquífero Rio Branco, se



enquadram como pouco mineralizadas, uma vez que, no período chuvoso 40% (12/30) das amostras apresentaram teores de STD até 37 mg/L e 97% (29/30) das amostras, concentrações de até 226 mg/L. No período de estiagem as concentrações de STD em 90% das amostras (27/30) chegam, no máximo, a 220 mg/L, com os 10% restantes (3/30) variando de 237 a 815 mg/L, quando o VMP desse parâmetro, para consumo humano, segundo a Portaria MS 2914/2011, é de 1.000 mg/L.

Convém destacar ainda que as concentrações de STD, assim como dos íons sódio ( $Na^+$ ), Cloreto ( $Cl^-$ ) e sulfato ( $SO_4^{2-}$ ) foram expressas em partes por bilhão (ppb) ou  $\mu g/L$ . Além disso, alguns valores situados abaixo do limite de detecção, indicados, por exemplo, como (<1) foram considerados no cálculo do erro, como 1  $\mu g/L$  (o valor pode ser qualquer outro abaixo de 1) e para a base de cálculo a concentração foi convertida para mg/L (ppm).

Conclui-se, assim, que os erros detectados não comprometem os resultados analíticos obtidos.

#### 5.1.5 - Índice de Troca de Bases (ITB)

O ITB, também chamado Índice de Desequilíbrio, permite avaliar o grau de troca iônica ocorrido numa água através das relações entre os seus íons. Esse índice foi definido por meio da equação de Schoeller (1962), onde o símbolo  $r$  representa os valores em meq/L, como pode ser observado abaixo:

$$itb = \frac{rCl - r(Na + K)}{rCl}$$

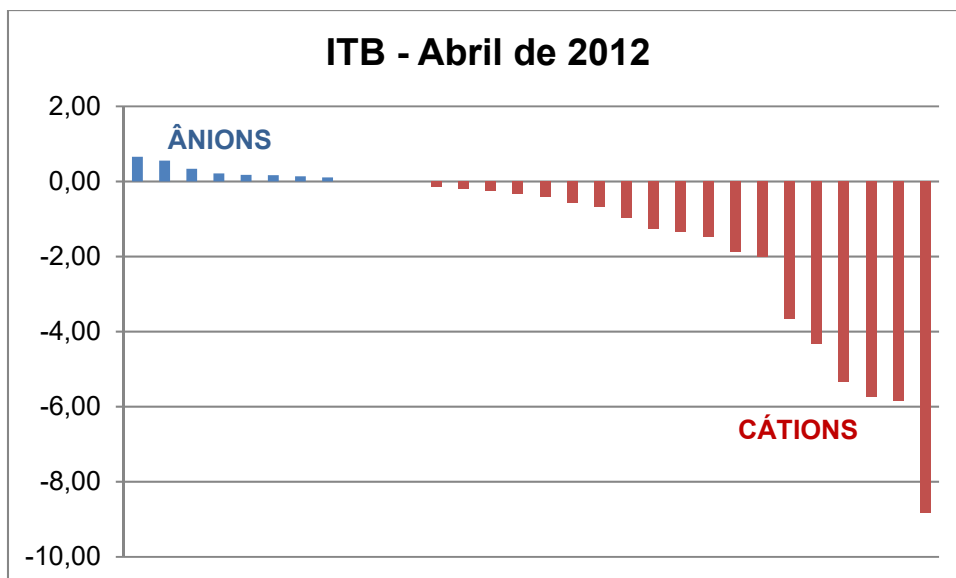
Esse conceito admite que existe na água, supostamente em equilíbrio, íons  $rCl$  e  $r(Na + K)$ . O processo de troca iônica gera um desequilíbrio que se expressa pela relação entre os íons trocados e os íons que existiam previamente. Nesse processo, quando a água recebe mais  $r(Na + K)$  fornecido pelo terreno, o ITB fica negativo, e quando a água cede ou fornece  $r(Na + K)$  ao terreno o ITB se torna positivo.

A troca de base, portanto, configura a tendência ao equilíbrio, mediante a troca entre as bases presentes na água e presentes nos materiais mais finos do aquífero, ou seja, a troca dos metais alcalinos da água pelos metais alcalinos terrosos da rocha.

De acordo com os resultados de ITB calculados verifica-se que 37% (11/30) das amostras apresentaram valores positivos, que indicam uma diminuição de cátions nas águas que ali circulam, já que elas forneceram metais alcalinos ao terreno. Por outro lado, 63% (19/30) apresentaram valores negativos na coleta de abril de 2012 (**tabela 5.3 e figura 5.5**), o que sugere um aumento de cátions, pois a água recebeu mais metais alcalinos fornecidos pelo terreno. Isto revela maior presença de íons alcalinos (sódio e potássio) em relação ao íon cloreto em solução, o que implica no abrandamento das águas subterrâneas, no caso, por exemplo, da troca de  $Ca^{++}$  e  $Mg^{++}$  por  $Na^+$ .

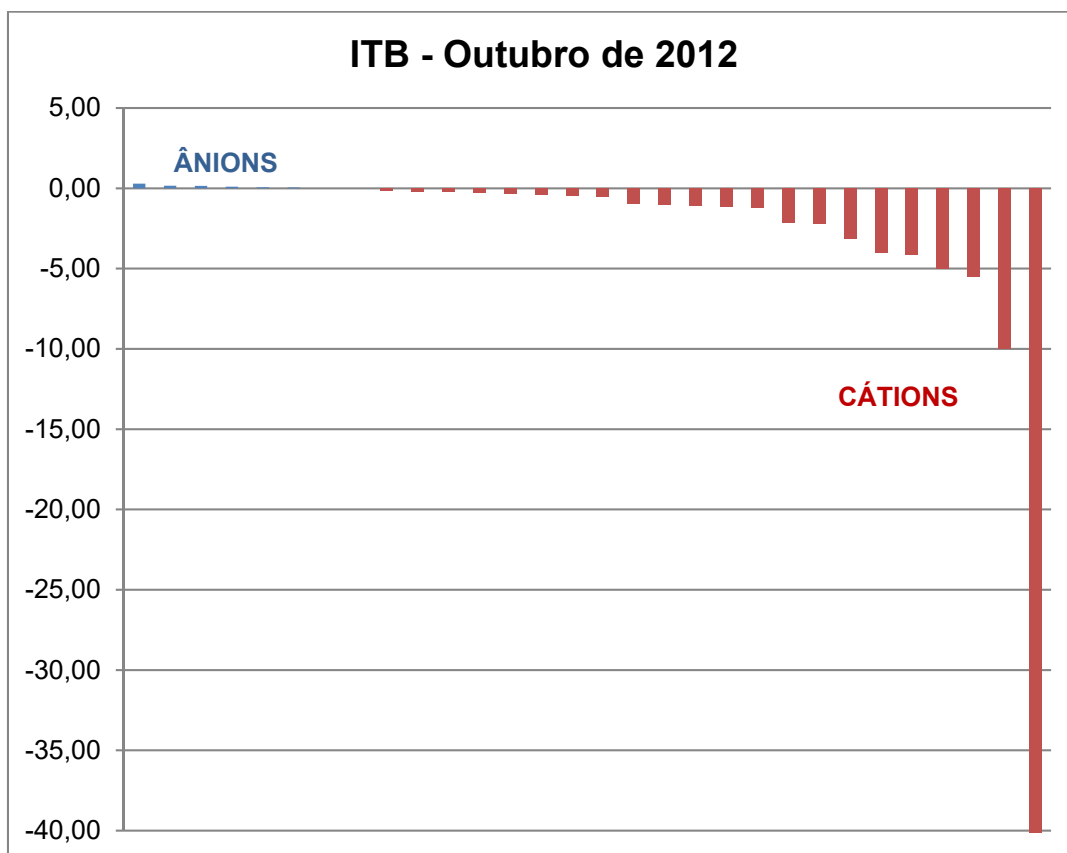
**Tabela 5.3** – Resultado do Índice de Troca de Bases para as amostras coletadas no aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco nas duas campanhas.

Poço	ITB – abril de 2012 (meq/L)	ITB – outubro de 2012 (meq/L)
RBR01	-3,67	-5,50
RBR02	-0,67	-40,44
RBR03	0,00	-0,19
RBR04	0,33	-2,22
RBR05	-0,40	-1,14
RBR06	-0,57	-0,53
RBR07	0,21	0,04
RBR08	0,00	-0,15
RBR09	-0,15	-4,17
RBR10	-4,33	-0,21
RBR11	-2,00	-0,33
RBR12	-8,83	-0,96
RBR13	-5,73	0,06
RBR14	-5,85	0,00
RBR15	0,11	-2,14
RBR16	-0,26	0,09
RBR17	-1,87	-3,17
RBR18	-1,36	-4,00
RBR19	0,66	0,00
RBR20	-0,34	-1,10
RBR21	-5,33	0,29
RBR22	0,55	-0,43
RBR23	-0,20	-10,00
RBR24	0,00	-1,18
RBR25	-1,26	-5,00
RBR26	-1,48	-0,27
RBR27	0,14	0,16
RBR28	-0,98	-1,00
RBR29	0,18	0,14
RBR30	0,17	-0,47



**Figura 5.5** – Resultados de ITB calculados para as amostras coletadas no Aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, no período chuvoso, com ilustração das predominâncias de ânions e de cátions.

Na coleta de outubro de 2012, 27% (8/30) das amostras apresentaram valores positivos, ao passo que 73% (22/30) obtiveram resultados negativos, como pode ser visualizado na **tabela 5.3**. Tais resultados refletem a maior presença de cátions nas águas (**figura 5.6**).



**Figura 5.6** – Resultados de ITB calculados para as amostras coletadas no Aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, no período de estiagem, com ilustração das predominâncias de ânions e de cátions.

Os valores de ITB obtidos nas águas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, nas duas campanhas estão coerentes, pois segundo Teixeira (2002), o enriquecimento em alcalinos, aumenta a diferença  $rCl - r(Na + K)$ , numerador na equação de Schoeller (1962), o que torna mais negativos os valores de ITB.

Na **tabela 5.4** é apresentada a estatística descritiva dos resultados de ITB calculados, onde se verifica que os valores mínimo e máximo obtidos foram de (-8,83 e 0,66) e de (-40,44 e 0,29) para as coletas de abril e outubro de 2012, respectivamente.

**Tabela 5.4** – Parâmetros estatísticos dos resultados do Índice de Troca de Bases para as amostras coletadas no aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco nas duas campanhas.

Parâmetros Estatísticos	ITB (Abril de 2012)	ITB (Outubro de 2012)
Média	-1,43	-2,79
Erro padrão	0,43	1,36
Mediana	-0,37	-0,50
Desvio padrão	2,35	7,47
Variância da amostra	5,53	55,74
Curtose	2,41	24,14
Assimetria	-1,72	-4,74
Intervalo	9,49	40,73
Mínimo	-8,83	-40,44
Máximo	0,66	0,29
Soma	-42,95	-83,83
Contagem	30,00	30,00
Nível de confiança (95%)	0,88	2,79

Os resultados acima revelados em cada uma das campanhas são justificáveis por conta dos elevados índices pluviométricos da região que favorecem a diluição dos compostos químicos em solução na água, o que implica no abrandamento das águas com troca de cálcio e magnésio por sódio, tanto no período chuvoso quanto na estiagem.

#### 5.1.6 - Razões Iônicas

As razões iônicas são as relações entre os íons dissolvidos em uma água que podem guardar certa ligação com o terreno do qual procede a água, indicando a ação de fenômenos modificadores ou sugerindo alguma característica específica.

De acordo com Hem (1985), o estudo de razões iônicas é importante para a classificação e interpretação hidrogeoquímica das águas subterrâneas. Para tanto, estabelece as principais razões iônicas e seus significados. Em algumas dessas razões (adimensionais) os íons são expressos em meq/L como indica o símbolo  $r$  nas equações apresentadas na **tabela 5.5**.

**Tabela 5.5** – Principais razões iônicas e seus significados segundo Hem (1985).

Razões Iônicas	Variações Teóricas	Significado
$\frac{rMg^{2+}}{rCa^{2+}}$	0,25 a 0,33	Água de circulação em rocha de composição granítica
	0,33 a 1,5	Águas continentais
	> 0,9	Contato com água do mar ou fluxo através de rocha básica; possível influência de terrenos dolomíticos
	> 1	Relações com litotipos ricos em silicatos magnesianos
	± 5	Água do mar
$\frac{rNa^+}{rCl^-}$	< 0,0876	Água do mar; substituição de Na <sup>+</sup> por Ca <sup>+2</sup> e Mg <sup>+2</sup>
	< 0,7	Precipitações de sais de Na <sup>+</sup>
	> 0,7	Fluxo através de rochas cristalinas ou vulcânicas
$\frac{rCl^-}{rHCO_3^-}$	0,5	Fluxo normal para rochas cristalinas
	0,1 a 0,5	Águas continentais
	20 a 50	Água do mar

A **tabela 5.6** mostra os resultados das principais razões iônicas para as duas campanhas, realizadas no período chuvoso (abril de 2012) e no período seco (outubro de 2012). A razão  $rMg^{2+}/rCa^{2+}$  indica que 37% (11/30) e 53% (16/30) dos poços, contém águas continentais que possivelmente sofrem influência de terrenos dolomíticos, respectivamente, para a primeira e segunda campanha.

A razão  $rNa^+/rCl^-$  sugere que 87% (26/30) dos poços na primeira coleta, e 93% (28/30) dos poços na segunda coleta, contém águas que possuem fluxo através de rochas cristalinas ou vulcânicas.

A razão iônica  $rCl^-/rHCO_3^-$  obtida na coleta de abril de 2012, em 10% (3/10) dos poços sugere água do mar, evidenciando que tais poços podem ter sofrido influência de intrusão marinha, enquanto que na coleta de outubro de 2012, esse comportamento não foi observado. Ademais, 40% (12/30) dos poços no período chuvoso e 53% (16/30) dos poços no período de estiagem, apresentam águas com ausência de íons bicarbonato.

Excetuando, talvez, a sugestão de que as águas do aquífero Rio Branco são continentais, tudo indica que as demais conclusões não se aplicam ao caso de Rio Branco, onde as águas subterrâneas, oriundas, sobretudo, de infiltrações de águas de chuva, são muito diluídas e dificilmente podem ter sofrido influências de trocas iônicas com as rochas regionais, que, aliás, são sedimentares e não cristalinas e menos ainda sofrem influência de intrusão marinha. Na verdade, os valores mais altos, inclusive os anômalos dos constituintes iônicos maiores, seguramente resultam de contaminação pela ausência de esgotamento sanitário e produzem desvios muito fortes nos dados, particularmente na razão iônica  $rCl^-/rHCO_3^-$ .

**Tabela 5.6** – Resultado das razões iônicas para as amostras coletadas no aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco nas duas campanhas.

Poço	Razões Iônicas - Período chuvoso			Razões Iônicas - Período seco		
	$\frac{rMg^{2+}}{rCa^{2+}}$	$\frac{rNa^+}{rCl^-}$	$\frac{rCl^{(-)}}{rHCO_3^-}$	$\frac{rMg^{2+}}{rCa^{2+}}$	$\frac{rNa^+}{rCl^-}$	$\frac{rCl^{(-)}}{rHCO_3^-}$
RBR01	0,98	1,08	3,44	0,62	6,32	0,47
RBR02	1,60	0,99	-	1,09	40,21	-
RBR03	5,23	5,00	-	2,29	1,15	2,12
RBR04	3,55	1,15	-	0,91	1,82	0,21
RBR05	0,59	1,20	-	2,86	1,67	-
RBR06	1,82	0,41	-	5,26	1,15	-
RBR07	2,67	1,19	57,39	0,95	0,84	-
RBR08	3,26	8,67	0,16	0,46	1,13	4,76
RBR09	1,71	0,85	3,83	10,45	5,22	0,16
RBR10	0,54	6,67	1,37	0,73	1,12	-
RBR11	2,30	5,20	0,17	1,69	1,20	-
RBR12	0,80	2,80	0,17	0,76	1,84	1,05
RBR13	18,65	0,28	23,46	4,12	0,90	13,04
RBR14	1,78	0,73	-	5,61	0,94	-
RBR15	1,78	0,59	-	1,59	2,86	-
RBR16	0,74	0,93	-	2,03	0,88	2,99
RBR17	10,15	1,07	-	1,90	4,21	-
RBR18	6,54	1,07	-	1,11	2,06	-
RBR19	0,78	0,79	20,65	2,38	0,93	8,89
RBR20	8,69	2,83	5,78	0,62	2,05	0,78
RBR21	0,87	2,23	0,73	3,03	0,61	-
RBR22	0,66	1,92	6,18	1,10	1,39	11,42
RBR23	0,95	6,58	1,55	0,35	6,25	-
RBR24	2,34	1,17	2,34	1,61	1,99	1,69
RBR25	1,04	0,87	2,89	0,62	2,62	-
RBR26	4,40	0,43	-	1,12	1,19	-
RBR27	1,24	2,45	1,71	0,63	0,62	1,96
RBR28	2,91	2,07	-	0,31	1,91	-
RBR29	2,24	0,80	4,37	1,19	0,72	-
RBR30	5,69	4,88	0,13	4,07	1,45	5,28

(\*) Os valores ausentes da razão iônica cloreto - bicarbonato são indefinidos (divisão por zero)

### 5.1.7 - Índice de Langelier

O índice de Langelier, também conhecido como índice de saturação (IS), é utilizado para verificar se uma água está ou não em equilíbrio com a calcita (carbonato de cálcio sólido)  $\text{CaCO}_{3(s)}$ , dependendo de o seu valor ser positivo ou negativo.

O IS é definido como a diferença entre o pH real (medido) da água e o pH hipotético pH<sub>s</sub> (pH de saturação) que a água teria se estivesse em equilíbrio com a calcita  $\text{CaCO}_{3(s)}$ . A determinação do pH de saturação (pH<sub>s</sub>) é feita a partir dos parâmetros de temperatura, sólidos totais dissolvidos (STD), dureza e alcalinidade total.

O IS pode ser obtido por meio da seguinte equação:

$$\text{IS} = \text{pH} - \text{pH}_s$$

O pH de saturação é calculado pela seguinte equação:

$$\text{pH}_s = 9,3 + A + B - C - D, \text{ sendo:}$$

$A = 0,1 \times \log(\text{STD}) - 1$	$B = -13,12 \times \log(T + 273) + 34,55$
$C = \log(\text{dureza}) - 0,4$	$D = \log(\text{alcalinidade})$

A classificação da tendência das águas de acordo com o IS é apresentada na **tabela 5.7**.

**Tabela 5.7** – Faixas do IS segundo Snoeyink & Jenkins (1980).

IS	Possível tendência da água
>0	Água supersaturada - tende a precipitar calcita $\text{CaCO}_{3(s)}$
0	Estável - água em equilíbrio com o $\text{CaCO}_{3(s)}$
<0	Água subsaturada - tende a dissolver a calcita $\text{CaCO}_{3(s)}$

Os valores de IS calculados com base nas amostras de água subterrânea coletadas no aquífero Rio Branco na cidade de Rio Branco, no período chuvoso (abril de 2012) e no período seco (outubro de 2012), podem ser observados na **tabela 5.8**. Todas as amostras, em ambas as coletas, apresentaram resultados de IS negativos, o que sugere que as águas não possuem características incrustantes.

Os resultados mostram que no período chuvoso o IS variou de -6,96 a -3,04 e no período seco de -7,92 a -4,07, indicando águas subsaturadas em relação à calcita e com tendência a dissolver  $\text{CaCO}_{3(s)}$ . Isto ocorre porque as águas do aquífero Rio Branco são ácidas, variando de 4,9 no período chuvoso a 4,7 no período de estiagem, o que tende a dissolver a calcita, caso ela esteja presente.

**Tabela 5.8** – Resultado do Índice de Saturação (IS) para as amostras coletadas no aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco nas duas campanhas.

Poço	IS (Abril de 2012)	IS (Outubro de 2012)
RBR01	-4,58	-5,76
RBR02	-5,43	-7,92
RBR03	-3,04	-5,16
RBR04	-5,23	-5,39
RBR05	-6,71	-7,44
RBR06	-5,31	-5,94
RBR07	-5,54	-6,09
RBR08	-5,01	-5,13
RBR09	-6,52	-4,26
RBR10	-4,30	-5,44
RBR11	-4,94	-6,49
RBR12	-4,62	-4,82
RBR13	-5,40	-6,91
RBR14	-6,96	-6,71
RBR15	-4,62	-5,19
RBR16	-5,24	-5,63
RBR17	-5,38	-4,07
RBR18	-4,90	-5,65
RBR19	-6,84	-5,96
RBR20	-6,58	-4,85
RBR21	-5,98	-6,28
RBR22	-6,45	-5,61
RBR23	-5,67	-5,62
RBR24	-5,16	-5,61
RBR25	-6,66	-5,38
RBR26	-5,44	-5,53
RBR27	-5,37	-5,79
RBR28	-5,72	-5,94
RBR29	-5,45	-5,26
RBR30	-5,60	-5,66

### 5.1.8 - Correlação entre Variáveis Hidrogeoquímicas

Alguns parâmetros físico-químicos analisados nas duas campanhas de amostragem foram submetidos a avaliações de correlação, por meio do *software Assistat* desenvolvido no Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG (Silva, 2012), o qual aplica o Teste t aos níveis de 5 e 1% de significância e fornece o coeficiente de correlação ( $\rho$ ).

Quanto ao nível de significância, conforme a **tabela 5.9** na primeira campanha e **tabela 5.10** na segunda campanha, as correlações são classificadas como:



- Não Significativas (“ns” ao nível superior a 5%)
- Significativas (“\*\*” ao nível de 5%)
- Muito Significativas (“\*\*\*” ao nível de 1%)

Quanto às correlações, vale informar que foram verificadas correlações positivas  $0 < \rho < 1$  e correlações negativas  $(-1 < \rho < 0)$ . A qualidade das correlações foi classificada em 5 (cinco) categorias, de acordo com as seguintes faixas de valores de  $\rho$ :

- Correlação Muito Fraca: positiva  $(0 < \rho < 0,2)$  ou negativa  $(-0,2 < \rho < 0)$
- Correlação Fraca: positiva  $(0,2 < \rho < 0,4)$  ou negativa  $(-0,4 < \rho < -0,2)$
- Correlação Moderada: positiva  $(0,4 < \rho < 0,7)$  ou negativa  $(-0,7 < \rho < -0,4)$
- Correlação Forte: positiva  $(0,7 < \rho < 0,9)$  ou negativa  $(-0,9 < \rho < -0,7)$
- Correlação Muito Forte: positiva  $(\rho > 0,9)$  ou negativa  $(\rho < -0,9)$

### **Período Chuvoso**

De acordo com os resultados obtidos o panorama das correlações no período chuvoso (abril de 2012), conforme **tabela 5.9**, é o seguinte:

- A grande maioria das correlações (104/136), ou seja, 76,5% são Não Significativas, dos tipos, muito fracas (84/136) e fracas (20/136);
- As correlações Significativas satisfazem apenas 5,9% (8/136), das quais 5 são fracas e 3 moderadas;
- As correlações Muito Significativas correspondem a 17,6% (24/136), sendo 12 moderadas, 9 fortes e 3 muito fortes.

**Tabela 5.9** – Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco – abril de 2012.

Correlação - Abril de 2012			
Variável 1	Variável 2	Coefficiente de Correlação ( $\rho$ )	Significância
STD	CO <sub>3</sub>	-0,1661	ns
STD	NO <sub>2</sub>	-0,1539	ns
STD	Fe	0,5812	**
STD	pH	-0,0249	ns
STD	Alcalinidade	0,1761	ns
STD	Eh	0,1831	ns
STD	NH <sub>3</sub>	0,1977	ns

**Tabela 5.9** – Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco – abril de 2012 (Continuação).

Correlação - Abril de 2012			
Variável 1	Variável 2	Coefficiente de Correlação ( $\rho$ )	Significância
STD	HCO <sub>3</sub>	0,2076	ns
STD	NO <sub>3</sub>	0,3256	ns
SO <sub>4</sub>	Fe	0,4888	**
SO <sub>4</sub>	CO <sub>3</sub>	-0,0526	ns
SO <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	-0,0493	ns
SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	-0,0342	ns
SO <sub>4</sub>	pH	-0,0188	ns
SO <sub>4</sub>	CE	0,7944	**
SO <sub>4</sub>	STD	0,8123	**
SO <sub>4</sub>	Alcalinidade	0,1214	ns
SO <sub>4</sub>	Eh	0,1359	ns
SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	0,1582	ns
SO <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	0,1627	ns
pH	Eh	-0,5248	**
pH	Fe	-0,1354	ns
pH	NO <sub>3</sub>	-0,1349	ns
pH	CO <sub>3</sub>	-0,1171	ns
pH	NO <sub>2</sub>	0,0044	ns
pH	NH <sub>3</sub>	0,1583	ns
pH	Alcalinidade	0,2322	ns
pH	HCO <sub>3</sub>	0,2418	ns
NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	-0,1538	ns
NO <sub>3</sub>	Fe	-0,1425	ns
NO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	-0,1331	ns
NO <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	0,0765	ns
NO <sub>2</sub>	HCO <sub>3</sub>	-0,1397	ns
NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	-0,134	ns
NO <sub>2</sub>	Fe	-0,0835	ns
NO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	-0,0463	ns
NO <sub>2</sub>	CO <sub>3</sub>	-0,0351	ns
NH <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	-0,0441	ns
NH <sub>3</sub>	Fe	0,0025	ns
NH <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	0,2006	ns
Na	Ca	0,37	*

**Tabela 5.9** – Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco – abril de 2012 (Continuação).

Correlação - Abril de 2012			
Variável 1	Variável 2	Coefficiente de Correlação ( $\rho$ )	Significância
Na	SO <sub>4</sub>	0,3824	*
Na	Cl	0,4756	**
Na	NO <sub>2</sub>	-0,1749	ns
Na	Fe	0,399	*
Na	CO <sub>3</sub>	-0,1472	ns
Na	Mg	0,4054	*
Na	STD	0,696	**
Na	CE	0,7116	**
Na	pH	0,0563	ns
Na	NH <sub>3</sub>	0,071	ns
Na	NO <sub>3</sub>	0,2073	ns
Na	Eh	0,2779	ns
Na	Alcalinidade	0,3237	ns
Na	HCO <sub>3</sub>	0,3279	ns
Na	K	0,3473	ns
Mg	NO <sub>3</sub>	0,3719	*
Mg	CO <sub>3</sub>	-0,1226	ns
Mg	NO <sub>2</sub>	-0,0821	ns
Mg	pH	-0,0541	ns
Mg	Fe	0,4066	*
Mg	Cl	0,424	*
Mg	SO <sub>4</sub>	0,7398	**
Mg	STD	0,8541	**
Mg	Alcalinidade	0,05	ns
Mg	CE	0,8603	**
Mg	Eh	0,0665	ns
Mg	HCO <sub>3</sub>	0,0915	ns
Mg	NH <sub>3</sub>	0,1868	ns
K	pH	-0,2972	ns
K	CE	0,3916	*
K	CO <sub>3</sub>	-0,1513	ns
K	HCO <sub>3</sub>	-0,1481	ns
K	Cl	0,5185	**
K	NO <sub>3</sub>	0,523	**
K	Alcalinidade	-0,1283	ns
K	NO <sub>2</sub>	-0,1103	ns
K	Fe	-0,087	ns

**Tabela 5.9** – Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco – abril de 2012 (Continuação).

Correlação - Abril de 2012			
Variável 1	Variável 2	Coefficiente de Correlação ( $\rho$ )	Significância
K	NH <sub>3</sub>	0,0295	ns
K	SO <sub>4</sub>	0,0338	ns
K	Ca	0,0522	ns
K	Mg	0,2944	ns
K	Eh	0,3156	ns
K	STD	0,3583	ns
Fe	CO <sub>3</sub>	-0,078	ns
Fe	HCO <sub>3</sub>	0,2064	ns
Eh	NO <sub>2</sub>	-0,1745	ns
Eh	NO <sub>3</sub>	0,0132	ns
Eh	CO <sub>3</sub>	0,0274	ns
Eh	Fe	0,0953	ns
Eh	HCO <sub>3</sub>	0,1129	ns
Eh	Alcalinidade	0,1296	ns
Eh	NH <sub>3</sub>	0,1668	ns
CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	-0,1503	ns
Cl	CO <sub>3</sub>	-0,1777	ns
Cl	NO <sub>2</sub>	-0,1651	ns
Cl	NO <sub>3</sub>	0,4937	**
Cl	STD	0,5098	**
Cl	CE	0,5226	**
Cl	pH	-0,0894	ns
Cl	SO <sub>4</sub>	-0,0218	ns
Cl	HCO <sub>3</sub>	0,0416	ns
Cl	Alcalinidade	0,051	ns
Cl	NH <sub>3</sub>	0,0633	ns
Cl	Eh	0,0759	ns
Cl	Fe	0,3382	ns
CE	CO <sub>3</sub>	-0,1718	ns
CE	NO <sub>2</sub>	-0,162	ns
CE	Fe	0,5505	**
CE	pH	-0,0132	ns
CE	Alcalinidade	0,1882	ns
CE	Eh	0,1907	ns
CE	NH <sub>3</sub>	0,2027	ns
CE	STD	0,9977	**
CE	HCO <sub>3</sub>	0,2177	ns

**Tabela 5.9** – Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco – abril de 2012 (Continuação).

Correlação - Abril de 2012			
Variável 1	Variável 2	Coefficiente de Correlação ( $\rho$ )	Significância
CE	NO <sub>3</sub>	0,3446	ns
Ca	Fe	0,5015	**
Ca	CO <sub>3</sub>	-0,0619	ns
Ca	NO <sub>2</sub>	-0,0451	ns
Ca	Mg	0,7208	**
Ca	Cl	-0,0354	ns
Ca	CE	0,7888	**
Ca	STD	0,8067	**
Ca	NO <sub>3</sub>	-0,0131	ns
Ca	pH	0,0031	ns
Ca	Eh	0,0829	ns
Ca	Alcalinidade	0,1227	ns
Ca	SO <sub>4</sub>	0,9891	**
Ca	HCO <sub>3</sub>	0,1637	ns
Ca	NH <sub>3</sub>	0,1683	ns
Alcalinidade	NO <sub>3</sub>	-0,1845	ns
Alcalinidade	CO <sub>3</sub>	-0,1325	ns
Alcalinidade	NO <sub>2</sub>	-0,1213	ns
Alcalinidade	HCO <sub>3</sub>	0,986	**
Alcalinidade	NH <sub>3</sub>	0,1879	ns
Alcalinidade	Fe	0,2001	ns

Legenda:

\*\* = significativo ao nível de 1% de significância ( $p < 0,01$ )

\* = significativo ao nível de 5% de significância ( $0,01 \leq p < 0,05$ )

ns = não significativo ( $p \geq 0,05$ )

### **Período de Estiagem**

Segundo os dados coletados no período seco (outubro de 2012), observa-se, como demonstra a **tabela 5.10**, que:

- A maioria das correlações (74/136), o que equivale a 54% são Não Significativas, classificadas como muito fracas (62) e fracas (12);
- As correlações Significativas equivalem a 10,3% (14/136), sendo 3 fracas, e 11 moderadas;
- Existem 35,3% (48/136) correlações Muito Significativas, das quais 1 é do tipo fraca, 27 são moderadas, 10 fortes e 10 muito fortes.

**Tabela 5.10** – Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco – outubro de 2012.

Correlação - Outubro de 2012			
Variável 1	Variável 2	Coefficiente de Correlação ( $\rho$ )	Significância
STD	NH <sub>3</sub>	0,467	**
STD	Eh	-0,1828	ns
STD	Fe	0,5339	**
STD	NO <sub>2</sub>	0	ns
STD	CO <sub>3</sub>	0,7749	**
STD	pH	0,0773	ns
STD	NO <sub>3</sub>	0,1099	ns
STD	HCO <sub>3</sub>	0,4557	*
STD	Alcalinidade	0,4626	*
SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	-0,16	ns
SO <sub>4</sub>	Eh	-0,1555	ns
SO <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	0,4896	**
SO <sub>4</sub>	Fe	0,594	**
SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	0,4123	*
SO <sub>4</sub>	CO <sub>3</sub>	0,8687	**
SO <sub>4</sub>	pH	0,1141	ns
SO <sub>4</sub>	Alcalinidade	0,4545	*
SO <sub>4</sub>	CE	0,9264	**
SO <sub>4</sub>	STD	0,9322	**
pH	NO <sub>3</sub>	-0,1555	ns
pH	Alcalinidade	0,473	**
pH	HCO <sub>3</sub>	0,497	**
pH	NO <sub>2</sub>	0	ns
pH	Eh	0,0294	ns
pH	NH <sub>3</sub>	0,0645	ns
pH	Fe	0,1447	ns
pH	CO <sub>3</sub>	0,2952	ns
NO <sub>3</sub>	Fe	-0,1883	ns
NO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	-0,1142	ns
NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	-0,0882	ns
NO <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	0,0056	ns
NO <sub>2</sub>	Fe	-0,8091	**
NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	-0,7707	**
NO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	-0,3587	**

**Tabela 5.10** – Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco – outubro de 2012 (Continuação).

Correlação - Outubro de 2012			
Variável 1	Variável 2	Coefficiente de Correlação (ρ)	Significância
NO <sub>2</sub>	CO <sub>3</sub>	0	ns
NO <sub>2</sub>	HCO <sub>3</sub>	0	ns
NH <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	0,3801	*
NH <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	0,5872	**
NH <sub>3</sub>	Fe	0,3376	ns
Na	Eh	-0,1965	ns
Na	pH	-0,0531	ns
Na	Cl	0,4961	**
Na	Mg	0,5723	**
Na	K	0,5949	**
Na	SO <sub>4</sub>	0,6134	**
Na	STD	0,8019	**
Na	Ca	0,4236	*
Na	CE	0,828	**
Na	NH <sub>3</sub>	0,1754	ns
Na	NO <sub>3</sub>	0,2385	ns
Na	Alcalinidade	0,2597	ns
Na	Fe	0,2756	ns
Na	CO <sub>3</sub>	0,2885	ns
Na	HCO <sub>3</sub>	0,2906	ns
Mg	HCO <sub>3</sub>	0,4708	**
Mg	Alcalinidade	0,4816	**
Mg	Eh	-0,1044	ns
Mg	NH <sub>3</sub>	0,5446	**
Mg	Fe	0,6213	**
Mg	CO <sub>3</sub>	0,8975	**
Mg	SO <sub>4</sub>	0,9103	**
Mg	pH	0,1462	ns
Mg	NO <sub>3</sub>	0,1509	ns
Mg	CE	0,914	**
Mg	Cl	0,1545	ns
Mg	STD	0,9271	**
K	pH	-0,4472	*
K	NO <sub>2</sub>	-0,4576	**
K	STD	0,4975	**
K	CE	0,5193	**

**Tabela 5.10** – Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco – outubro de 2012 (Continuação).

Correlação - Outubro de 2012			
Variável 1	Variável 2	Coefficiente de Correlação (ρ)	Significância
K	Fe	-0,0023	ns
K	Eh	0,033	ns
K	HCO <sub>3</sub>	0,049	ns
K	Alcalinidade	0,0522	ns
K	SO <sub>4</sub>	0,3985	*
K	NH <sub>3</sub>	0,0588	ns
K	CO <sub>3</sub>	0,0589	ns
K	Cl	0,1023	ns
K	NO <sub>3</sub>	0,1566	ns
K	Ca	0,194	ns
K	Mg	0,3367	ns
Fe	CO <sub>3</sub>	0,7054	**
Fe	HCO <sub>3</sub>	0,4166	*
Eh	NH <sub>3</sub>	-0,2051	ns
Eh	CO <sub>3</sub>	-0,0841	ns
Eh	Fe	-0,0443	ns
Eh	NO <sub>2</sub>	0	ns
Eh	HCO <sub>3</sub>	0,0101	ns
Eh	Alcalinidade	0,0197	ns
Eh	NO <sub>3</sub>	0,031	ns
CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	0,5159	**
Cl	SO <sub>4</sub>	-0,0937	ns
Cl	Eh	-0,0612	ns
Cl	CO <sub>3</sub>	-0,0531	ns
Cl	pH	0,0359	ns
Cl	NO <sub>3</sub>	0,662	**
Cl	NH <sub>3</sub>	0,0534	ns
Cl	Fe	0,0682	ns
Cl	Alcalinidade	0,0768	ns
Cl	HCO <sub>3</sub>	0,171	ns
Cl	STD	0,2395	ns
Cl	CE	0,2505	ns
CE	Eh	-0,1825	ns
CE	Fe	0,5286	**
CE	NO <sub>2</sub>	0	ns



**Tabela 5.10** – Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco – outubro de 2012 (Continuação).

Correlação - Outubro de 2012			
Variável 1	Variável 2	Coefficiente de Correlação (ρ)	Significância
CE	CO <sub>3</sub>	0,7497	**
CE	pH	0,0553	ns
CE	HCO <sub>3</sub>	0,4364	*
CE	Alcalinidade	0,4424	*
CE	NH <sub>3</sub>	0,4451	*
CE	NO <sub>3</sub>	0,1093	ns
CE	STD	0,998	**
Ca	Eh	-0,1166	ns
Ca	NO <sub>3</sub>	-0,095	ns
Ca	Cl	-0,0408	ns
Ca	HCO <sub>3</sub>	0,5207	**
Ca	Alcalinidade	0,5558	**
Ca	NH <sub>3</sub>	0,5653	**
Ca	Fe	0,6688	**
Ca	CE	0,8428	**
Ca	STD	0,8625	**
Ca	SO <sub>4</sub>	0,9371	**
Ca	Mg	0,9411	**
Ca	pH	0,2637	ns
Ca	CO <sub>3</sub>	0,9816	**
Alcalinidade	NO <sub>3</sub>	-0,1878	ns
Alcalinidade	NH <sub>3</sub>	0,3805	*
Alcalinidade	CO <sub>3</sub>	0,5556	**
Alcalinidade	NO <sub>2</sub>	0	ns
Alcalinidade	Fe	0,4453	*
Alcalinidade	HCO <sub>3</sub>	0,9862	**

Legenda:

\*\* = significativo ao nível de 1% de significância ( $p < 0,01$ )

\* = significativo ao nível de 5% de significância ( $0,01 \leq p < 0,05$ )

ns = não significativo ( $p \geq 0,05$ )

### **Conclusão sobre as correlações nas duas campanhas**

Das 136 correlações de parâmetros químicos apresentadas em cada uma das campanhas, conforme **tabelas 5.9 e 5.10**, verifica-se que em termos médios 65,4% (76,5% no período chuvoso e 54% no período de estiagem) são Não Significativas. As correlações Significativas representam apenas 8,1% do total (5,9% no período chuvoso e 10,3% no período seco), enquanto que as correlações Muito Significativas, resultantes do Teste t ao nível de 1%, correspondem a 26,5% do total (17,6% no período chuvoso e 35,3% na estiagem).

As correlações existentes entre Na (sódio), K (potássio), Ca (cálcio), Mg (magnésio), Cl (cloreto), CE (condutividade elétrica) e STD (sólidos totais dissolvidos) indicam influência do intemperismo químico, por conta da baixa presença de íons, haja vista que os seus teores foram encontrados em poucas quantidades, o que corrobora com a ideia de que esses elementos foram liberados há anos ao longo da interação água x rocha, e que se apresentam extremamente diluídos devido a elevada precipitação associada a constante renovação das águas na planície amazônica.

Os parâmetros Na (sódio), K (potássio), Cl (cloreto), CE (condutividade elétrica), STD (sólidos totais dissolvidos), NO<sub>3</sub> (nitrato), NH<sub>3</sub> (amônia) e SO<sub>4</sub> (sulfato), apresentaram correlação entre si, o que sugere poluição nas águas subterrâneas oriunda de atividade antrópica, principalmente lançamento de esgoto *in natura*, haja vista que tais constituintes representam uma medida indireta de concentração de poluentes. Além disso, as correlações altamente significativas envolvendo as variáveis, nitrato e amônia se devem principalmente ao contato das águas subterrâneas com as fossas negras, vazamento nas redes coletoras de esgoto e influência de rios próximos à área de captação dos poços. Tal justificativa é plausível na área de estudo, haja vista a ausência de esgotamento sanitário e a falta de proteção sanitária na instalação dos poços.

### 5.1.9 - Modelagem Geoestatística

Nas ciências da terra os dados são tipicamente distribuídos no espaço e/ou no tempo. O conhecimento do valor de um atributo (por exemplo, o teor de sódio), é de pouco ou nenhum interesse a menos que a data e o local da medida sejam conhecidos e possam ser incorporados à análise dos dados.

A interpretação dos dados hidrogeoquímicos obtidos através das análises realizadas pelo Laboratório da Bioagri Ambiental nas duas campanhas de amostragem sazonal levadas a efeito no ano de 2012, com intervalo de 6 (seis) meses, utilizará apenas estatísticas *univariadas*, sendo numa primeira etapa a *univariada temporal* e em seguida a *univariada espacial*, sendo essa última aplicada na elaboração dos mapas de zoneamento. Antes, porém, julga-se conveniente apresentar alguns conceitos geoestatísticos, segundo Goovaerts (1997), nos quais essa análise se baseia:

#### Terminologia

- **Atributo** - É uma propriedade física que pode ser um atributo *contínuo*, simbolizado por letras minúsculas, tais como, *z* ou *s*. Um exemplo é a concentração de uma substância dissolvida na água, medida numa escala quantitativa de valores (teor de sulfato). O atributo também pode ser de *categoria*, caso em que somente assume um limitado número de estados, por exemplo, tipos de rocha (sedimentar, metamórfica, etc) ou usos do solo (agricultura, pecuária, etc).
- **Variável** - Simbolizada por letras maiúsculas, tais como *Z* ou *S*, é definida como o conjunto de possíveis valores ou estados que o atributo *z* ou *s* pode assumir numa região *A* (área de estudo) em um local com vetor de posição ou de coordenadas *u*. Nesse último caso, a variável é expressa por *Z(u)* ou *S(u)*.

- **Indivíduo** - O valor do atributo é medido em uma amostra física, por exemplo, uma amostra de água subterrânea coletada em um poço durante um estudo de campo. Na estatística univariada um atributo contínuo medido nessa amostra (teor de cálcio) é um indivíduo, interpretado como *um ponto*, sem levar em conta a sua localização no espaço.
- **População** - É definida como o conjunto das (infinitas) medidas do atributo de interesse, passíveis de serem realizadas na área de estudo. Já a coleção ou conjunto finito de valores (por exemplo, 30 valores) medidos do atributo (teor de cálcio) é designado conjunto amostral ou simplesmente *amostra*.
- **Parâmetro** - Parâmetros são quantidades constantes de um modelo, por exemplo, o parâmetro ou estatística "*média*" de uma função de distribuição lognormal que modela um histograma.

### ***Estatística Descritiva***

Feições importantes de uma distribuição de frequência são o seu valor central e as medidas de seu desvio ou espalhamento e simetria. O valor central, nas distribuições ditas Normais (ou simétricas) é a média aritmética. Nas distribuições muito assimétricas o valor central é a mediana, que é o valor correspondente a uma frequência acumulada de 50%, isto é, o valor que separa a distribuição em duas metades: uma de valores mais baixos e uma de valores mais altos, em relação à média.

### ***Distribuição de frequência***

Seja  $\{z(\alpha), \alpha = 1, \dots, n\}$  o conjunto de medidas do atributo contínuo  $z$  nos  $n$  indivíduos  $\alpha$ . Nesse contexto a posição real desses dados não é levada em conta. A distribuição de valores contínuos é tipicamente revelada por um histograma com a faixa de valores dos dados discretizada em certo número de classes de igual largura e a proporção relativa dos dados dentro de cada classe expressa pela altura das barras. Essas proporções relativas definem as frequências de classe e, portanto, o histograma reflete a distribuição de frequência dos  $z$ -valores para uma dada definição de classes.

Assim sendo, a modelagem dos histogramas de frequência dos conjuntos amostrais dos atributos medidos nas duas campanhas de coleta de água (período chuvoso e período seco), através de funções de distribuição de probabilidade permite avaliar com risco calculado os valores esperados de cada atributo de acordo com o período de coleta. Caso sejam constatadas diferenças, admite-se que elas seguramente serão indicativas de influências da sazonalidade. Detalhes complementares são fornecidos no texto que segue, visando justificar o procedimento adotado neste trabalho.

### ***Descrição Espacial e Temporal Univariada***

Na estatística clássica os valores de dados observados são supostos aleatórios e não existe correlação entre eles. Na geoestatística admite-se que o campo das medidas (região A) é *estatisticamente estacionário*, o que equivale a dizer que a diferença entre os valores medidos entre dois pontos só depende da distância entre eles, tendo-se como paradigma que valores de atributos em

pontos mais próximos são mais semelhantes do que valores em pontos mais afastados.

Este é o paradigma da técnica de inferência conhecida por *krigagem*, que permite modelar a autocorrelação em função da distância. Assim, dentro de uma região A para cada posição  $u \in A$ , o valor do atributo ambiental  $z(u)$  é modelado como uma variável aleatória (Deutsch & Journel, 1998; Felgueiras, 1999).

Na modelagem geoestatística a variável aleatória  $Z(u)$  pode assumir diferentes valores para o atributo e, cada um deles, com uma probabilidade de ocorrência associada. Nas posições amostradas  $u_\alpha, \alpha = 1, 2, \dots, n$  os valores  $z(u_\alpha)$  são considerados determinísticos ou, ainda, podem ser considerados como variáveis aleatórias cujo valor medido tem uma probabilidade de 100% de ocorrer. Nas posições não amostradas a incerteza associada aos valores de  $z(u)$  é modelada pela função de distribuição de probabilidade da variável aleatória  $Z(u)$ . Da mesma maneira os valores determinísticos  $z(u_\alpha)_t$  medidos nas duas campanhas, nos tempos  $t_1$  (abril de 2012) e  $t_2$  (outubro de 2012), estão associados aos valores desconhecidos  $z(u, t)$ , em uma data qualquer, cuja incerteza é modelada a partir dos respectivos histogramas de  $z(u_\alpha, t)$  pela função de distribuição de probabilidade da variável aleatória  $Z(u, t)$ . Assim é possível comparar com o mesmo nível de risco os valores esperados em ambos os conjuntos de dados correspondentes, respectivamente, ao período chuvoso e ao período seco.

#### 5.1.10 – Modelagem Estatística de Parâmetros Físico-Químicos com Valores Abaixo do Limite de Detecção

Sem dados numéricos, não é possível descrever a estatística nem construir histogramas de frequência para modelagem geoestatística da lei de distribuição de probabilidade de um atributo. Na **tabela 5.11** se encontram os parâmetros físico-químicos analisados em Rio Branco, os limites de detecção (LD) e os valores numéricos ligeiramente menores adotados como aproximação dos LD, para permitir a descrição estatística e a modelagem geoestatística dos resultados obtidos.

**Tabela 5.11** – Parâmetros analisados, limites de detecção (LD) e valores numéricos adotados para estatística descritiva dos resultados das coletas no Aquífero Rio Branco nas duas campanhas.

Parâmetros analisados	Unidade	LD (mg/L)	Valor Numérico Adotado
Cor	uH	< 5	4,9
Turbidez	NTU	< 0,1	0,09
Condutividade elétrica	$\mu\text{S/cm}$	-	-
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	-	-

**Tabela 5.11 –** Parâmetros analisados, limites de detecção (LD) e valores numéricos adotados para estatística descritiva dos resultados das coletas no Aquífero Rio Branco nas duas campanhas (Continuação).

Parâmetros analisados	Unidade	LD (mg/L)	Valor Numérico Adotado
STD	mg/L	< 5	4,9
Alcalinidade Total	mg/L	< 5	4,9
pH	-	-	-
Eh	mV	-	-
Sódio	mg/L	< 0,01	0,009
Potássio	mg/L	< 0,001	0,0009
Cálcio	mg/L	< 0,01 < 0,001	0,009 0,0009
Magnésio	mg/L	-	-
Cloreto	mg/L	< 0,5	0,49
		< 1	0,9
		< 2	1,9
Sulfato	mg/L	< 0,5	0,49
		< 1	0,9
Bicarbonato	mg/L	< 0,5	0,49
Dureza	mg/L	< 5,0	4,9
Nitrato	mg/L	< 0,1	0,09
		< 0,2	0,19
Nitrito	mg/L	< 0,02	0,019
		< 0,01	0,009
		< 0,04	0,039
Amônia (Nitrogênio Amoniacal)	mg/L	< 0,1	0,09
Nitrogênio Orgânico	mg/L	< 0,1	0,09
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg/L	< 0,1	0,09
Nitrogênio Total	mg/L	< 0,5	0,49
Ferro	mg/L	< 0,001	0,0009
		< 0,0001	0,00009
Manganês	mg/L	< 0,001	0,0009
		< 0,0001	0,00009
Índice de fenóis	mg/L	< 0,001	0,0009
Bário	mg/L	< 0,001	0,0009
Níquel	mg/L	< 0,001	0,0009
Zinco	mg/L	< 0,001	0,0009
Cádmio	mg/L	< 0,001	0,0009
Chumbo	mg/L	< 0,001	0,0009
Cobre	mg/L	< 0,001	0,0009
Cromo	mg/L	< 0,001	0,0009
Mercurio	mg/L	< 0,0001	0,00009
Arsênio	mg/L	< 0,001	0,0009
Benzeno	mg/L	< 0,001	0,0009
Tolueno	mg/L	< 0,001	0,0009
Etilbenzeno	mg/L	< 0,001	0,0009
o-Xileno	mg/L	< 0,001	0,0009
m,p-Xilenos	mg/L	< 0,002	0,0019
E.Coli	Presente = 1 e Ausente = 0	-	-
C. Totais		-	-

No que se refere, por exemplo, ao parâmetro cor, os resultados obtidos em Rio Branco mostraram no período chuvoso, em 93% (28/30) das amostras coletadas e no período de seca em 97% (29/30) das amostras coletadas, valores de cor < 5 uH, ou seja, inferiores ao LD. Dessa forma, para fins de realização da estatística descritiva o resultado desconhecido (< 5) foi substituído por um valor numérico próximo (no caso, 4,9), que atende matematicamente a condição apresentada na análise, embora o verdadeiro valor do parâmetro seja desconhecido.

Se houvesse 100% de valores de cor abaixo do LD, as estatísticas média, mediana, mínimo, máximo, seriam todas iguais a 4,9. Nesse caso, a rigor, o erro amostral (diferença entre a média da amostra e a média da população) seria nulo, ou seja,  $(\bar{x} - \mu = 0)$ , assim como também o seriam, o desvio padrão, o erro padrão e a assimetria. Não obstante, para fins de modelagem geoestatística, essa amostra pode ter a sua estatística descritiva, como se vê na **tabela 5.12**, caracterizada de forma aproximada, com um desvio padrão de 2,71E-15, isto é, um desvio muito pequeno, próximo de zero, capaz de assegurar que todos os valores tenham a mesma probabilidade (**tabela 5.13**). Notar que, quando só existe um valor, não se dispõe de um histograma de frequência para ajuste da lei de distribuição, mas apenas de um gráfico de barra ou histograma fictício, construído com a aproximação usada, ao qual não há como ajustar uma lei de frequência. Havendo, porém, um único valor quantificado, já se pode caracterizar um histograma e uma lei de distribuição de probabilidade.

**Tabela 5.12** – Estatística descritiva com 100% de valores abaixo do limite de detecção da cor, substituídos por um valor numérico.

Cor	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
Cor-1	30	4,9	4,9-1,01E-15	4,9+1,01E-15	4,9	4,9	4,9	2,7E-15	4,9E-16	-1,05

**Tabela 5.13** – Distribuição de probabilidade da cor para 100% de valores abaixo do limite de detecção, substituídos por um valor numérico.

P(x≥a)	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
Cor-1	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9

Além disso, outra dificuldade encontrada na aplicação da modelagem geoestatística, para determinar em que estação do ano as águas subterrâneas e superficiais apresentam maiores concentrações iônicas, foi o viés ou bias estatístico encontrado em alguns parâmetros, para os quais o modelo sugere uma estação com 10, 20 e 50% de risco e outra estação com 1, 2 e 5% de risco. Nesses casos, optou-se pela estação indicada com menores riscos.

## 5.2 - Interpretação dos Resultados Analíticos das Águas Subterrâneas de Rio Branco

### 5.2.1 – Cor

A cor indica principalmente a presença de metais (Fe, Mn), ácidos húmicos (substâncias oriundas da degradação de matéria de origem vegetal), plâncton (conjunto de plantas e animais microscópicos em suspensão nas águas) dentre outras substâncias dissolvidas na água.

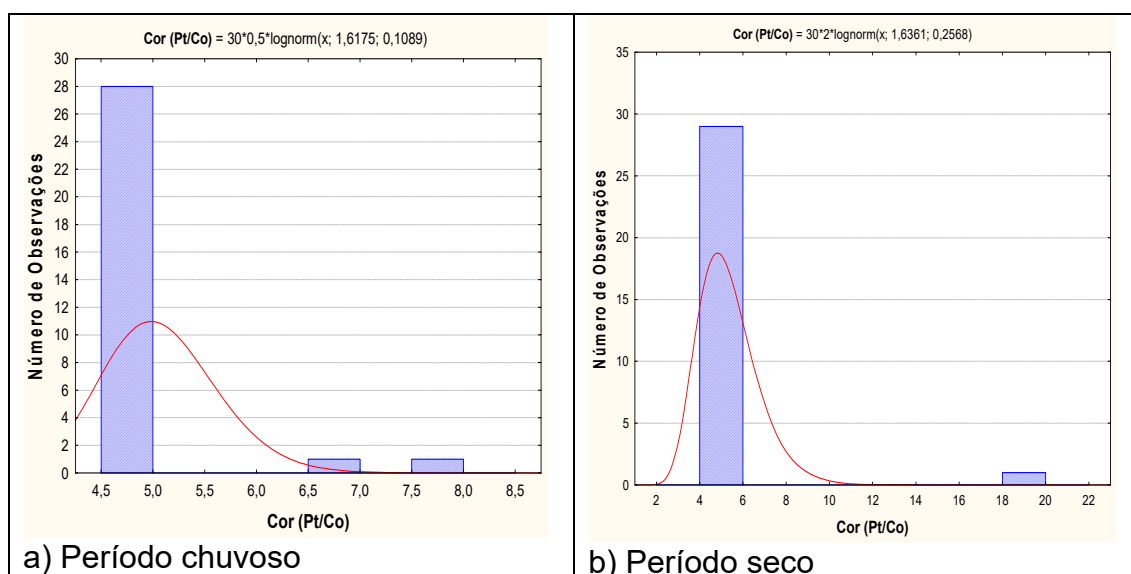
Para consumo humano, segundo a Portaria do Ministério da Saúde - MS 2914/2011 o valor máximo permitido (VMP) para cor é 15 uH – *Unidade Hazen* (mgPt-Co/L). A estatística descritiva da cor, realizada seguindo a metodologia definida no **item 5.1.10**, é apresentada na **tabela 5.14**. Os resultados obtidos em Rio Branco na primeira campanha mostraram em 93% (28/30) das amostras coletadas, valores de cor < 5, ou seja, inferiores ao LD (limite de detecção).

Na segunda campanha foram 97% (29/30) de valores de cor < 5. Os dois valores quantificáveis encontrados no período chuvoso foram 7 e 8 uH, respectivamente nos poços RBR01 e RBR08, enquanto que o valor encontrado no período seco foi de 20 uH, no poço RBR21, estando esse último acima do VMP. Tal resultado é atribuído aos elevados teores de turbidez (9,5 uT) e ferro (1,3 mg/L), que ultrapassam o VMP da Portaria MS 2914/2011.

**Tabela 5.14** – Estatística descritiva da cor das águas do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Cor-1) - abril de 2012 e no período seco (Cor-2) - outubro de 2012.

Cor	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
Cor-1	30	5,1	4,8	5,3	4,9	4,9	8,0	0,7	0,1	3,9
Cor-2	30	5,4	4,4	6,4	4,9	4,9	20,0	2,8	0,5	5,5

Os histogramas de frequência modelados por uma Função de Distribuição de Probabilidade (fdp) lognormal são mostrados na **figura 5.7**.



**Figura 5.7** – Histogramas de frequência e curvas lognormais ajustadas de distribuição de probabilidade da Cor no Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

A razão entre as estimativas feitas com diferentes níveis de risco através do modelo proposto (**tabela 5.15**) mostra um bias estatístico na média. Considerando o fato que 93% e 97%, respectivamente, na primeira e segunda campanha ficaram abaixo do LD, esse bias estatístico provavelmente não pode ser atribuído à influência da sazonalidade. Dentre os valores quantificáveis, o poço RBR21 apresentou resultado anômalo (20 uH) quando comparado aos

demais, o que sugere influência antrópica, pois em Rio Branco predominam poços rasos, mal construídos e vulneráveis à penetração de águas superficiais no período chuvoso.

**Tabela 5.15** – Distribuição de probabilidade da cor no Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Cor-1) - abril de 2012 e no período seco (Cor-2) - outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,5	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99
Cor-1	5	4,6	4,4	4,2	4	3,9
Cor-2	5,1	4,1	3,7	3,4	3	2,8
Razão	0,98	1,12	1,19	1,24	1,33	1,39

### 5.2.2 – Turbidez

A turbidez está relacionada com a presença de substâncias em suspensão, como partículas de argila, silte e de tamanhos que variam desde grosseiro a colóide, dependendo do grau de turbulência. A presença dessas partículas provoca a dispersão e a absorção da luz deixando a água com aparência nebulosa. A água subterrânea nas condições em que circula no ambiente subterrâneo é praticamente isenta de turbidez. Valores altos de turbidez em águas subterrâneas coletadas por bombeamento, geralmente ocorrem em poços mal desenvolvidos e são devidos ao carreamento de partículas finas da formação geológica através dos filtros.

As unidades utilizadas para expressar a turbidez são: NTU (*Nefelometric Turbidity Unit*), FTU (*Formazin Turbidity Unit*) ou uT (Unidade de Turbidez), sendo essas unidades correspondentes 1:1 (Celligoi, 1999; Szikszay, 1993).

O VMP da turbidez para consumo humano, segundo a Portaria MS 2914/2011 é igual a 5 uT (unidade de Turbidez). No período chuvoso, em 30% (9/30) das amostras de água do aquífero Rio Branco, em Rio Branco, foram detectados valores de turbidez (uT) acima do VMP. No período de estiagem, apenas 10% (3/30) das análises apresentaram turbidez acima do VMP. Isso ocorre principalmente na época de cheias, onde a água da chuva que escoar pelo solo, carrega consigo sedimentos que permanecem em suspensão na água tornando-a mais turva, as quais entram em contato com as águas subterrâneas por meio dos poços mal protegidos.

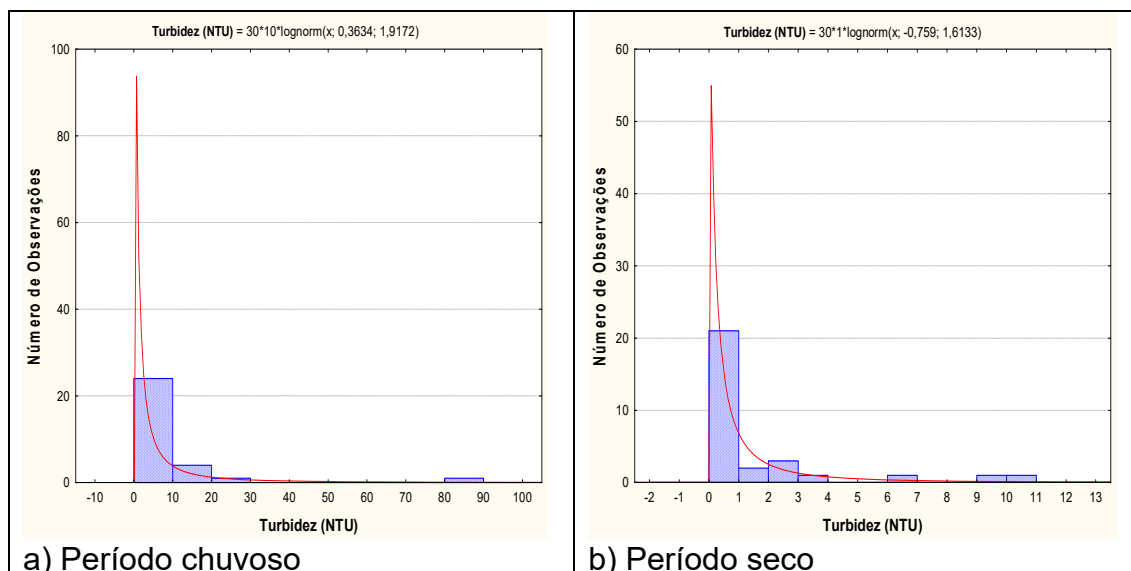
Os valores de algumas amostras ficaram abaixo do LD (limite de detecção), ou seja, < 0,1, em 17 e 40% das análises, no período chuvoso e de estiagem, respectivamente. Para fins da análise estatística adotou-se para LD o valor constante 0,09 uT.

No período chuvoso a turbidez variou de um mínimo de < 0,1 até um máximo de 89 uT, que desvia fortemente os parâmetros da estatística descritiva (**tabela 5.16**), produzindo uma média de 7,3 e mediana de 1,4. Já no período seco a variação foi de < 0,1 a 11 uT, com média de 1,6 e mediana de 0,5.



**Tabela 5.16** – Estatística descritiva da turbidez do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Tu-1) - abril de 2012 e no período seco (Tu-2) - outubro de 2012.

Tu	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
Tu-1	30	7,3	1,0	13,5	1,4	0,09	89,0	16,8	3,1	4,3
Tu-2	30	1,6	0,6	2,6	0,5	0,09	11,0	2,7	0,5	2,5



**Figura 5.8** – Histogramas de frequência e curvas normais ajustadas de distribuição de probabilidade da Turbidez do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

Na **tabela 5.17** são apresentados os resultados da modelagem dos histogramas da **figura 5.8** por uma fdp lognormal, expressos pela razão entre os valores estimados com diferentes probabilidades de ocorrência no período chuvoso e no período de estiagem, respectivamente. Nota-se que, o modelo adotado sugere sem viés estatístico, que há influência da sazonalidade nos valores da turbidez no período chuvoso. Isto se deve ao fato de que as águas superficiais provenientes do *run-off* são mais ricas em sedimentos em suspensão e a falta de proteção dos poços tubulares favorece uma maior comunicação das águas superficiais com as águas subterrâneas.

**Tabela 5.17** – Distribuição de probabilidade da turbidez do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Tu-1) - abril de 2012 e no período seco (Tu-2) - outubro de 2012.

P(x≥a)	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
Tu-1	1,44	0,29	0,12	0,06	0,03	0,02
Tu-2	0,47	0,12	0,06	0,03	0,02	0,01
Razão	3,06	2,42	2,00	2,00	1,50	2,00

### **Zoneamento da Turbidez**

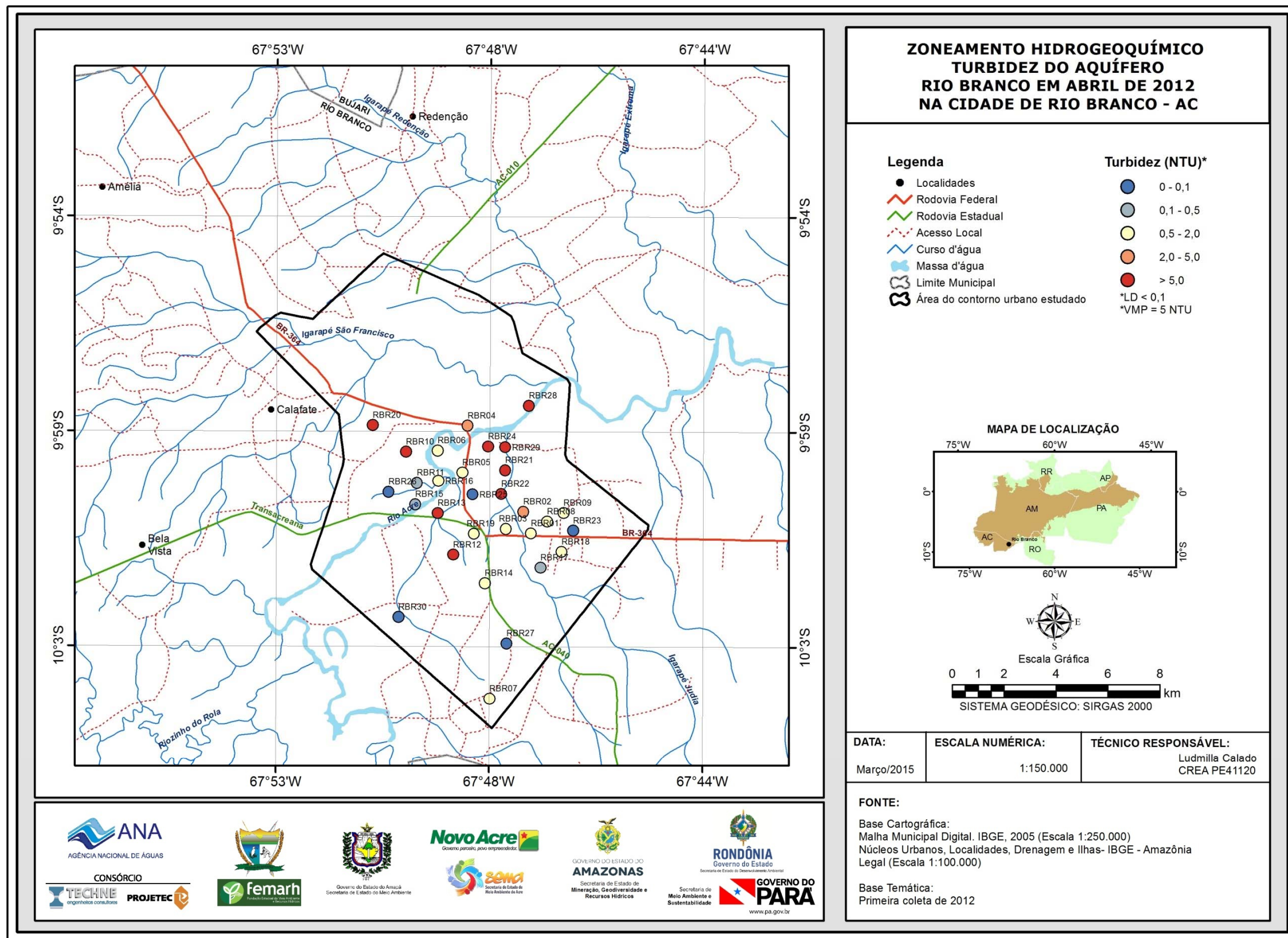
Considerando que os meios porosos granulares se constituem em filtros naturais e que a turbidez se deve essencialmente à presença de sólidos em suspensão, a elaboração do mapa de zoneamento da turbidez das águas do aquífero é do tipo pontual. Admite-se que a turbidez detectada nos pontos amostrados resulta principalmente do carreamento de partículas através dos filtros dos poços durante a coleta das amostras de água.

Nota-se que no período chuvoso (**figura 5.9a**) 17% (5/30) são valores abaixo do limite de detecção de 0,1 uT; 53% (16/30) são valores compreendidos entre 0,1 e 5 uT e os 30% (9/30) restantes são valores acima do VMP (5 uT) estabelecido pela Portaria MS 2914/2011.

No período de estiagem (**figura 5.9b**) 40% (12/30) das amostras apresentaram resultados de turbidez inferiores ao limite de detecção de 0,1 uT; e apenas 10% (3/30) apresentaram valores de turbidez acima do VMP, o que é justificável pela redução de partículas em suspensão pela cessação do período de cheias.

Outro fator que justifica os elevados teores de turbidez nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, é a presença de ferro, haja vista que a maioria das análises de ferro indicaram valores acima de 0,3 mg/L, ou seja, superiores ao VMP estabelecido pela Portaria MS 2914/2011.

As águas subterrâneas normalmente não apresentam problemas em relação a turbidez, porém, em alguns casos, águas ricas em íons Fe podem apresentar uma elevação de sua turbidez quando entram em contato com o oxigênio do ar (Narciso & Gomes, 2004), o que é plausível na área de estudo.



**Figura 5.9a** – Distribuição pontual dos valores de turbidez (uT) da água dos poços monitorados no Aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

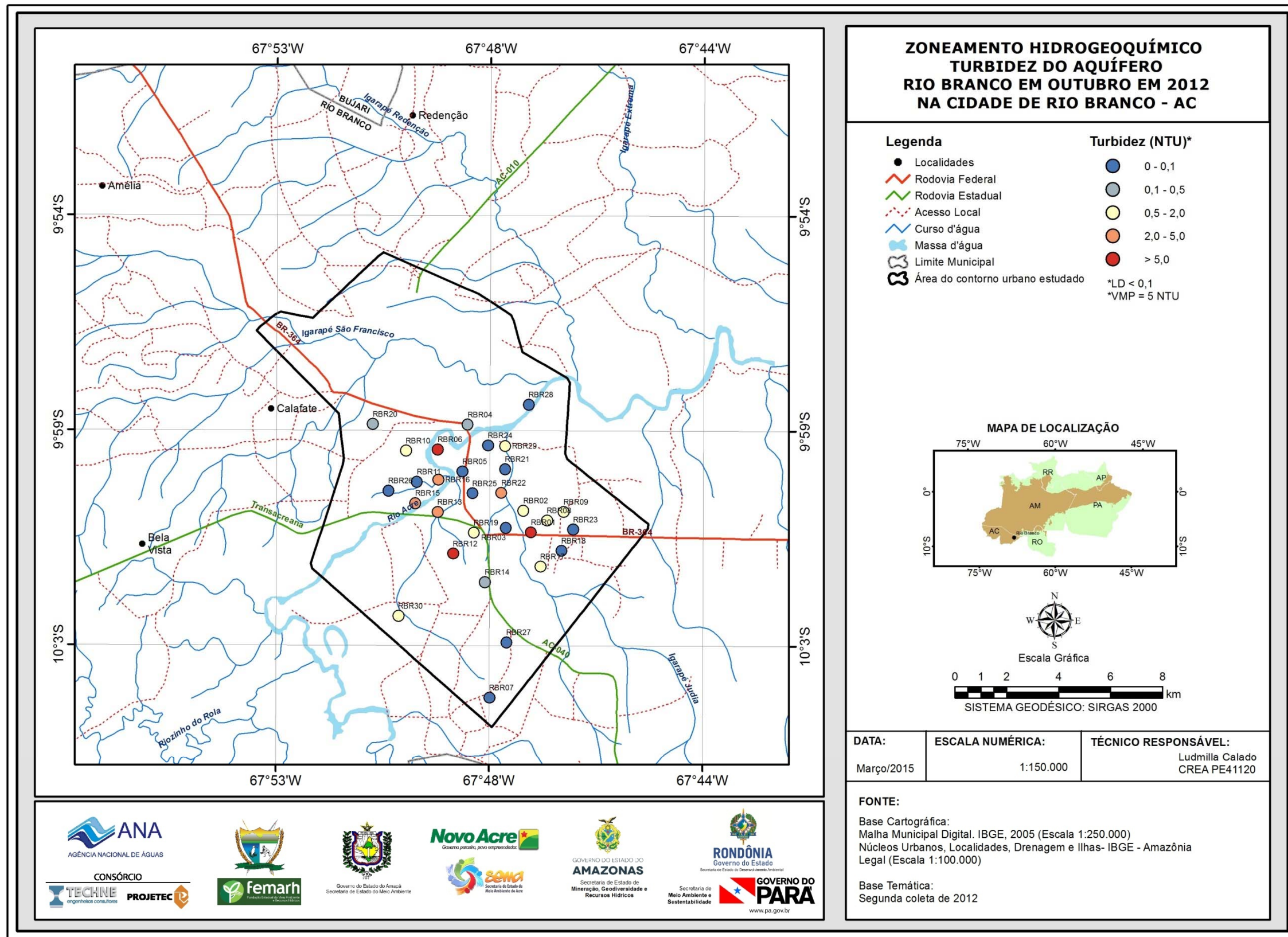


Figura 5.9b – Distribuição pontual da turbidez (uT) da água dos poços do Aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

### 5.2.3 – Condutividade Elétrica (CE)

A condutividade elétrica depende da quantidade de sais dissolvidos na água e, portanto, a sua medição permite estimar rapidamente a quantidade de sólidos totais dissolvidos (STD) presentes na água, usando (por exemplo) uma relação do tipo  $STD = aCE$ , sendo “a” um coeficiente angular variável de aproximadamente 0,55 a 0,75.

A condutividade elétrica (CE) das águas do aquífero Rio Branco, de acordo com a estatística descritiva (**tabela 5.18**) variou no ano de 2012, de 20  $\mu\text{S/cm}$  a 688  $\mu\text{S/cm}$  no período chuvoso, com média de 145,3 e mediana de 112,5  $\mu\text{S/cm}$ . No período seco a variação entre o mínimo e o máximo foi de 19  $\mu\text{S/cm}$  a 992  $\mu\text{S/cm}$ , com média 153,8 e mediana de 83  $\mu\text{S/cm}$ . Convém assinalar que os valores, em sua maioria, são baixos (reflexo principalmente do clima chuvoso e da frequência das chuvas, que assegura uma quase permanente renovação das águas dos aquíferos e dos rios na Amazônia). No caso, observa-se que os valores da CE, em 70% dos pontos amostrados no período chuvoso e em 80% dos pontos amostrados na estiagem, são menores do que 200  $\mu\text{S/cm}$ , que é considerado muito baixo.

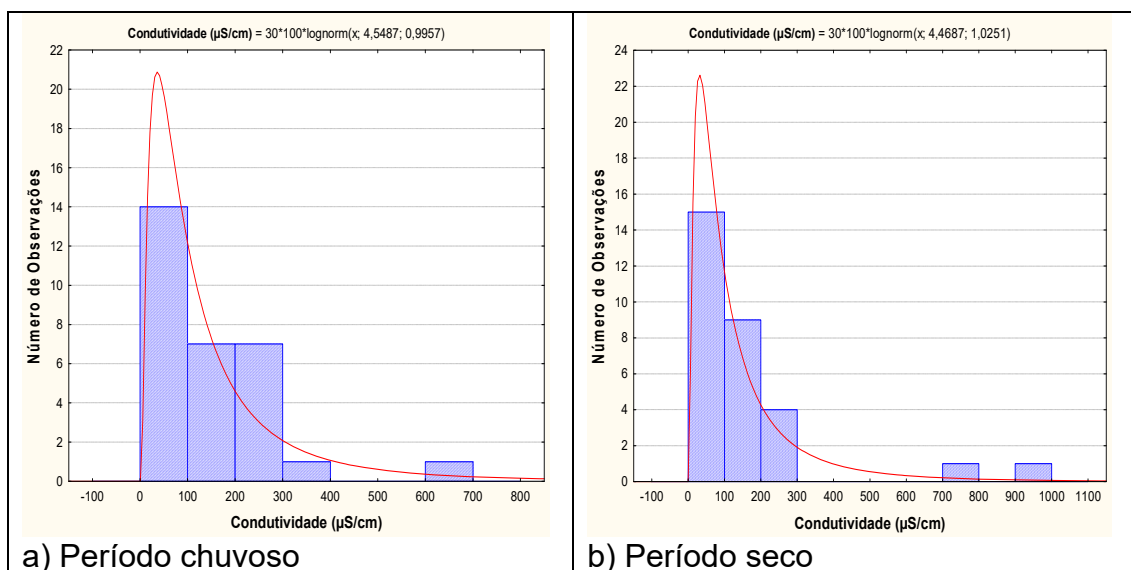
**Tabela 5.18** – Estatística descritiva da Condutividade Elétrica do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (CE-1) - abril de 2012 e no período seco (CE-2) – outubro de 2012.

CE	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
CE-1	30	145,3	93,9	196,8	112,5	20	688	137,8	25,2	2,2
CE-2	30	153,8	75,0	232,6	83,0	19	992	211,2	38,6	3,0

Os valores de CE acima de 200  $\mu\text{S/cm}$  encontrados no período chuvoso em 30% (9/30) das amostras e 20% (6/30) no período seco são coerentes, pois, segundo Esteves (1998), a condutividade elétrica depende da composição iônica dos corpos d'água e pode ser influenciada também pelo volume de chuvas, o que é bastante frequente na região estudada.

Apesar de existirem valores altos de CE > 500  $\mu\text{S/cm}$ , de acordo com Celligoi (1999), quanto à condutividade elétrica, as águas subterrâneas podem ser classificadas em água destilada, quando a CE varia de 0,5 a 2  $\mu\text{S/cm}$ ; água potável, quando a CE varia de 50 a 1.500  $\mu\text{S/cm}$ ; e água poluída, quando a CE é > 10.000  $\mu\text{S/cm}$ . Nesse caso, as águas do aquífero Rio Branco, em Rio Branco, em ambos os períodos de coleta, podem ser classificadas como potáveis.

Os histogramas de frequência da condutividade elétrica nos dois períodos de amostragem (ilustrados na **figura 5.10**) foram modelados por funções de distribuição de probabilidade lognormal. Esse modelo de fdp permite concluir com risco calculado (**tabela 5.19**) que os valores de CE estimados para o período chuvoso são maiores do que os de estiagem e sugerem influência da sazonalidade.



**Figura 5.10** – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade da Condutividade Elétrica do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

Tais resultados são justificáveis, pois no período chuvoso as águas encontram-se ricas em sólidos dissolvidos, o que também contribui para a elevação da CE.

Outro fator que também pode explicar a elevação da condutividade elétrica no período chuvoso é a ausência de esgotamento sanitário na área de estudo, que contribui para que as águas superficiais provenientes do *run off* se misturem com o esgoto lançado a céu aberto contaminando as águas subterrâneas do aquífero Rio Branco. Tal assertiva pode ser ratificada pela correlação significativa entre as variáveis CE, STD e  $SO_4$ , como pode ser observado no **item 5.1.8**.

**Tabela 5.19** – Distribuição de probabilidade da Condutividade Elétrica do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (CE-1) - abril de 2012 e no período seco (CE-2) - outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
CE-1	94,5	40,9	26,4	18,4	12,2	9,3
CE-2	87,2	36,8	23,5	16,2	10,6	8
Razão	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2

### **Zoneamento da Condutividade Elétrica**

De acordo com o zoneamento da condutividade elétrica apresentado na **figura 5.11a** e na **figura 5.11b** para o período chuvoso e de estiagem, respectivamente, é possível verificar que em ambas as coletas, as classes mais frequentes são de 0 a 100  $\mu S/cm$  e de 100 a 200  $\mu S/cm$ , enquanto que os valores mais altos, superiores a 300  $\mu S/cm$ , se restringem a pontos isolados.

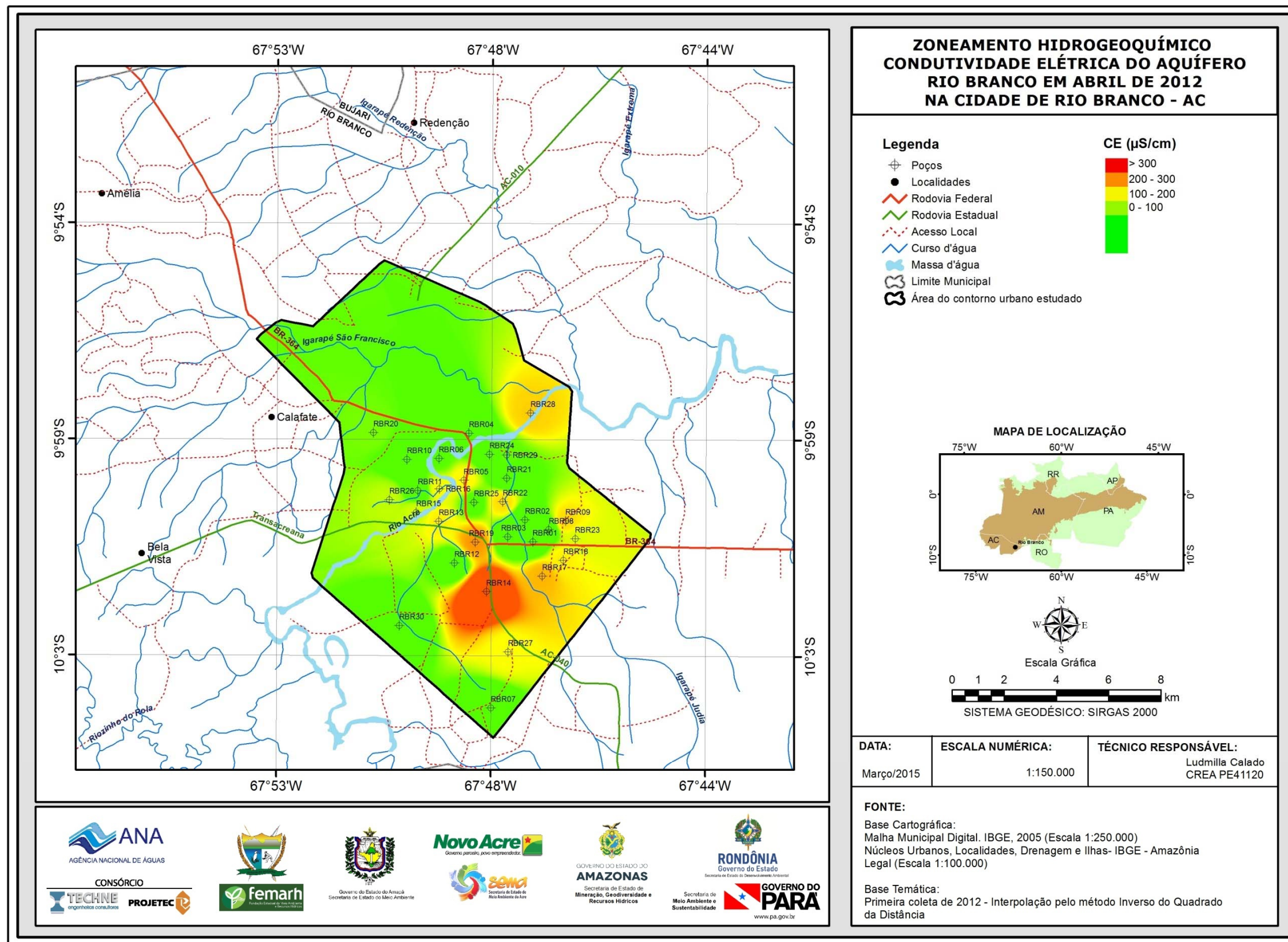


Figura 5.11a – Zoneamento da Condutividade elétrica (µS/cm) das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

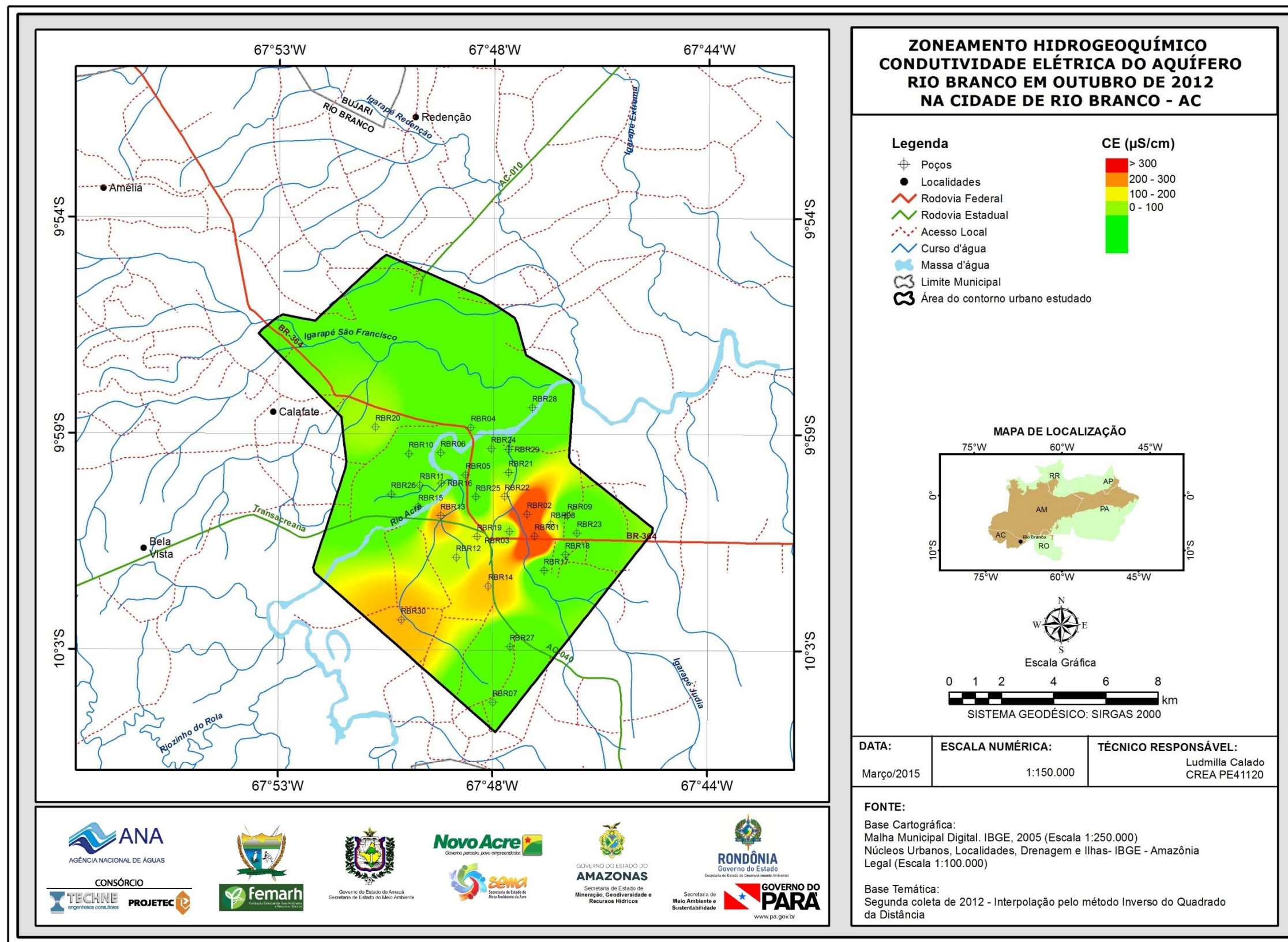


Figura 5.11b – Zoneamento da Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.



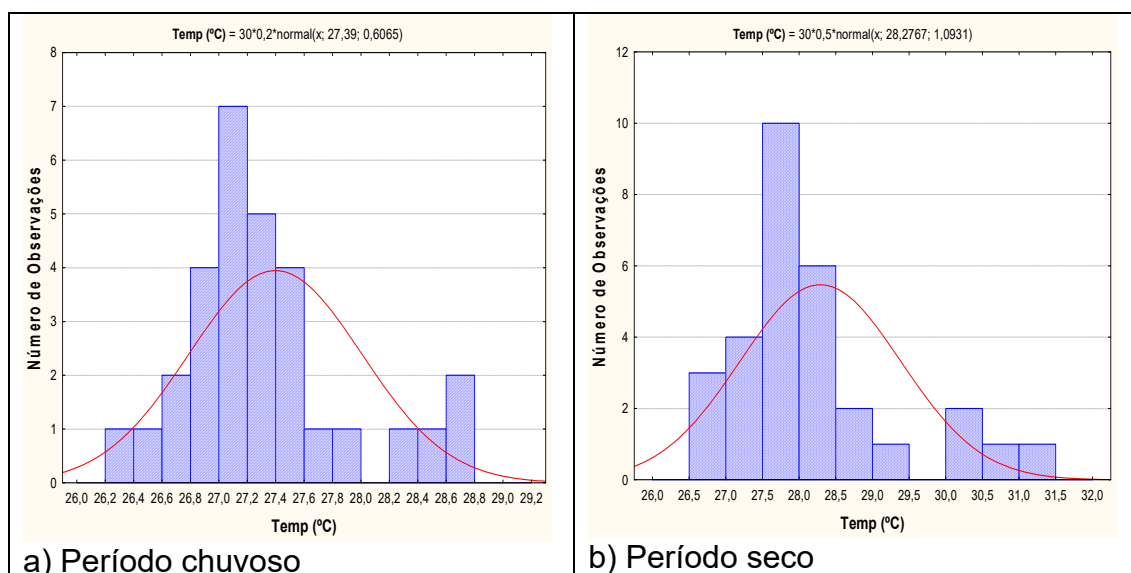
## 5.2.4 – Temperatura

A estatística descritiva da temperatura das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco em Rio Branco (**tabela 5.20**) indica que no período chuvoso a temperatura das águas coletadas no aquífero variou de 26,4°C a 28,8 °C, apresentando uma amplitude térmica de 2,4°C. No período de estiagem as temperaturas foram mais altas, variando de 26,9°C a 31,1°C, com uma amplitude térmica bem maior, de 4,2°C. A média e a mediana no período chuvoso assumem praticamente o mesmo valor, respectivamente com 27,4°C e 27,3°C, enquanto que no período seco, os respectivos valores são igualmente muito próximos 28,3°C e 28,0°C, caracterizando uma distribuição normal. Os valores máximos encontrados em ambos os períodos de coleta, possivelmente decorrem da influência da temperatura ambiente sobre as águas subterrâneas, uma vez que as águas do aquífero Rio Branco são pouco profundas e influenciadas pelas águas superficiais.

**Tabela 5.20** – Estatística descritiva da Temperatura (°C) do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (T-1) - abril de 2012 e no período seco (T-2) - outubro de 2012.

T	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
T-1	30	27,4	27,2	27,6	27,3	26,4	28,8	0,6	0,1	1,0
T-2	30	28,3	27,9	28,7	28,0	26,9	31,1	1,1	0,2	1,3

Os histogramas de frequência da temperatura das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, modelados por curvas normais de distribuição de probabilidade na amostragem do período chuvoso (abril de 2012) e do período de estiagem, em outubro de 2012, são mostrados na **figura 5.12**.



**Figura 5.12** – Histogramas de frequência e curvas normais de distribuição de probabilidade da Temperatura (°C) do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

Os resultados da **tabela 5.21** permitem concluir que as temperaturas das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco são quase iguais em ambos os

períodos de coleta, sugerindo que não há influência da sazonalidade, haja vista que a razão entre os valores das campanhas é da ordem de 1 (um).

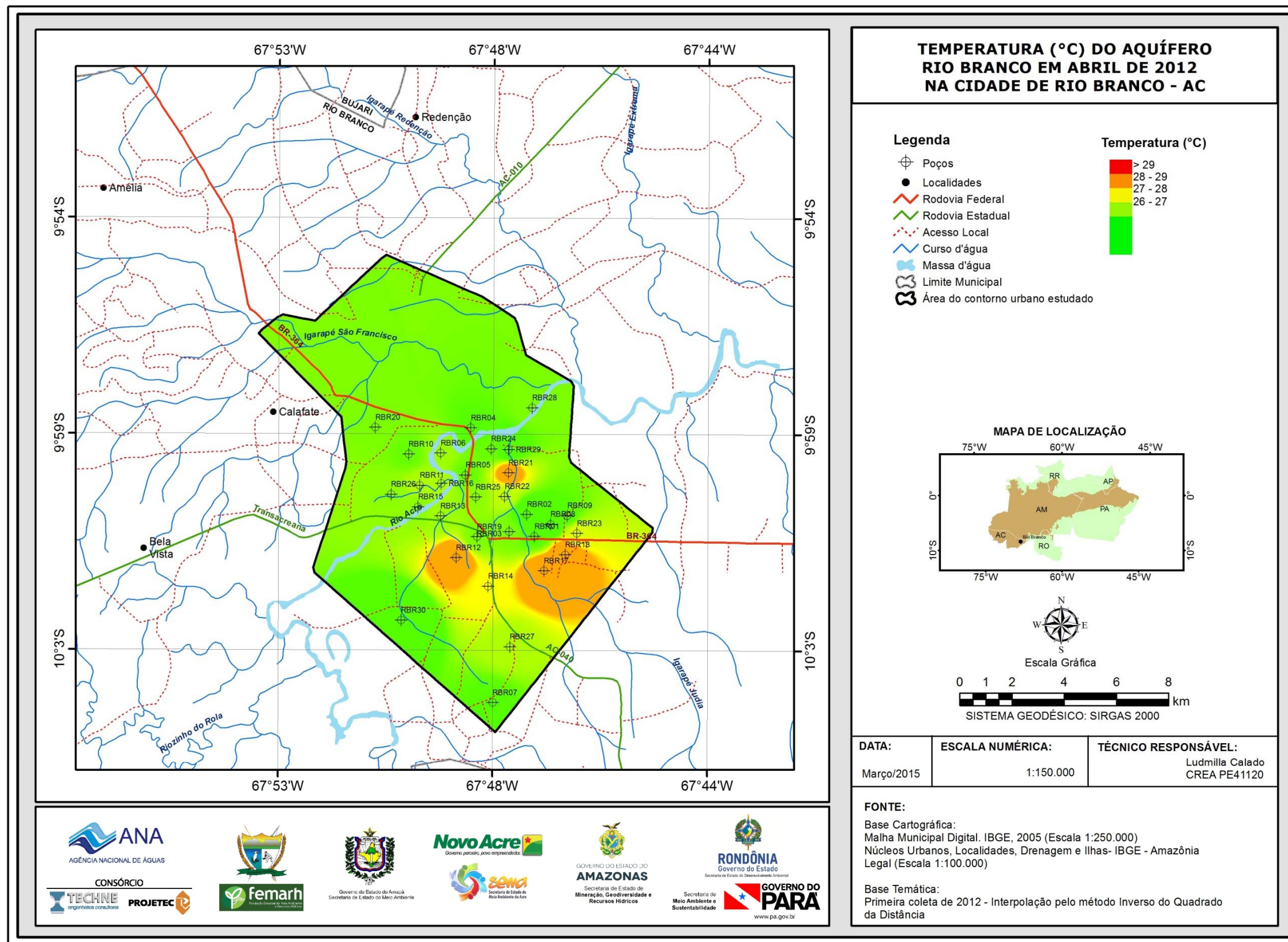
**Tabela 5.21** – Distribuição de probabilidade do T(°C) do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (T-1) - abril de 2012 e no período seco (T-2) - outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
T-1	27,4	26,9	26,6	26,4	26,1	26
T-2	28,3	27,4	26,9	26,5	26	25,7
Razão	0,97	0,98	0,99	1,00	1,00	1,01

### ***Zoneamento da Temperatura***

A distribuição espacial da temperatura das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco na cidade de Rio Branco no período chuvoso de abril de 2012, ilustrada na **figura 5.13a**, é caracterizada em quase toda a área por valores de águas menos quentes na faixa de 26 a 27°C, seguido de 27 até 28°C. Algumas áreas isoladas apresentam temperatura na faixa de 28 a 29°C.

No período seco, os valores da temperatura de 27 a 28°C são predominantes, ocorrendo em alguns pontos temperaturas mais altas, acima de 29°C (**figura 5.13b**).



**Figura 5.13a** – Zoneamento da Temperatura (°C) das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

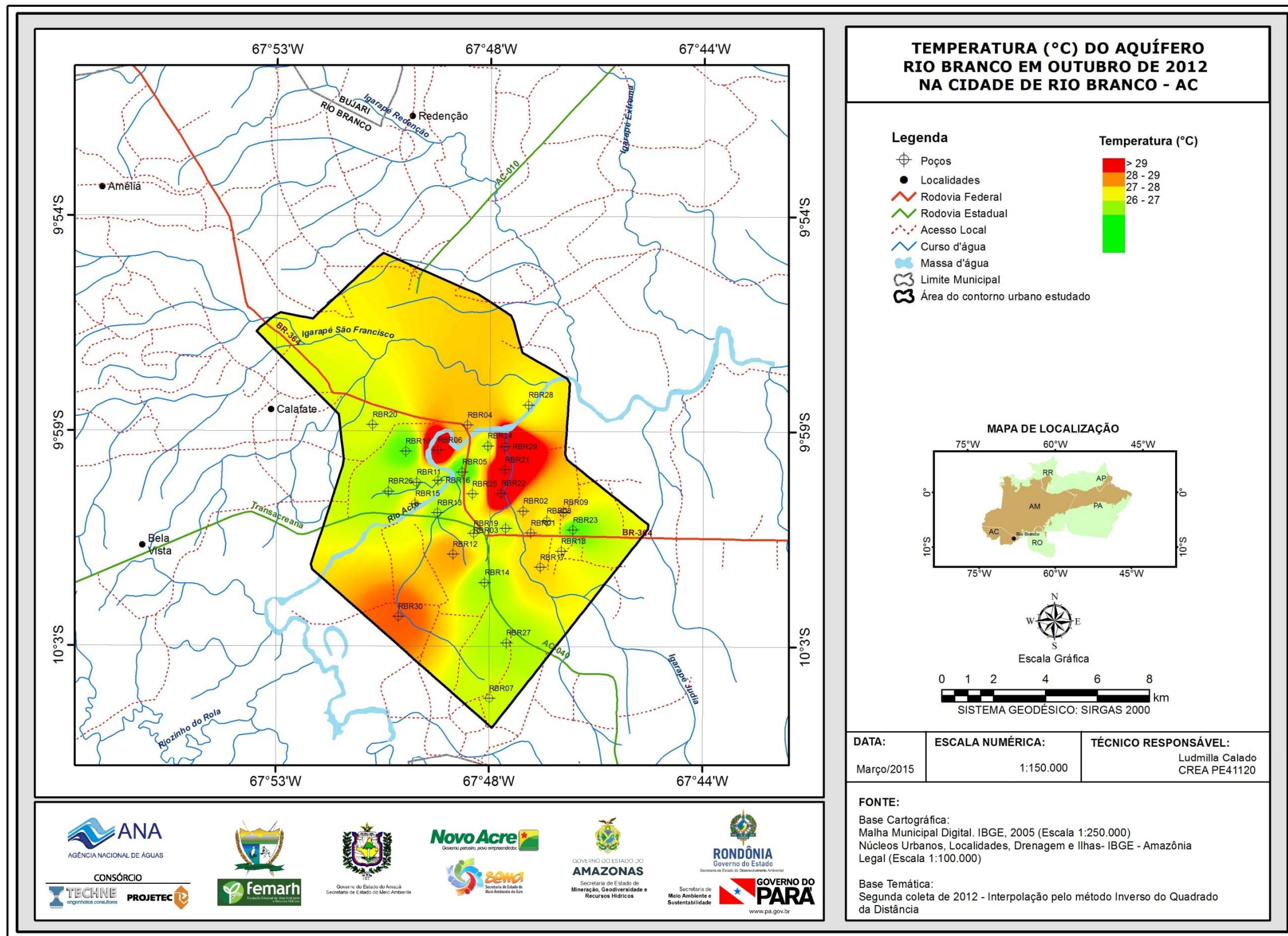


Figura 5.13b – Zoneamento da Temperatura (°C) das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

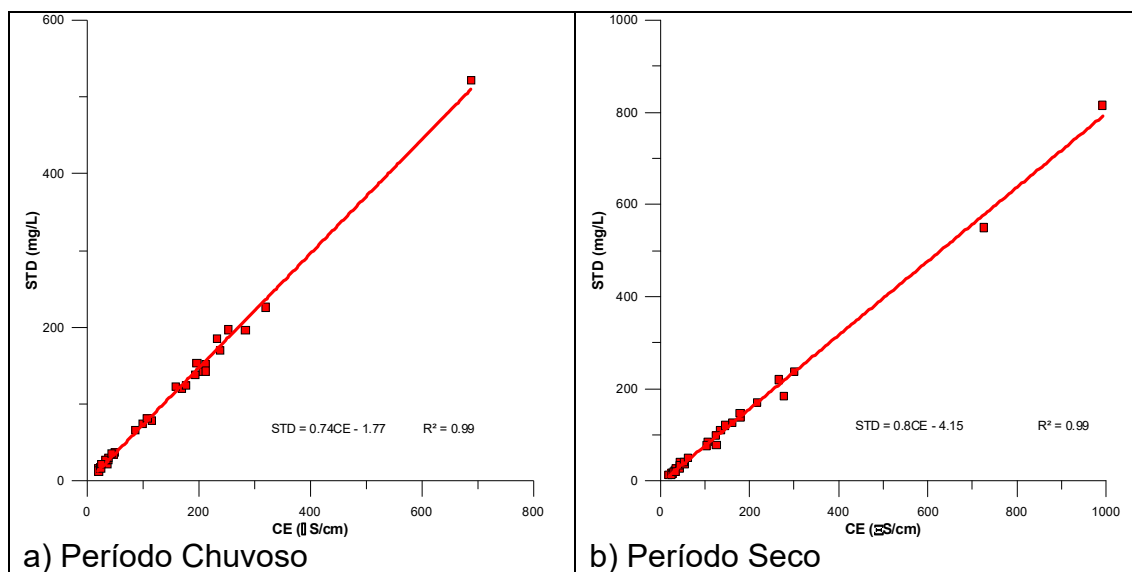
### 5.2.5 – Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Os sólidos totais dissolvidos correspondem à massa total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume. Na maioria das águas naturais, os sólidos totais dissolvidos (STD) se relacionam com a condutividade elétrica (CE) através de uma equação linear com coeficiente angular situado na faixa de 0,55 a 0,75. No caso do aquífero Rio Branco em Rio Branco, os dados desses parâmetros são apresentados na **tabela 5.22**.

**Tabela 5.22** – Valores de condutividade elétrica CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e sólidos totais dissolvidos SDT ( $\text{mg}/\text{L}$ ) no aquífero Rio Branco em Rio Branco – AC na primeira e na segunda campanha de amostragem.

Poço	Abril de 2012		Outubro de 2012	
	CE	STD	CE	STD
RBR01	20	16	992	815
RBR02	21	16	726	550
RBR03	36	22	135	110
RBR04	21	13	62	50
RBR05	207	142	56	36
RBR06	100	75	30	21
RBR07	39	28	43	35
RBR08	50	37	180	138
RBR09	238	170	45	40
RBR10	25	17	32	23
RBR11	39	30	107	85
RBR12	47	34	161	126
RBR13	213	152	300	237
RBR14	688	521	265	220
RBR15	170	120	35	21
RBR16	194	138	124	98
RBR17	284	196	28	16
RBR18	213	143	25	14
RBR19	320	226	179	148
RBR20	117	79	146	121
RBR21	34	27	126	79
RBR22	233	185	217	170
RBR23	178	124	44	28
RBR24	44	36	104	77
RBR25	87	66	19	14
RBR26	159	123	34	27
RBR27	197	153	53	41
RBR28	253	197	26	17
RBR29	108	81	44	33
RBR30	26	22	277	185

Na correlação linear estabelecida com os dados da **tabela 5.22** os coeficientes angulares encontrados são, respectivamente, iguais a 0,74 no período chuvoso e 0,8 no período seco, como ilustrado na **figura 5.14**.



**Figura 5.14** – Relações entre a condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos no aquífero Rio Branco em Rio Branco – AC, no período chuvoso (abril de 2012) e no período seco (outubro de 2012).

Os teores de STD nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco na cidade de Rio Branco, segundo a estatística descritiva mostrada na **tabela 5.23**, variam no período chuvoso de 13 mg/L a 521 mg/L, com média de 106,3 mg/L e mediana de 80 mg/L. No período de estiagem o mínimo observado foi 14 mg/L e o máximo 815 mg/L, com média de 119,2 mg/L e mediana de 63,5 mg/L. Os valores de STD obtidos nas duas campanhas estão abaixo do VMP da Portaria MS 2914/2011, que recomenda o valor de 1.000 mg/L como padrão organoléptico de potabilidade. Em ambas as campanhas, todas as amostras apresentaram resultados de STD abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 396/2008, de 1.000.000  $\mu\text{g.L}^{-1}$ , indicando que as águas podem ser usadas para consumo humano, em relação a esse parâmetro.

De modo geral, os valores de STD obtidos nas águas do aquífero Rio Branco são baixos, o que pode ser justificado pela constante renovação das águas associada à elevada precipitação pluviométrica (da ordem de 2.000 mm/ano) e grande número de dias de chuvas, cuja média foi de 155 dias no período de 1981-2010, em Rio Branco.

**Tabela 5.23** – Estatística descritiva dos Sólidos Dissolvidos Totais do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (STD-1) - abril de 2012 e no período seco (STD-2) - outubro de 2012.

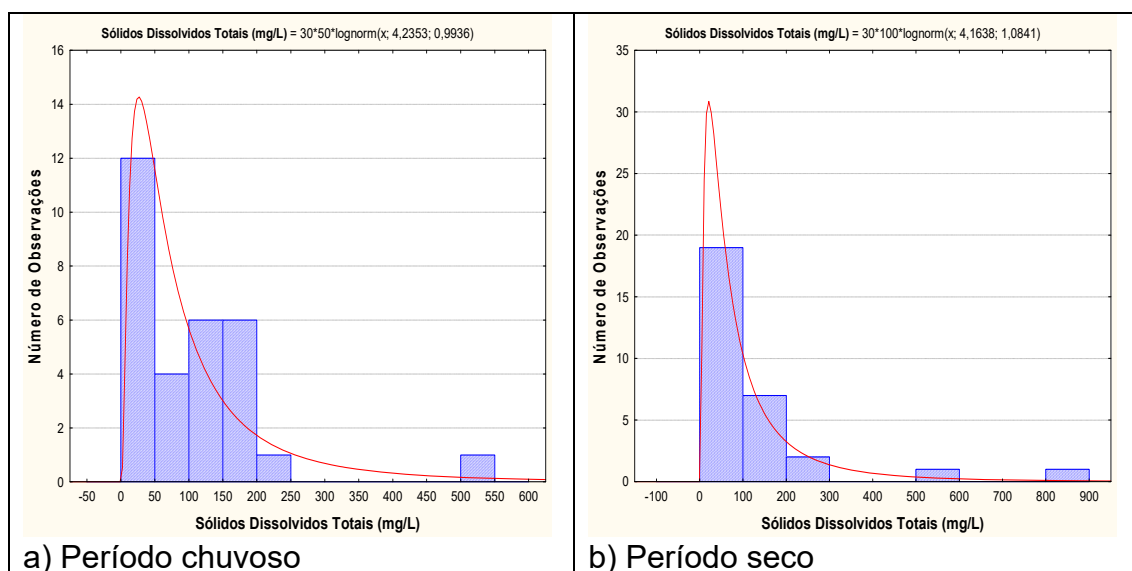
STD	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
STD-1	30	106,3	67,9	144,7	80,0	13	521	102,7	18,8	2,3
STD-2	30	119,2	55,8	182,5	63,5	14	815	169,6	31,0	3,1

De acordo com Parron *et al.* (2011), o STD serve como um indicador agregado da presença de produtos químicos contaminantes na água, haja vista que as

suas fontes primárias podem ser de origem agrícola, residencial, de lixiviados de contaminação do solo, de fontes pontuais de descarga de poluição das águas industriais ou estações de tratamento de esgoto.

Desse modo, fica evidente que os teores mais altos de STD encontrados nas águas do aquífero Rio Branco, principalmente no período chuvoso, são devido a possíveis fontes de contaminação do lençol freático, principalmente no que se refere à ausência de esgotamento sanitário, haja vista que a área de estudo está inserida em local bastante urbanizado.

As funções lognormais de distribuição de probabilidade que modelam os histogramas de frequência dos sólidos totais dissolvidos na primeira e na segunda campanha de amostragem de água na cidade de Rio Branco (**figura 5.15**) permitiram avaliar, com risco calculado, que no período chuvoso a concentração de STD é maior do que no período de estiagem (**tabela 5.24**) indicando uma influência da sazonalidade, haja vista que o valor da razão entre as duas campanhas é superior a 1 (um).



**Figura 5.15** – Histogramas de frequência modelados por funções lognormais de distribuição de probabilidade dos Sólidos Totais Dissolvidos do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

Os resultados acima apresentados indicam que na época de estiagem as águas subterrâneas se apresentam mais diluídas e, portanto, com menores valores de STD. Outro fator que contribui para o elevado teor de STD no período chuvoso são as inundações periódicas do Rio Acre sobre a planície aluvial da margem direita do rio Acre, onde podem ocorrer transbordamentos de fossas sépticas, as quais entram em contato com as águas de escoamento superficial que posteriormente se infiltram contaminando as águas subterrâneas.

**Tabela 5.24** – Distribuição de probabilidade dos Sólidos Totais Dissolvidos do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (STD-1) - abril de 2012 e no período seco (STD-2) - outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
STD-1	69,1	29,9	19,3	13,5	9,0	6,8
STD-2	64,3	25,8	16,0	10,8	6,9	5,2
Razão	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3

### **Zoneamento do STD**

O zoneamento dos teores de sólidos totais dissolvidos (STD) nas águas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, indicam que tanto no período chuvoso (abril de 2012), como no período seco (outubro de 2012), ilustrados respectivamente na **figura 5.16a** e **figura 5.16b**, ocorre o predomínio de águas na faixa de 0 a 50, 50 a 100 mg/L e de 100 a 150 mg/L. Valores acima desses limites ficam representados por manchas distribuídas ao longo da área de estudo.



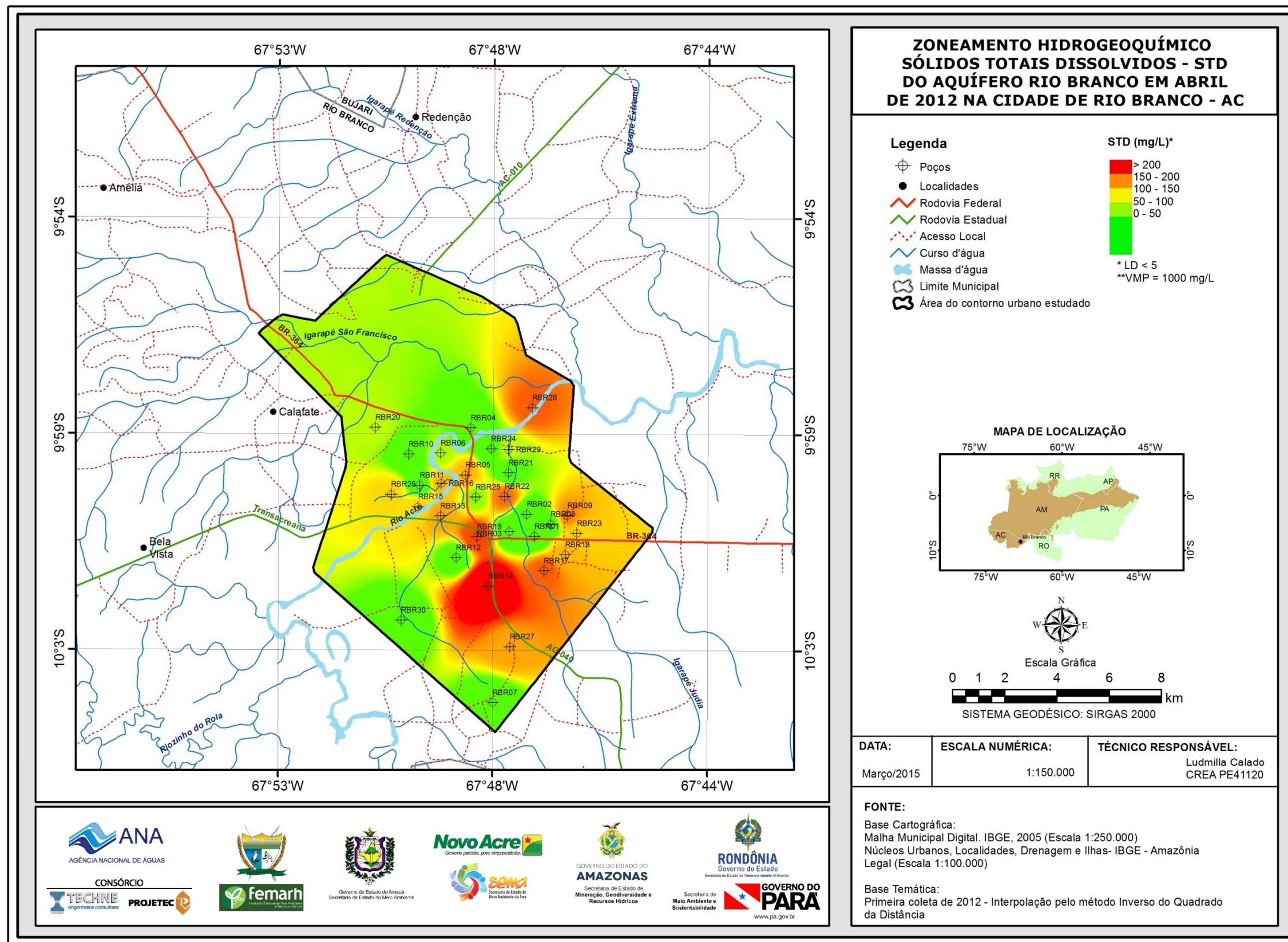


Figura 5.16a – Zoneamento de STD (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

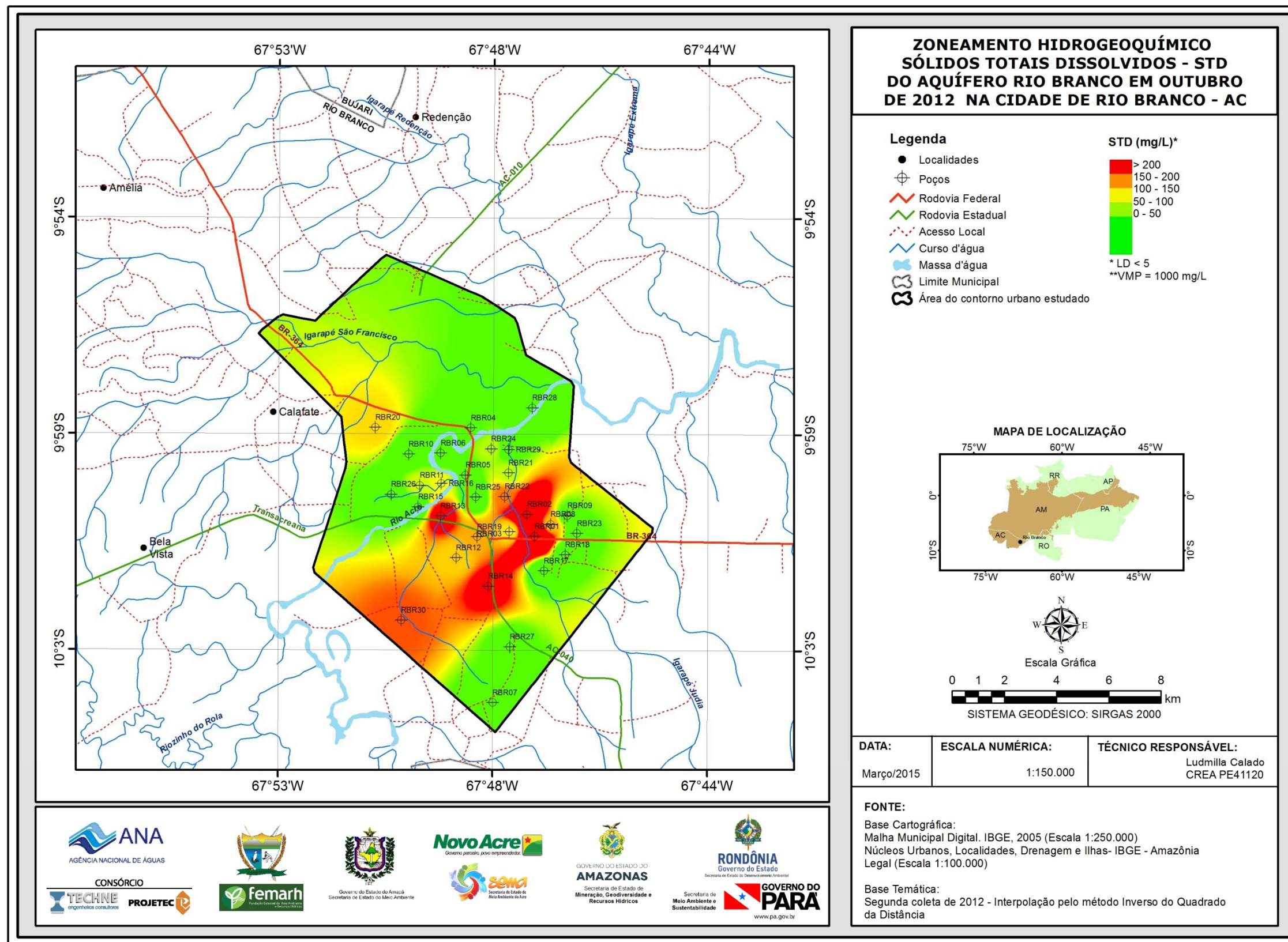


Figura 5.16b – Zoneamento de STD (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

### 5.2.6 – Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH é a medida da concentração do íon hidrogênio ou de sua atividade, e é definido como o logaritmo negativo da concentração de íons de hidrogênio.

$$\text{pH} = - \log [\text{H}^+]$$

Na maior parte das águas naturais, o pH é controlado pelo sistema de equilíbrio do gás carbônico – bicarbonatos – carbonatos. Por causa da concentração iônica das águas, o pH se encontra na faixa de 0 a 14; a classificação da água quanto ao pH é feita utilizando o critério:

pH < 7 – água ácida;

pH = 7 – água neutra;

pH > 7 – água básica.

O pH caracteriza a água sob o aspecto de corrosão ou agressividade, propriedades que devem ser consideradas na caracterização das águas quanto ao uso. Em geral, águas de pH baixo, por serem ácidas, tendem a ser corrosivas ou agressivas a certos metais, às paredes de concreto e às superfícies de cimento-amianto, enquanto que águas de alto pH tendem a formar incrustações.

Segundo a Resolução CONAMA 396/2008 e a Portaria MS 2914/11 não há um limite máximo de pH definido para o consumo humano. Contudo, a Portaria MS 2914/11, no art. 39, § 1º, recomenda que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 para atender aos padrões organolépticos de potabilidade. No caso específico de Rio Branco para os 30 poços cujas águas foram analisadas quimicamente, o pH é ácido no momento da coleta, mas tão logo sofre aeração no reservatório ou até mesmo dentro do próprio poço, tende a atingir a neutralidade e ao final normalmente se enquadra na faixa prescrita pela Portaria MS 2914/11.

De acordo com a estatística descritiva mostrada na **tabela 5.25**, nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco em Rio Branco, os valores de pH *in situ* encontrados no período chuvoso ficaram compreendidos entre 4,0 e 6,7, com média e mediana iguais a 4,9 indicando uma distribuição normal. No período seco, os valores oscilaram entre um mínimo de 3,0 e um máximo de 5,6, apresentando média e mediana de 4,7.

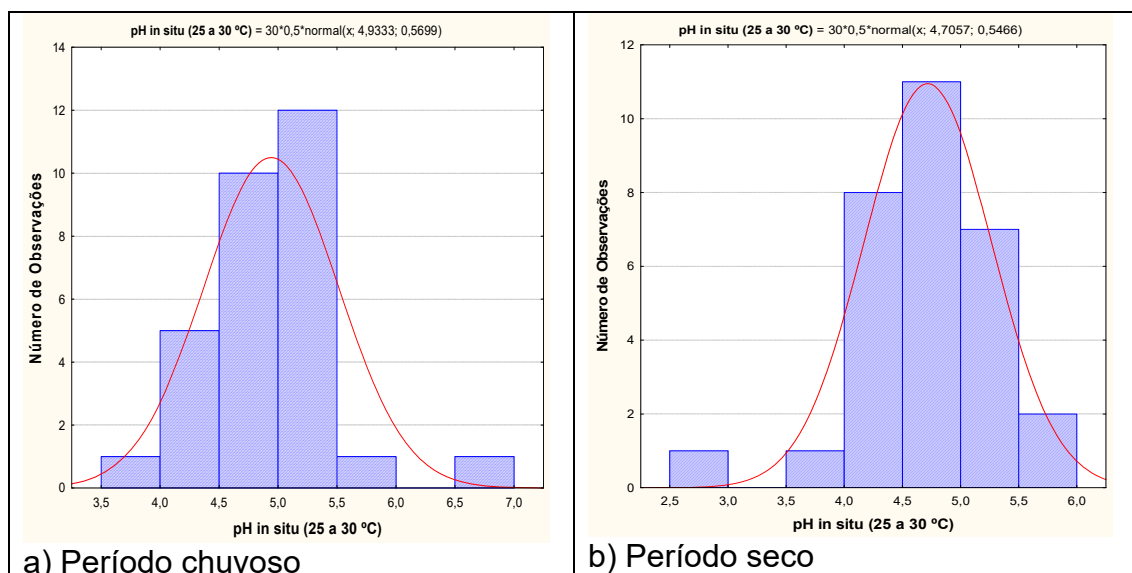
**Tabela 5.25** – Estatística descritiva do pH *in situ* no período chuvoso – abril de 2012 (pH-1) e no período seco – outubro de 2012 (pH-2).

pH	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
pH-1	30	4,9	4,7	5,1	4,9	4,0	6,7	0,6	0,1	0,9
pH-2	30	4,7	4,5	4,9	4,7	3,0	5,6	0,6	0,1	-1,0

O aumento da acidez das águas do aquífero Rio Branco no período de estiagem corrobora com a referência de Piveli (2004), o qual afirma que o pH representa a atividade do íon hidrogênio na água, de forma logaritmizada, resultante inicialmente da dissociação da própria molécula da água e posteriormente acrescida pelo hidrogênio proveniente de outras fontes como efluentes industriais (ácidos sulfúrico, clorídrico, nítrico, etc.), dissociação de

ácidos orgânicos como o ácido acético, que resulta da “fase ácida” da decomposição anaeróbia da matéria orgânica, bem como outras substâncias que venham a apresentar reação ácida com o solvente (água).

Os histogramas de frequência e respectivas curvas ajustadas à lei normal de distribuição de probabilidade para o período chuvoso de abril 2012 e para o período seco de outubro de 2012 são apresentados na **figura 5.17**.



**Figura 5.17** – Histogramas de frequência e curvas normais de distribuição de probabilidade do pH *in situ* do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

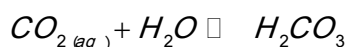
Na **tabela 5.26** são indicados com risco calculado, os valores estimados do pH *in situ* em Rio Branco para o período chuvoso e para o período seco. Os resultados mostram que em ambos os períodos as águas se caracterizam como ácidas, mas com uma leve tendência de aumento da acidez no período seco, segundo o modelo adotado.

**Tabela 5.26** – Distribuição de probabilidade do pH *in situ* no período chuvoso – abril de 2012 (pH-1) e no período seco – outubro de 2012 (pH-2).

P(x≥a)	0,5	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99
pH-1	4,9	4,5	4,2	4	3,8	3,6
pH-2	4,7	4,2	4	3,8	3,6	3,4
Razão	1,04	1,07	1,05	1,05	1,06	1,06

Essa tendência de aumento da acidez no período de estiagem pode ser resultado da presença do gás carbônico, um componente habitual da acidez das águas naturais, que apesar de não chegar a provocar profundas condições de acidez nas águas, é um elemento importante por estar sempre presente, mediante sua dissolução na água proveniente da atmosfera, por diferença de pressão parcial (Lei de Henry) ou por resultar, em caso de águas poluídas, da decomposição aeróbia ou anaeróbia da matéria orgânica. Isto ocorre também no hipolímnio de lagos estratificados e em águas subterrâneas, especialmente aquelas com níveis reduzidos de carbonatos (Piveli, 2004).

De fato, a presença do  $CO_{2(aq)}$  (gás carbônico hidratado) é predominante como espécie dissolvida na água em relação ao ácido carbônico ( $H_2CO_3$ ) formado através da reação:



Segundo Snoeyink & Jenkins (1980), a concentração de ácido carbônico [ $H_2CO_3$ ] representa apenas 0,16% da concentração de gás carbônico hidratado [ $CO_{2(aq)}$ ].

### **Zoneamento do pH *in situ***

A distribuição espacial dos valores de pH *in situ* no período chuvoso (**figura 5.18a**) oscila predominantemente nas faixas entre 3 e 5, caracterizando águas essencialmente ácidas. Porém, é possível observar pH *in situ* na faixa superior a 6 em alguns poços, o que corresponde a faixa de valores próximo a água da chuva, ou seja, influência do período de cheias na área de estudo.

No período de estiagem (**figura 5.18b**), a acidez aumenta, tornando ainda mais evidente a predominância dos valores de pH *in situ* na faixa de 3 a 5, seguido de 5 a 6. Tal resultado, como já dito anteriormente por Piveli (2004), se deve provavelmente ao aumento da concentração do gás carbônico, haja vista que há diminuição da renovação das águas pela cessação do período de chuvas na região.

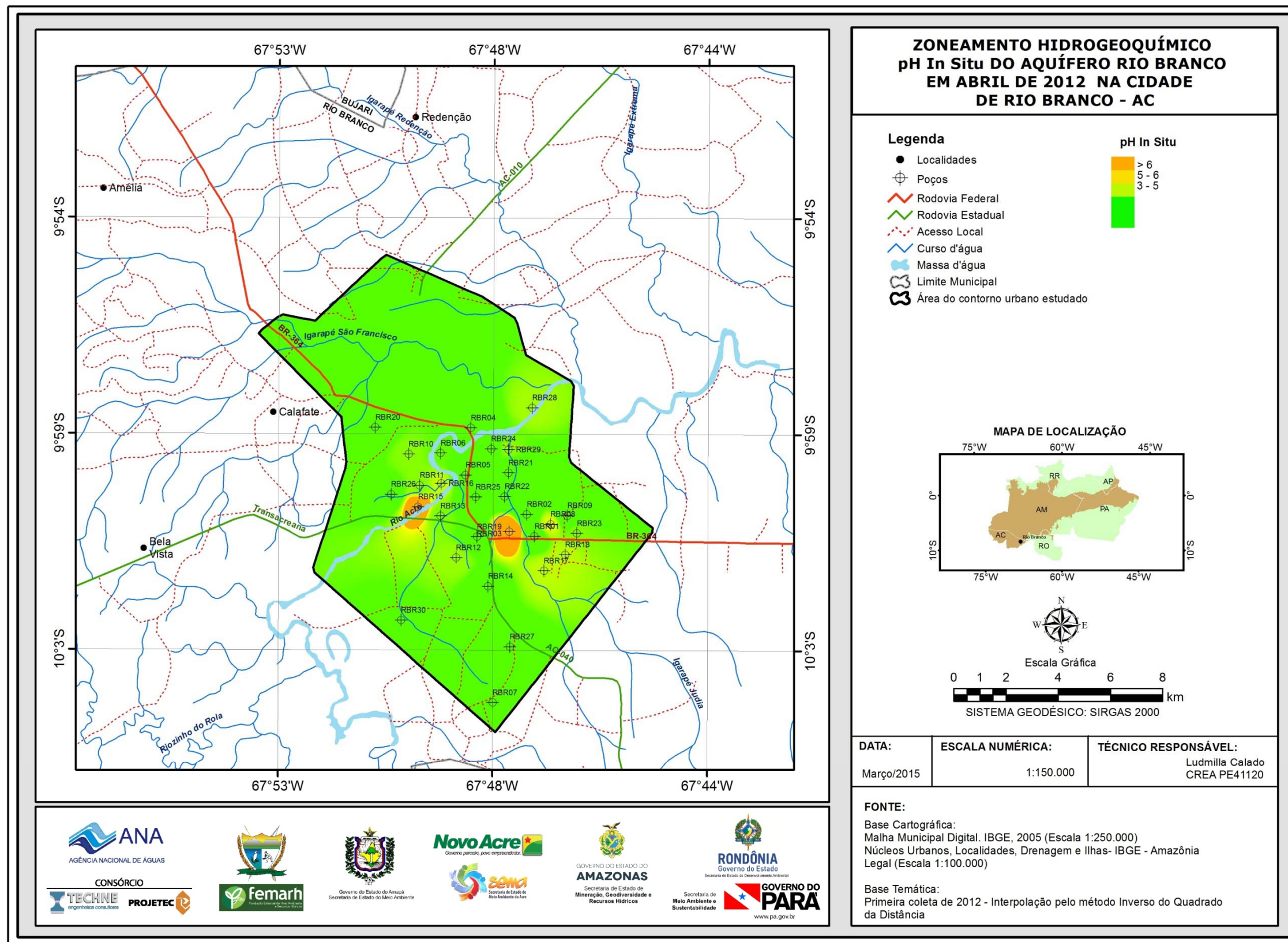


Figura 5.18a – Zoneamento do pH *in situ* das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

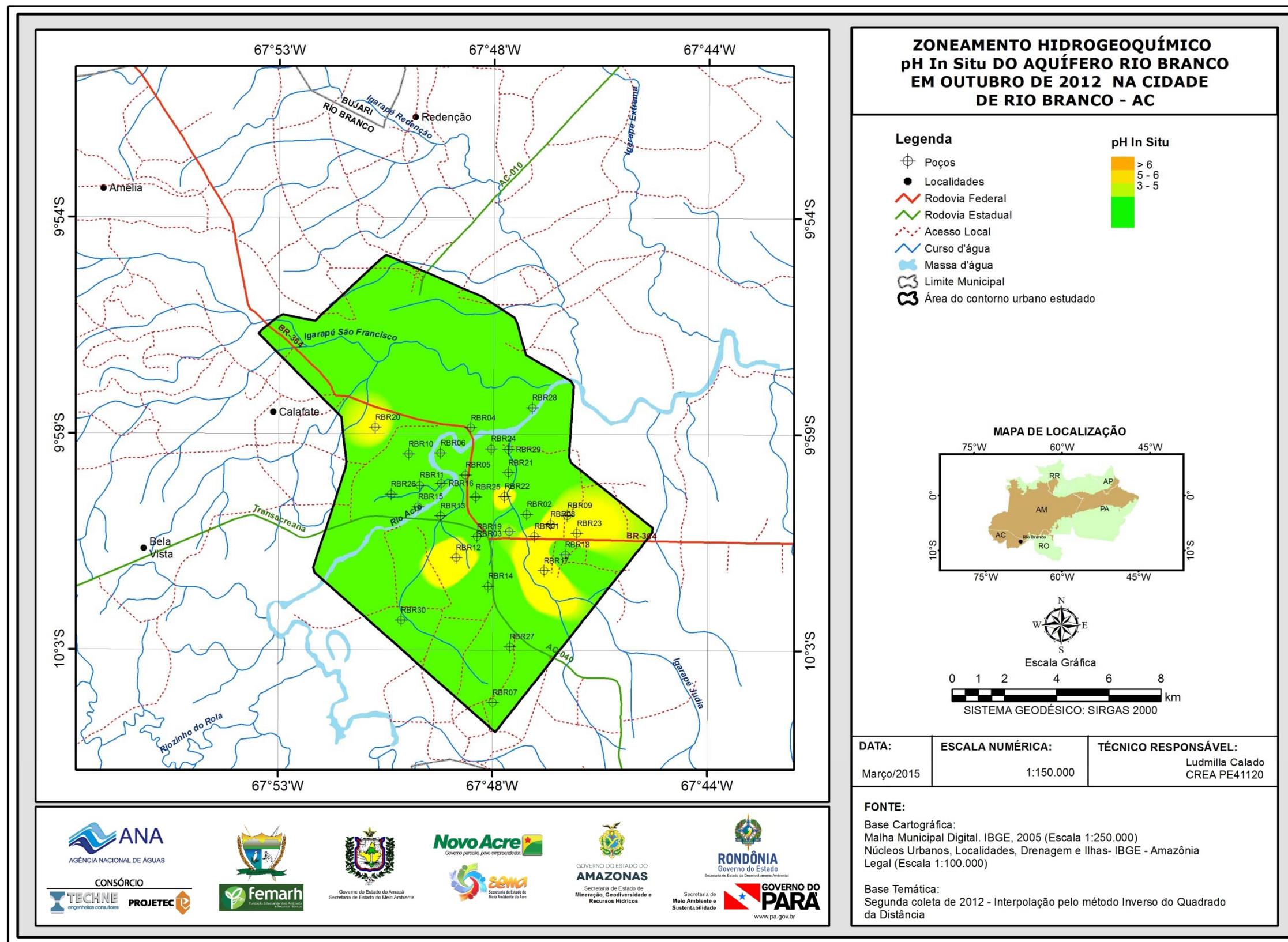


Figura 5.18b – Zoneamento do pH *in situ* das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

### 5.2.7 – Potencial Redox (Eh)

O equilíbrio de oxidação e redução de um meio é descrito através do conceito de atividade do elétron por pE (ou Eh) definido como:

$$pE = -\log a_{(e)} = -\log \{e\}$$

Valores baixos de Eh significam que há elétrons das substâncias dissolvidas na água, facilmente disponíveis, tornando o meio de natureza redutora. Valores altos de Eh significam que as substâncias dissolvidas predominantes são agentes oxidantes, ou seja, há poucos elétrons disponíveis para causar redução.

Em um diagrama de classificação das águas naturais sob diferentes condições Eh/pH (**figura 5.19**), a água da superfície ou da zona de aeração em contato com a atmosfera apresenta pE alto, onde o meio é oxidante e o ambiente aeróbico. Esse ambiente fica, portanto, na parte mais superior da zona de estabilidade da água. Nele se encontram: a água da chuva e a água dos oceanos. À medida que a água se afasta da superfície em direção ao subsolo, o pE diminui, caracterizando um aumento da atividade eletrônica do meio, até alcançar, na base da zona de estabilidade da água, um ambiente redutor e anaeróbico (Lenzi *et al.*, 2009). Nesse ambiente são encontradas as águas sem circulação em solos saturados; as águas estagnadas de lagos; as águas salgadas ricas em matéria orgânica. Nos aquíferos, a água subterrânea em movimento constitui um ambiente de transição entre esses dois extremos da zona de estabilidade da água (Merkel & Friedrich, 2008).

Segundo Merkel & Planer-Friedrich (2008) os diagramas pH-Eh podem ser utilizados como uma primeira aproximação para caracterizar as águas naturais. Todavia, é preciso que se esteja atento para as incertezas inerentes às medidas de Eh em campo, com equipamentos portáteis. Na prática essas medidas, independente do eletrodo de referência, são bastante problemáticas, pois são afetadas por contaminação e efeitos de memória em todos os tipos de eletrodos.

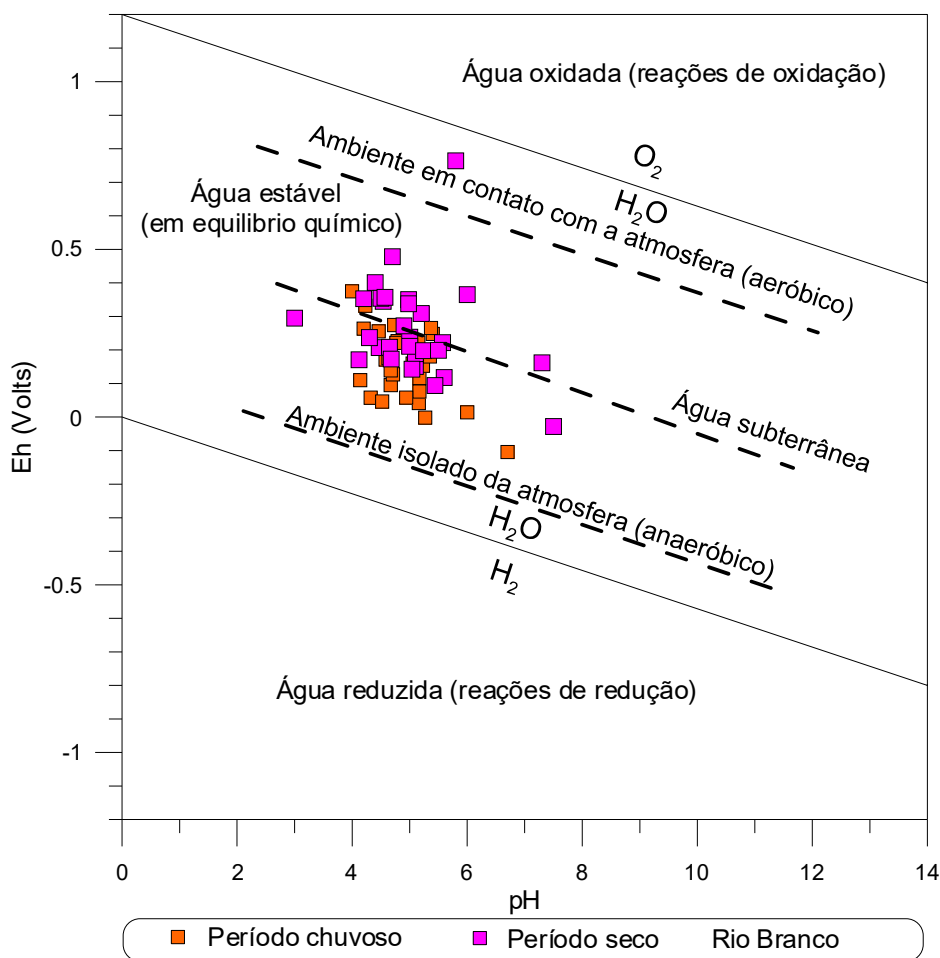
No aquífero Rio Branco em Rio Branco, essa situação não é diferente como revelam os ajustes lineares entre pH e Eh (**figura 5.19**) feitos a partir dos dados medidos em campo, que foram os seguintes:

$$\text{No período chuvoso: } pH = -0,097Eh + 0,636 \quad R^2 = 0,27$$

$$\text{No do período seco: } pH = -0,042Eh + 0,478 \quad R^2 = 0,07$$

Ambos os coeficientes de determinação dos ajustes do período chuvoso e do período de estiagem são insignificantes e mostram que não existe correlação significativa entre as medidas de pH e Eh efetuadas em campo na cidade de Rio Branco. Isto significa, para fins de modelagem termodinâmica, que a distribuição das espécies químicas não pode ser deduzida da concentração total de elementos via potencial redox medido.





**Figura 5.19** – Diagrama pH versus Eh (mV), de amostras de águas subterrâneas dos poços monitorados no aquífero Rio Branco em Rio Branco - AC (temperatura *in situ* variou de 26 a 34°C) nas duas campanhas de amostragem.

O potencial redox é, por definição, a energia ganha na transferência de 1 mol de elétrons de um oxidante para  $H_2$ . O  $E_h$  em  $Eh$  indica que o potencial é na escala do hidrogênio e o E simboliza a força eletromotriz (Freeze & Cherry, 1979).

A estatística descritiva do Eh em Rio Branco, expressa na **tabela 5.27**, mostra que no período chuvoso os valores de Eh oscilaram entre -104,1 e 374,8 mV, com uma média de 156,1 mV. No período de estiagem os valores se apresentaram mais altos, oscilando entre -28 e 764 mV, com média de 262,5 mV.

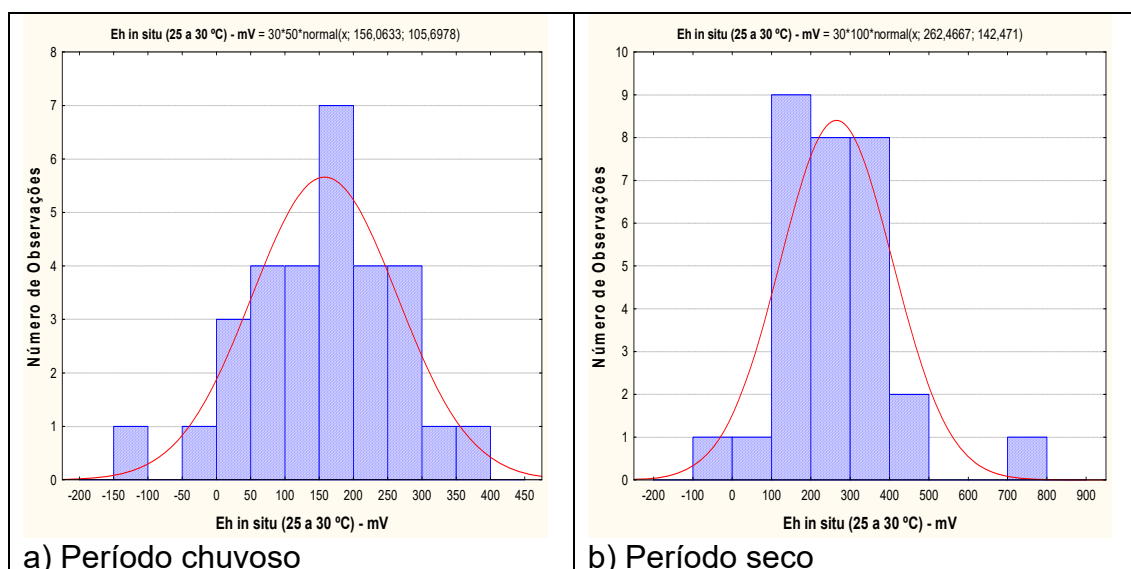
**Tabela 5.27** – Estatística descritiva do Eh no período chuvoso – abril de 2012 (Eh-1) e no período seco – outubro de 2012 (Eh-2).

Eh (mV)	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
EH-1	30	156,1	116,6	195,5	165,5	-104,1	374,8	105,7	19,3	-0,2
EH-2	30	262,5	209,3	315,7	229,5	-28	764,0	142,5	26,0	1,3

No período chuvoso, 93% (28/30) das amostras apresentaram resultados de Eh positivo, enquanto que no período de estiagem, 97% (29/30) das amostras obtiveram valores de Eh positivos, indicando que as águas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco se encontram em condições oxidantes.

De acordo com Bohn (1970) *in* Lima *et al.* (2005), o potencial redox ou atividade de elétrons influencia o estado de oxidação do hidrogênio, carbono, nitrogênio, oxigênio, enxofre, manganês, ferro, cobalto e cobre no sistema aquoso e representa uma medida quantitativa da tendência de um dado sistema oxidar ou reduzir substâncias ou elementos susceptíveis a esses fenômenos. Valores altos e positivos do potencial indicam uma baixa atividade de elétrons e, portanto, condições oxidantes; enquanto valores baixos e negativos do potencial, condições redutoras. Dessa forma, um sistema natural raramente alcançará o equilíbrio entre oxidação e redução, em razão da contínua adição de doadores de elétrons, isto é, compostos orgânicos oxidáveis, o que acarreta, no caso do aquífero Rio Branco, as diferenças de valores de Eh nas duas campanhas.

Os histogramas de frequência e as respectivas curvas de distribuição de probabilidade do Eh, modelados pela lei normal, são apresentados na **figura 5.20**.



**Figura 5.20** – Histogramas de frequência e curvas normais de distribuição de probabilidade do Eh do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

Os valores da razão de Eh revelados pelo modelo (considerando para os valores negativos a razão dos inversos), conforme **tabela 5.28** mostram de forma clara que os valores do período chuvoso são menores quando

comparados aos do período de estiagem, haja vista que a razão dos valores medidos nas coletas são inferiores a 1 (um).

**Tabela 5.28** – Distribuição de probabilidade do Eh no período chuvoso – abril de 2012 (Eh-1) e no período seco – outubro de 2012 (Eh-2).

P(x≥a)	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
Eh -1	156,1	67,1	20,6	-17,8	-61,0	-89,8
Eh -2	262,5	142,6	79,9	28,1	-30,1	-69,0
Razão	0,6	0,5	0,3	-0,6	0,49	0,77

Os resultados de Eh obtidos no aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, são coerentes, pois de acordo com Costa & Ávila (2010), na zona não saturada há, geralmente, oxigênio suficiente na fase gasosa para garantir elevados valores de potencial redox (500 a 800 mV) na água. Apesar disso, condições redutoras ou parcialmente redutoras podem ocorrer em pequenos poros (micro-meios). Nos aquíferos perto da superfície as condições de oxidação prevalecem, assim, potenciais redox baixos nestes aquíferos podem indicar contaminação antropogênica. No caso de Rio Branco os valores de Eh mais elevados na estiagem são consistentes com a ideia acima apresentada, pois a zona de aeração, que no período chuvoso se encontra quase totalmente saturada por águas de infiltração em movimento, volta a ter espaços vazios preenchidos por oxigênio, o que conseqüentemente eleva o valor de Eh.

### **Zoneamento do Eh**

No período chuvoso (**figura 5.21a**), é possível verificar que os valores de Eh são predominantemente baixos e positivos quando comparados ao período de estiagem (**figura 5.21b**), ou seja, valores altos e positivos. Tais resultados indicam que no período de estiagem, as águas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, estão com uma baixa atividade de elétrons e, portanto, condições oxidantes.

Em ambas as coletas observa-se que os valores negativos de Eh, se restringem a pontos isolados, o que reflete pouquíssimas condições redutoras.

Os valores positivos de Eh estão predominantemente distribuídos nas faixas de 140 a 220 mV e de 220 a 290 mV, para a primeira e segunda campanha de amostragem, respectivamente.

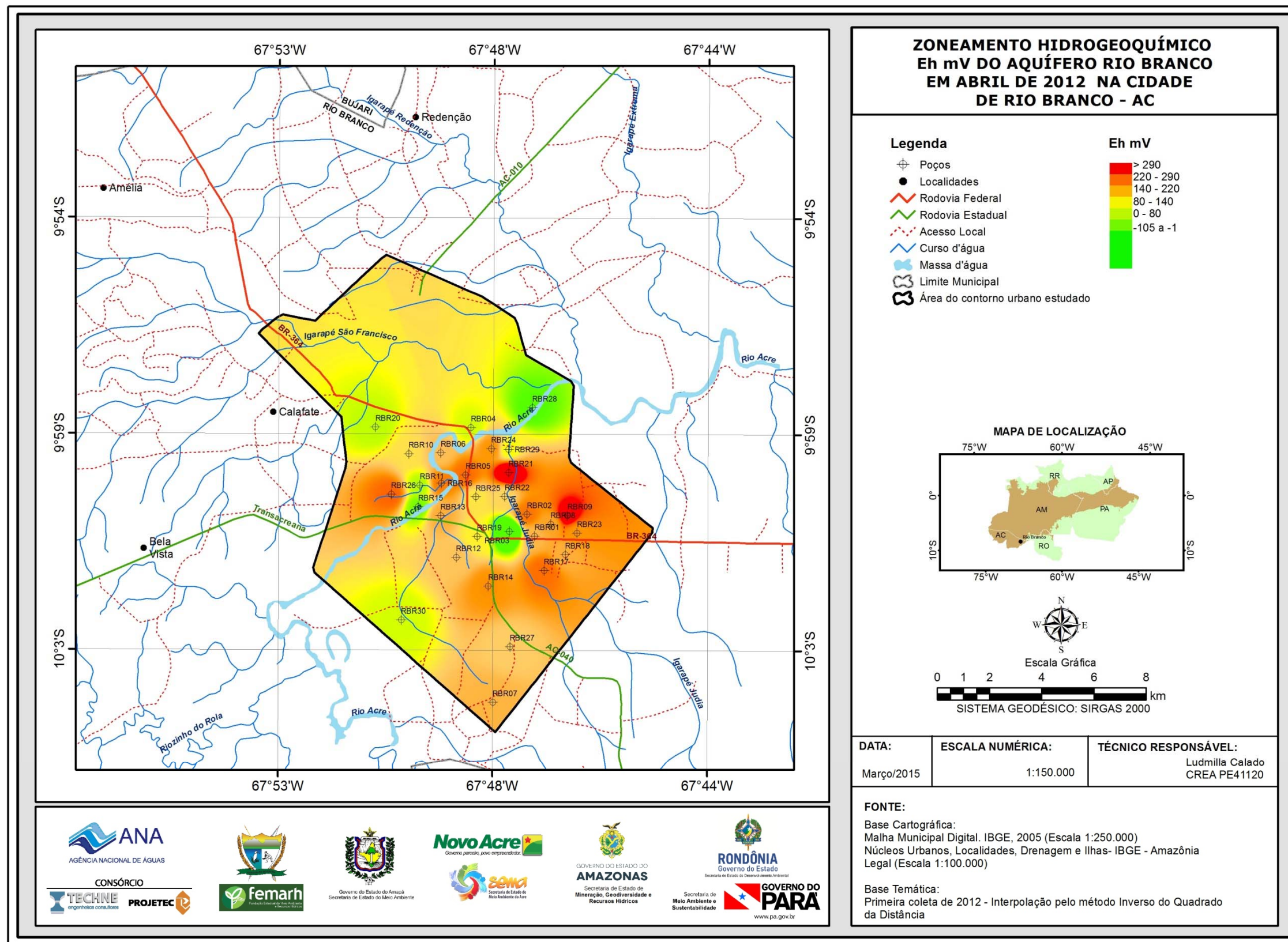


Figura 5.21a – Zoneamento do Eh (mV) das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

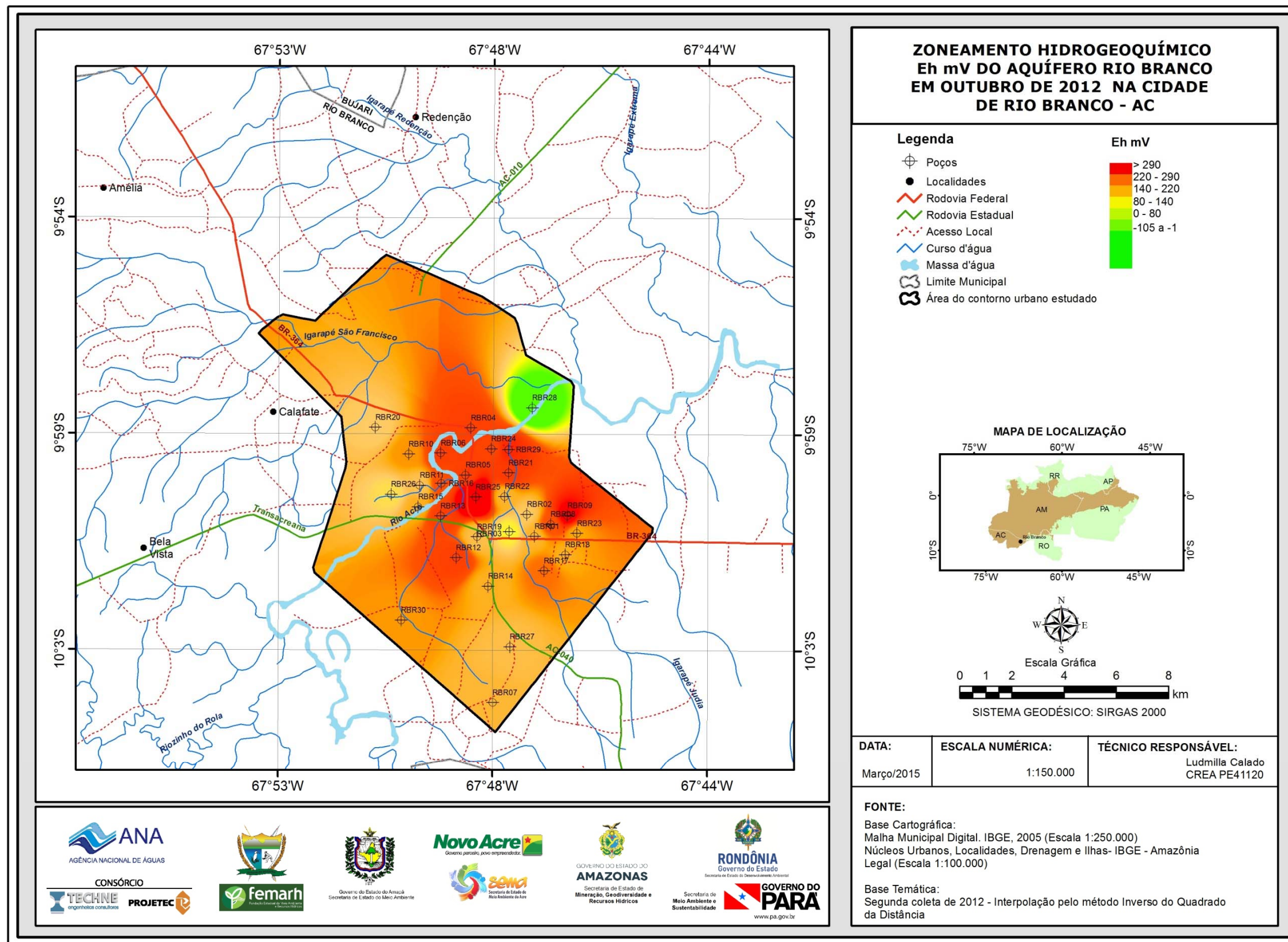


Figura 5.21b – Zoneamento do Eh (mV) das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

## 5.2.8 – Cátions

### 5.2.8.1 – Sódio

O íon sódio ( $\text{Na}^+$ ) apresenta solubilidade muito elevada, sendo muito difícil de precipitar. Em água doce, a concentração de sódio varia de 1 a 150 mg/L; nas salmouras naturais pode chegar a 100.000 mg/L. Concentrações de sódio elevadas nas águas podem ser prejudiciais às plantas por reduzir a permeabilidade do solo, principalmente se as concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  forem baixas.

A estatística descritiva (**tabela 5.29**) indica que os teores de sódio nas águas do aquífero Rio Branco variam entre 0,3 e 61,6 mg/L no período chuvoso, com média de 15,5 mg/L e mediana de 11,9 mg/L; no período de estiagem a média é de 15,7 mg/L e a mediana de 8,3 mg/L, com os teores compreendidos entre 0,7 e 81,5 mg/L. De acordo com a Portaria MS 2914/2011, todos os valores de sódio encontrados nas duas campanhas, estão abaixo do VMP de 200 mg/L, padrão definido como de potabilidade para humanos.

**Tabela 5.29** – Estatística descritiva do Sódio do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Na-1) - abril de 2012 e no período seco (Na-2) – outubro de 2012.

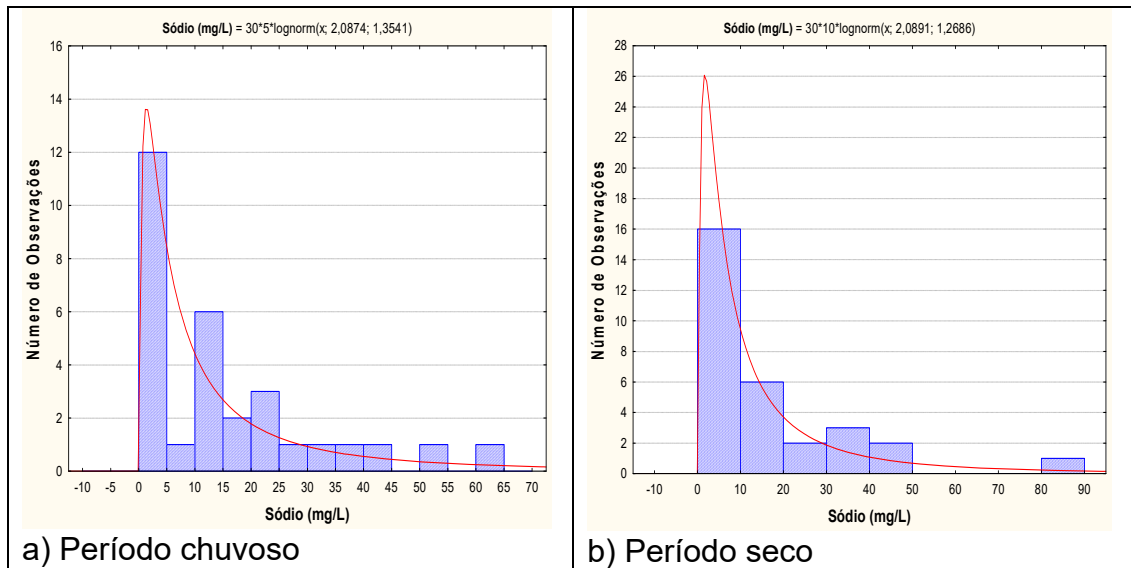
Na	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
Na-1	30	15,5	9,6	21,3	11,9	0,3	61,6	15,7	2,9	1,4
Na-2	30	15,7	8,9	22,5	8,3	0,7	81,5	18,2	3,3	2,0

Em ambas as campanhas, todas as amostras apresentaram resultados abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 396/2008, de 200 e 300 mg/L, indicando que as águas podem ser usadas para consumo humano e recreação, respectivamente.

O modelo de distribuição probabilidade lognormal ajustado aos histogramas da **figura 5.22** permitiu estimar com risco calculado, os valores para o período chuvoso e para o período de estiagem.

Os baixos teores de sódio encontrados em ambas as campanhas de amostragem, no aquífero Rio Branco estão ligados ao intemperismo químico da região, conforme descrito no **item 2.6**, bem como à constante renovação das águas subterrâneas devido à elevada precipitação regional.

Os resultados, mostrados na **tabela 5.30**, indicam que os teores de sódio são ligeiramente maiores no período de estiagem. De acordo com Leprun *et al.* (1989), são os solos mais ricos provenientes das rochas cristalinas os mais intemperizados e os menos silicosos que vão dar a maior quantidade de sílica nas águas, como também a maior quantidade de cátions  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$ . Sendo assim, o efeito da sazonalidade no caso do sódio é motivado pelo processo de transferência de íons do solo e da zona não saturada para o aquífero durante o período de recarga natural, que proporciona a renovação das águas subterrâneas após o período chuvoso.



**Figura 5.22** – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Sódio do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

**Tabela 5.30** – Distribuição de probabilidade do Sódio do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Na-1) - abril de 2012 e no período seco (Na-2) – outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
Na-1	8,064	2,580	1,422	0,869	0,500	0,346
Na-2	8,078	2,777	1,589	1,002	0,597	0,422
Razão	0,998	0,929	0,895	0,867	0,838	0,818

### **Zoneamento de Sódio**

A distribuição dos teores de sódio nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, no período chuvoso de abril de 2012, revela um predomínio de valores nas faixas de 0 a 5 e de 10 a 20 mg/L. Os teores acima de 20 mg/L também ocupam parte significativa da área, como pode ser observado na **figura 5.23a**. No período seco, de outubro de 2012 (**figura 5.23b**), o panorama pouco se modifica, permanecendo como dominante a área ocupada pelos teores das faixas de 0 a 5 e de 10 a 20 mg/L. As concentrações mais altas aparecem em parte expressiva da área, com valores maiores que 20 mg/L.

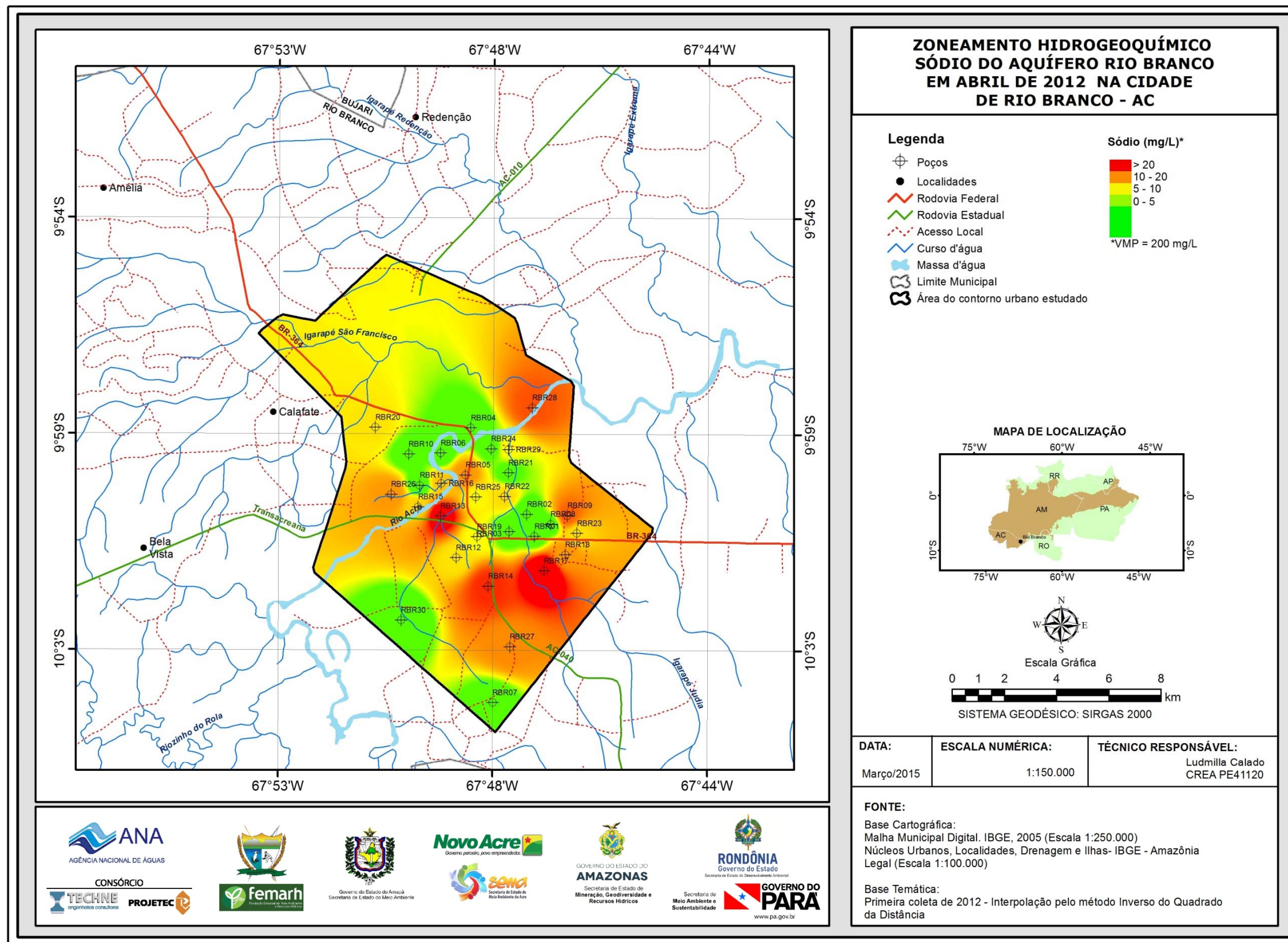


Figura 5.23a – Zoneamento de Sódio (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.



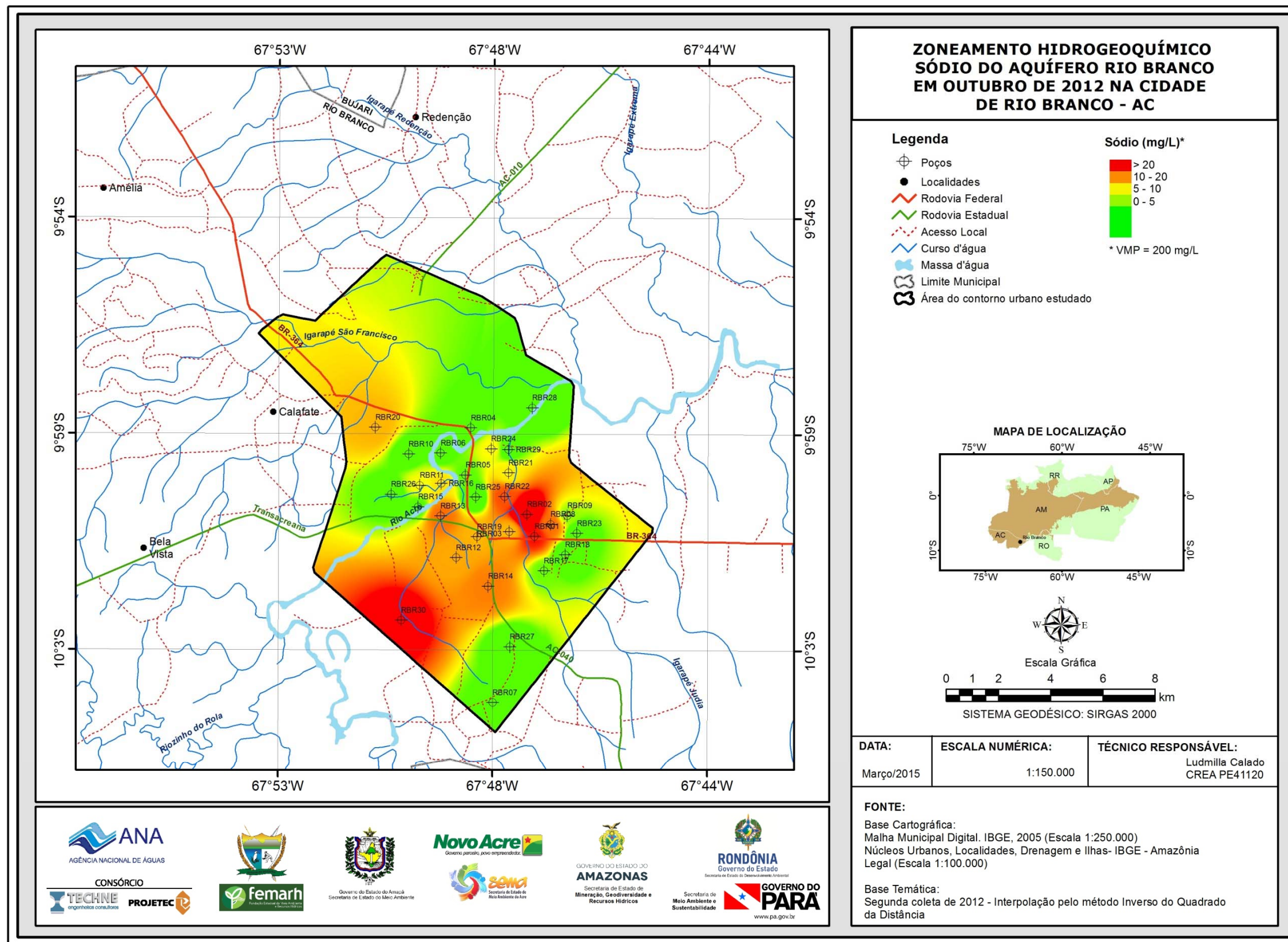


Figura 5.23b – Zoneamento de Sódio (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

### 5.2.8.2 – Potássio

A **tabela 5.31** mostra a estatística descritiva dos teores de potássio no aquífero Rio Branco. No período chuvoso as concentrações de potássio medidas nos 30 poços oscilaram entre 0,1 e 8,5 mg/L com média de 1,6 mg/L e mediana de 1,1 mg/L; na estiagem, a variação foi de 0,2 a 7,4 mg/L, com média de 1,7 mg/L e mediana de 1,4 mg/L.

**Tabela 5.31** – Estatística descritiva do Potássio do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (K-1) - abril de 2012 e no período seco (K-2) – outubro de 2012.

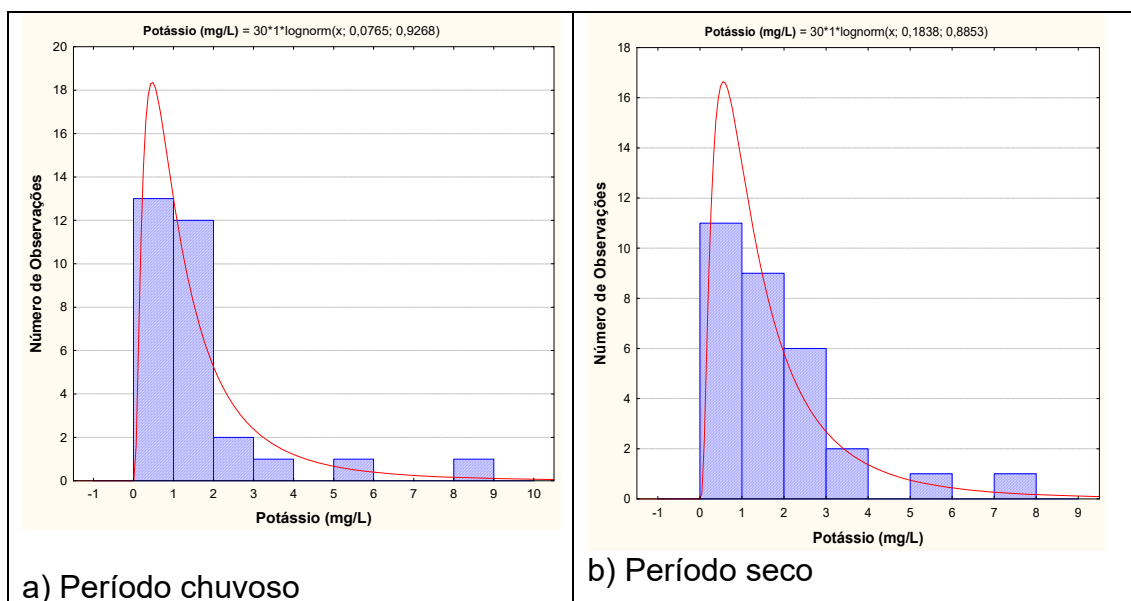
K	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
K-1	30	1,6	1,0	2,3	1,1	0,1	8,5	1,7	0,3	2,7
K-2	30	1,7	1,1	2,3	1,4	0,2	7,4	1,5	0,3	2,2

Os baixos teores de potássio podem ser justificados pela alta pluviosidade na região amazônica, a qual favorece a constante renovação das águas, e consequentemente a diluição dos elementos ali presentes (**item 2.6**).

Segundo Pereira *et al.* (2008) o potássio nas águas subterrâneas, ocorre em pequena quantidade, normalmente valores de até 10 mg/L, pois é facilmente absorvido pelo solo através dos compostos do húmus, por intermédio de argilas ou de zeólitos naturais. Na área de estudo, os valores mínimo e máximo de potássio encontrados em ambas as campanhas foi de 0,1 e 8,5 mg/L, respectivamente.

A modelagem dos histogramas de frequência da **figura 5.24** por funções de distribuição de probabilidade permitiu avaliar com risco calculado os valores estimados das concentrações de potássio para o período chuvoso e para o período de estiagem.

Os valores apresentados na **tabela 5.32** mostram que os teores de potássio são um pouco maiores no período de estiagem, indicando que existe influência da sazonalidade no tocante às concentrações de potássio na cidade de Rio Branco. De acordo com Leprun *et al.* (1989), são os solos mais ricos provenientes das rochas cristalinas os mais intemperizados e os menos silicosos que vão dar a maior quantidade de sílica nas águas, como também a maior quantidade de cátions  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$ . Sendo assim, o efeito da sazonalidade no caso do potássio é motivado pelo processo de transferência de íons do solo e da zona não saturada para o aquífero durante o período de recarga natural, que proporciona a renovação das águas subterrâneas principalmente no período chuvoso.



**Figura 5.24** – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Potássio do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

**Tabela 5.32** – Distribuição de probabilidade do Potássio do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (K-1) - abril de 2012 e no período seco (K-2) - outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
K-1	1,080	0,495	0,329	0,235	0,161	0,125
K-2	1,202	0,570	0,386	0,280	0,195	0,153
Razão	0,898	0,867	0,852	0,839	0,825	0,816

### **Zoneamento de Potássio**

O zoneamento das concentrações de potássio nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, em Rio Branco, no período chuvoso (**figura 5.25a**) e no período seco (**figura 5.25b**), é quase todo restrito às faixas de valores abaixo do limite de detecção (< 0,5 mg/L) e principalmente de 0,5 a 2 mg/L, enquanto que os poços superiores a 4 mg/L, encontram-se dispersos em manchas pontuais.

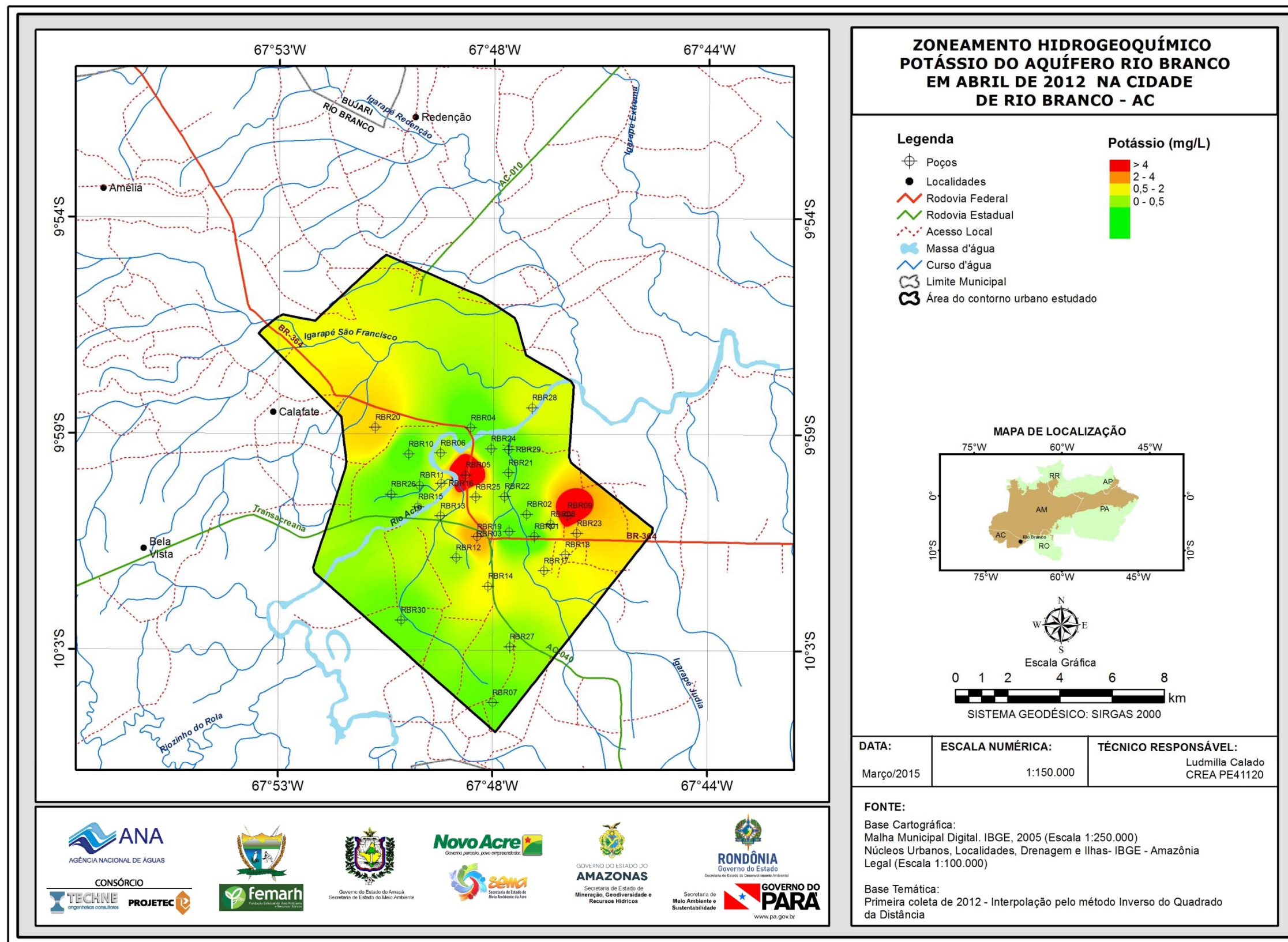


Figura 5.25a – Zoneamento de Potássio (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

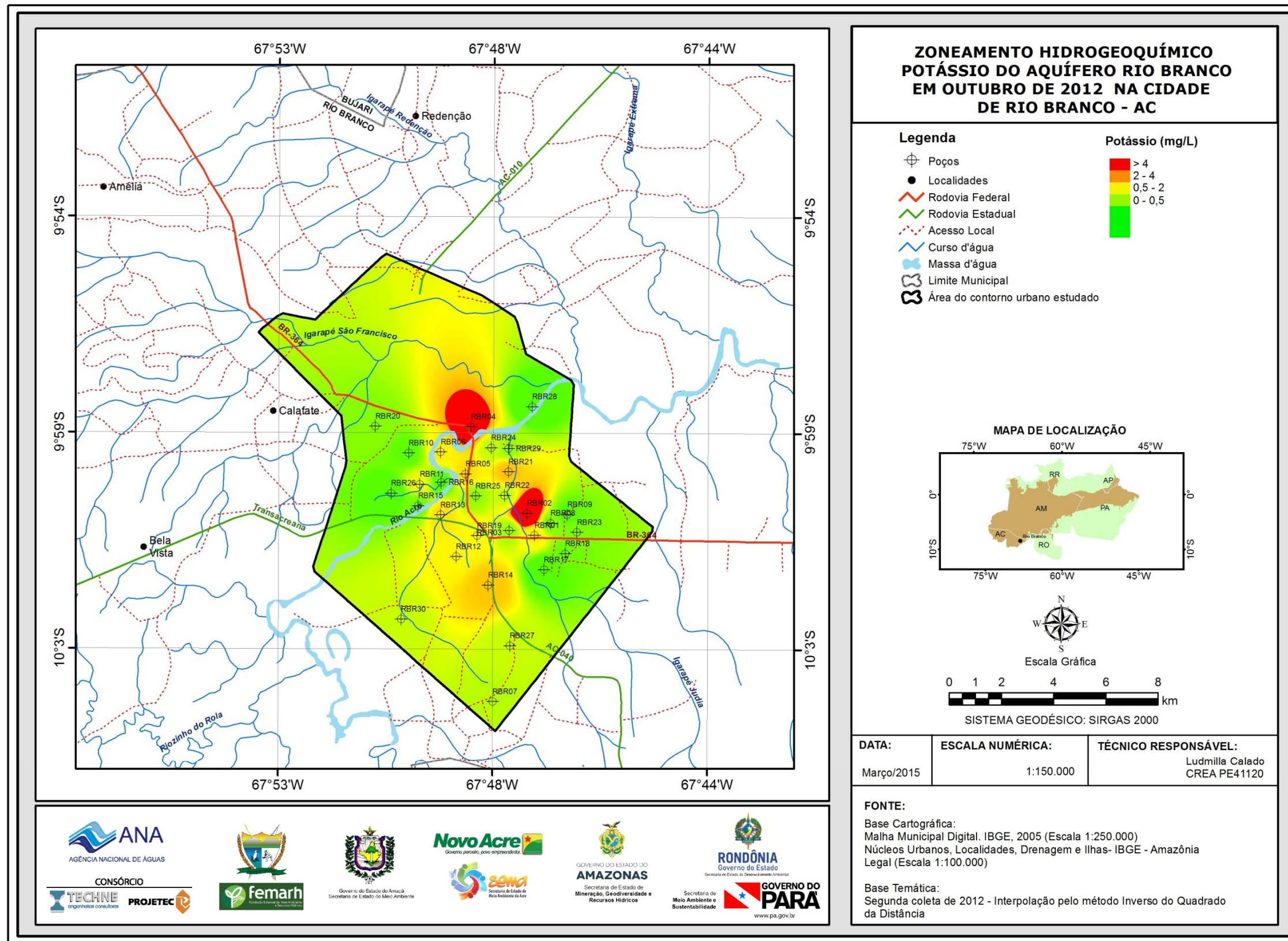


Figura 5.25b – Zoneamento de Potássio (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

### 5.2.8.3 – Cálcio

Nas águas subterrâneas em contato com rochas carbonatadas, os íons de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) são provenientes da dissolução da calcita, dolomita e gipsita. Eles são desde moderadamente solúveis a muito solúveis e são muito fáceis de precipitar como carbonato de cálcio.

Em águas doces, as concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$  variam de 10 a 250 mg/L; elevadas concentrações de cálcio podem provocar formação de pedras nos rins, a hipercalcemia. No uso industrial, em sistemas de refrigeração, elevadas concentrações produzem entupimento através da produção de incrustações, o cálcio contribui para o aumento da dureza na água.

A **tabela 5.33** mostra a estatística descritiva dos teores de cálcio medidos no aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco. No período chuvoso, os valores medidos estão compreendidos entre 0,03 e 71,2 mg/L, com média de 4,2 mg/L e desvio padrão de 12,8 mg/L. Na estiagem, as concentrações de cálcio variam de 0,1 a 84,7 mg/L, sendo a média igual a 5,1 mg/L e o desvio padrão igual a 15,3 mg/L. Em ambos os períodos, a mediana é igual a 1,5 mg/L.

**Tabela 5.33** – Estatística descritiva do Cálcio do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Ca-1) - abril de 2012 e no período seco (Ca-2) – outubro de 2012.

Ca	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
Ca-1	30	4,2	-0,6	9,0	1,5	0,03	71,2	12,8	2,3	5,3
Ca-2	30	5,1	-0,6	10,8	1,5	0,1	84,7	15,3	2,8	5,2

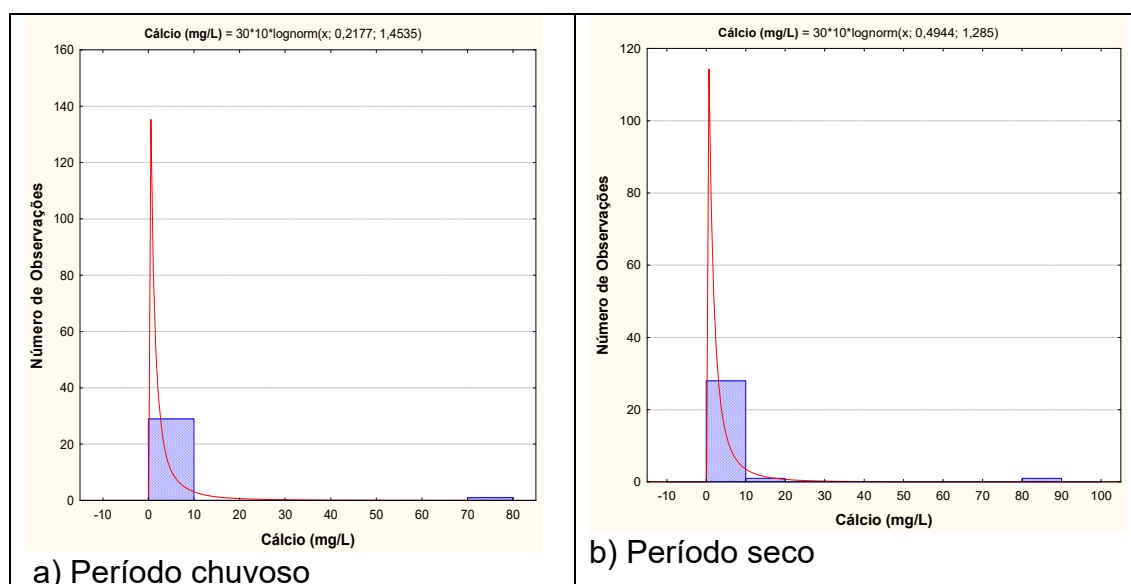
No período chuvoso, 97% (29/30) das amostras apresentaram valores de cálcio que variaram de 0,03 a 8,5 mg/L e 3% (1/30) um valor anômalo de 71,2 mg/L, no poço RBR14. No período seco, 93% (28/30) dos poços obtiveram resultados de 0,1 a 5,1 mg/L, ficando os 2 (dois) valores mais altos, apenas 7%, restritos aos poços RBR02 (15,8 mg/L) e RBR01 (84,7 mg/L). Dessa forma, os valores máximos obtidos no poço RBR14 na primeira campanha e nos poços RBR02 e RBR01, na segunda campanha, correspondem a extremos, que provavelmente se devem a presença de perímetros de agricultura próximos a esses pontos. Tais valores, possivelmente são justificáveis pela utilização de fertilizantes nas culturas agrícolas ali presentes, como pode ser observado na **foto 5.2**.

De acordo com Melian *et al.* (1999), tais problemas em águas subterrâneas são comuns, principalmente em regiões rurais, devido à infiltração de agrotóxicos, fertilizantes, esgotos domésticos e de excrementos animais nos aquíferos ou diretamente nos poços artesianos, os quais produzem efeitos mais visíveis nos seus consumidores, devido à baixa densidade populacional destas áreas.

Os histogramas de frequência modelados pela lei lognormal de distribuição de probabilidade (**figura 5.26**) permitiram estimar com nível de risco calculado, os teores de cálcio para o período chuvoso e para o período de estiagem.



**Foto 5.2** - Lavoura na área onde se localiza o poço RBR14 na zona rural de Rio Branco - AC.



**Figura 5.26** – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade do Cálcio do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

Segundo a **tabela 5.34**, os valores de cálcio no período de estiagem são ligeiramente maiores quando comparados ao período chuvoso, sugerindo alguma influência de sazonalidade. De acordo com Leprun *et al.* (1989), são os solos mais ricos provenientes das rochas cristalinas os mais intemperizados e os menos silicosos que vão dar a maior quantidade de sílica nas águas, como também a maior quantidade de cátions  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$ . Sendo assim, o efeito da sazonalidade no caso do cálcio é motivado pelo processo de transferência de íons do solo e da zona não saturada para o aquífero durante o período de recarga natural, que proporciona a renovação das águas subterrâneas principalmente no período chuvoso.

De modo geral, os baixos teores de cálcio na área de estudo se devem, sobretudo, ao clima chuvoso, que no período de 1981-2010, por exemplo, apresentou, em média, 8 (oito) meses por ano com mais de 10 até 20 dias de chuva por mês. É claro que, em um regime como esse, tanto as águas superficiais quanto as águas subterrâneas se renovam com muita frequência. A abundância de água, associada com a exuberante cobertura vegetal e as altas temperaturas, são os principais condicionantes do intemperismo químico que ao longo do tempo geológico quebrou a estrutura química dos minerais componentes das rochas e dos sedimentos, deixando os terrenos lixiviados e lateritizados (**item 2.6**). Os valores anômalos são pontuais e decorrem das atividades antrópicas, que em todos os sentidos impactam o ambiente natural.

**Tabela 5.34** – Distribuição de probabilidade do Cálcio do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Ca-1) - abril de 2012 e no período seco (Ca-2) - outubro de 2012.

P(x≥a)	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
Ca-1	1,243	0,366	0,193	0,114	0,063	0,042
Ca-2	1,640	0,556	0,316	0,198	0,117	0,083
Razão	0,758	0,658	0,611	0,575	0,536	0,512

### **Zoneamento do Cálcio**

A distribuição espacial das concentrações de cálcio nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, no período chuvoso (**figura 5.27a**) e no período de estiagem (**figura 5.27b**), revela um predomínio de teores de cálcio nas faixas abaixo de 1,5 mg/L e de 1,5 a 3 mg/L. Os valores acima de 20 mg/L são pontuais e se devem provavelmente a atividade antrópica, haja vista que são resultados anômalos quando comparados aos demais valores obtidos nas duas campanhas.



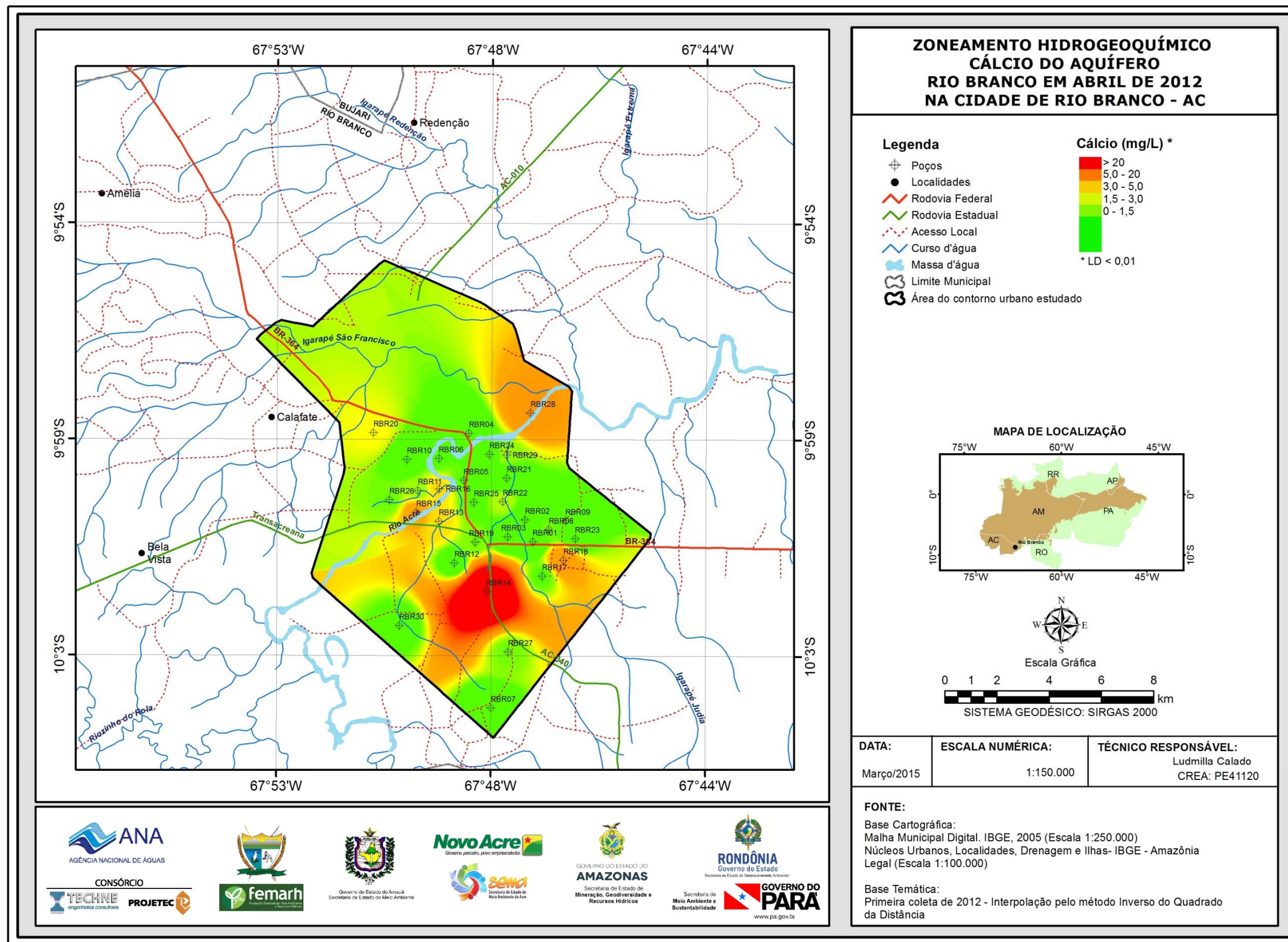


Figura 5.27a – Zoneamento do Cálcio (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

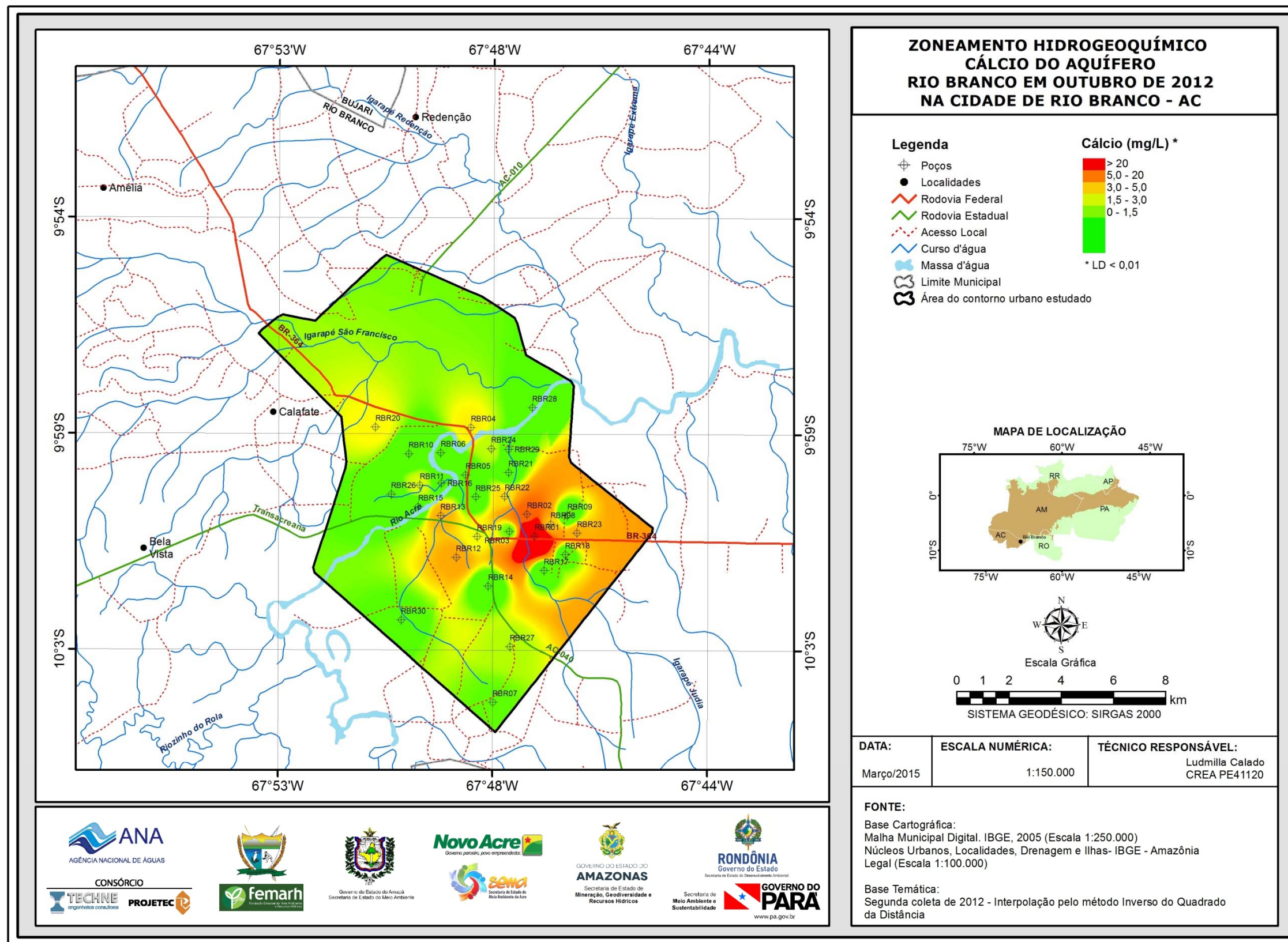


Figura 5.27b – Zoneamento do Cálcio (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

#### 5.2.8.4 – Magnésio

Devido à sua solubilidade, o magnésio é geralmente encontrado em águas naturais, mas em concentrações menores do que a do cálcio, de 1 a 40 mg/L; o íon magnésio ( $Mg^{2+}$ ) tem propriedades similares às do íon cálcio, porém ele é mais solúvel e difícil de precipitar. Águas armazenadas em rochas ricas em magnésio têm concentrações que podem atingir 100 mg/L; concentrações maiores que 100 mg/L são raramente encontradas, exceto em águas do mar e salmouras.

O excesso de magnésio reduz a frequência cardíaca em pessoas com problemas do coração; no entanto, em dosagens adequadas, trata a tensão pré-menstrual e a hipertensão, previne cálculos renais e biliares e ajuda os músculos a trabalhar; o magnésio também contribui para a dureza da água.

A estatística descritiva na **tabela 5.35** mostra que os teores amostrados de magnésio nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso, de abril de 2012 na cidade de Rio Branco, variam de 0,1 a 23,2 mg/L, com média de 3,5 mg/L e mediana de 1,9 mg/L. Na estiagem, no mês de outubro de 2012, esses valores se revelaram bem próximos, oscilando entre 0,2 e 31,8 mg/L com média 3,1 mg/L e mediana de 1,3 mg/L.

**Tabela 5.35** – Estatística descritiva do Magnésio do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Mg-1) - abril de 2012 e no período seco (Mg-2) - outubro de 2012.

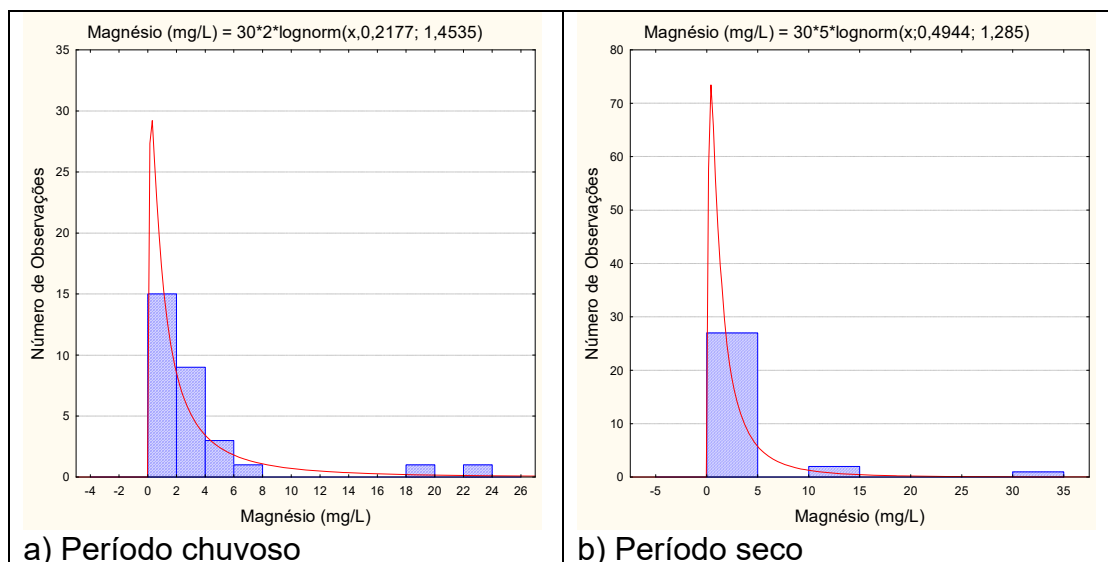
Mg	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
Mg-1	30	3,5	1,5	5,5	1,9	0,1	23,2	5,3	1,0	3,0
Mg-2	30	3,1	0,9	5,4	1,3	0,2	31,8	6,0	1,1	4,1

No período chuvoso 97% (29/30) das amostras apresentaram valores de magnésio que variaram de 0,1 a 19,8 mg/L e 3% (1/30) um valor máximo de 23,2 mg/L, no poço RBR14. No período seco, 97% (29/30) dos poços obtiveram resultados de 0,2 a 11,9 mg/L e 3% (1/30) um valor máximo de 31,8 mg/L, no poço RBR01. Sendo assim, os valores extremos de magnésio obtidos nas amostras dos poços RBR14 (período chuvoso) e RBR01 (período seco), aparecem deslocados nos histogramas, e ao que tudo indica refletem as influências antrópicas já identificadas para o cálcio (**item 5.2.8.3**).

Os poços RBR14 e RBR01 estão localizados próximos de áreas com prática agrícola, que possivelmente devem utilizar algum tipo de fertilizante, os quais geralmente são ricos em cálcio e magnésio.

De acordo com Pereira Filho *et al.* (2011), existem diferentes tipos de corretivos da acidez dos solos, o mais comum é o calcário que, de acordo com os teores de cálcio e magnésio, são classificados em dolomítico e calcítico.

Os histogramas de frequência dos valores amostrados no período chuvoso (abril de 2012) e período seco (outubro de 2012) são apresentados na **figura 5.28**. Modelados por uma lei lognormal de distribuição lognormal de probabilidade, esses histogramas permitem avaliar com risco calculado, os teores (não amostrados) de magnésio nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, de acordo com a sazonalidade.



**Figura 5.28** – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Magnésio do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

Segundo a **tabela 5.36**, os valores de magnésio no período de estiagem são ligeiramente maiores quando comparados ao período chuvoso, sugerindo alguma influência de sazonalidade. De acordo com Leprun *et al.* (1989), são os solos mais ricos provenientes das rochas cristalinas os mais intemperizados e os menos silicosos que vão dar a maior quantidade de sílica nas águas, como também a maior quantidade de cátions  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $K^+$  e  $Na^+$ . Sendo assim, o efeito da sazonalidade no caso do magnésio é motivado pelo processo de transferência de íons do solo e da zona não saturada para o aquífero durante o período de recarga natural, que proporciona a renovação das águas subterrâneas principalmente no período chuvoso.

**Tabela 5.36** – Distribuição de probabilidade do Magnésio do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Mg-1) - abril de 2012 e no período seco (Mg-2) - outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
Mg-1	1,240	0,360	0,190	0,110	0,060	0,040
Mg-2	1,640	0,550	0,310	0,200	0,120	0,080
Razão	0,756	0,655	0,613	0,550	0,500	0,500

Os baixos teores de magnésio não ocorrem apenas no aquífero Rio Branco, mas em toda a Província, como visto no Relatório da Hidrogeoquímica da PHA, e se deve, sobretudo, ao clima chuvoso da Floresta Tropical Amazônica.

A abundância de água, associada com a exuberante cobertura vegetal e as altas temperaturas, são os principais condicionantes do intemperismo químico (**item 2.6**) que ao longo do tempo geológico quebrou a estrutura química dos minerais componentes das rochas e dos sedimentos deixando os terrenos lixiviados e lateritizados. Os valores extremos, acima de 20 mg/L de magnésio são atribuídos a influências antrópicas.

### ***Zoneamento do Magnésio***

A distribuição espacial das concentrações de magnésio nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, tanto no período chuvoso (**figura 5.29a**) quanto no período de estiagem (**figura 5.29b**), apresentam o mesmo comportamento, com amplo domínio de teores abaixo de 5 mg/L, ficando os teores maiores, superiores a 20 mg/L, restritos a pontos isolados, o que reflete influência antrópica, haja vista que são valores anômalos que se distanciam dos demais.

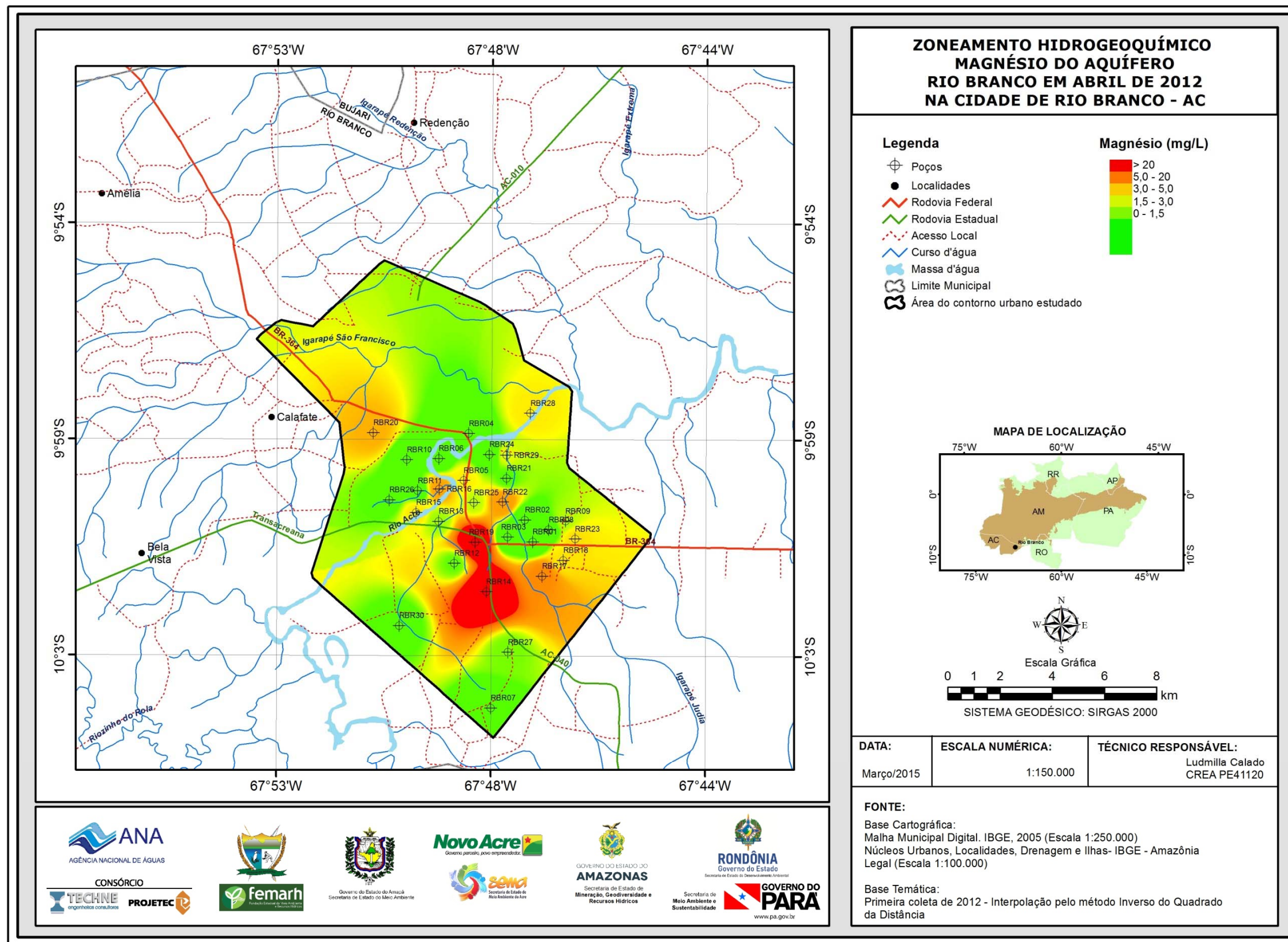


Figura 5.29a – Zoneamento de Magnésio (mg/L) das águas subterrâneas do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

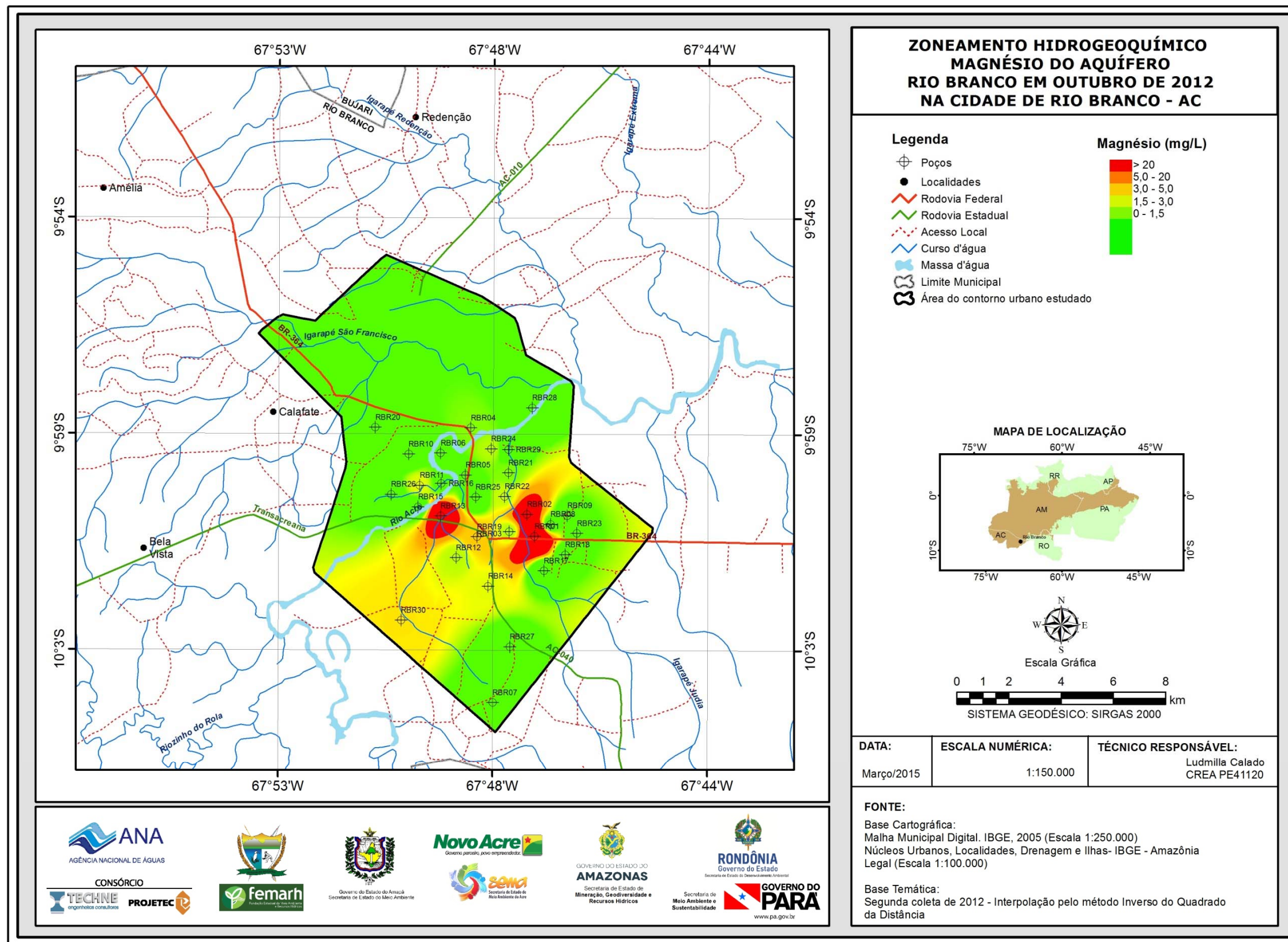


Figura 5.29b – Zoneamento de Magnésio (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

## 5.2.9 – Ânions

### 5.2.9.1 – Cloreto

Os cloretos (Cl<sup>-</sup>) são muito solúveis, são estáveis em solução e de difícil precipitação, não sofrem oxidação nem redução em águas naturais e estão, em geral, associados aos íons de sódio, na proporção molar 1:1, principalmente em águas salinas.

De acordo com CETESB (2009), o cloreto é o ânion Cl<sup>-</sup> que se apresenta nas águas subterrâneas, oriundo da percolação da água através de solos e rochas. A sua concentração em águas de abastecimento público constitui um padrão de aceitação, já que provoca sabor “salgado” na água em altas concentrações. Por tal motivo, a Portaria MS 2914/11 estabelece como valor máximo permitido (VMP) de padrão organoléptico de potabilidade para consumo humano, o valor de 250 mg/L. Para Celligoi (1999), a presença de cloreto em águas subterrâneas pode ser atribuída à dissolução de depósitos salinos, descargas de efluentes de indústrias químicas, intrusões salinas, etc. Os íons cloreto são altamente móveis e não são retidos em rochas permeáveis. Em argilitos, cristais de NaCl ou soluções de NaCl podem ser contidos em poros. Os íons cloreto são presentes em baixas concentrações (<10 mg/L). Altas concentrações podem indicar poluição antrópica.

A **tabela 5.37** mostra a estatística descritiva dos teores de cloreto, amostrados no ano de 2012, nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco. No período chuvoso (abril de 2012) os valores de cloreto variaram de 0,9 a 54,5 mg/L, com média de 16,6 mg/L e mediana de 10,6 mg/L. No período de estiagem (outubro de 2012), a variação entre o mínimo e o máximo foi de 0,49 a 53,0 mg/L com média de 15,3 mg/L e mediana de 7,6 mg/L. Todos os poços amostrados em ambas as campanhas apresentaram resultados de cloreto inferiores ao VMP estabelecido pelo Portaria MS 2914/11.

**Tabela 5.37** – Estatística descritiva do Cloreto do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Cl-1) - abril de 2012 e no período seco (Cl-2) – outubro de 2012.

Cl	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
Cl-1	30	16,6	10,4	22,7	10,6	0,9	54,5	16,5	3,0	1,0
Cl-2	30	15,3	9,1	21,5	7,6	0,49	53,0	16,6	3,0	1,2

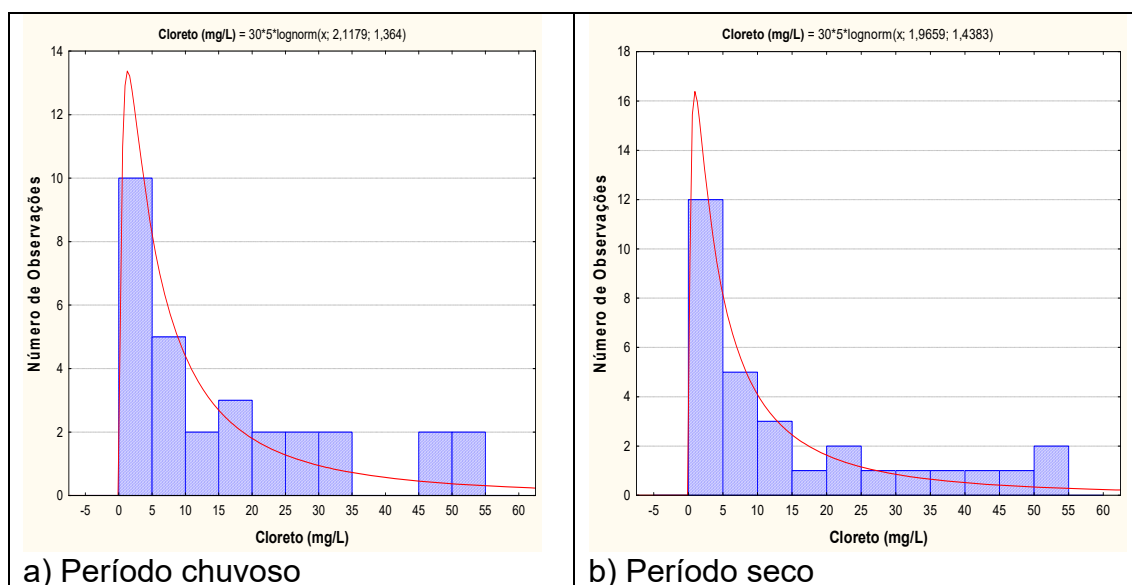
Na primeira campanha, 13% (4/30) das amostras apresentaram teores de cloreto abaixo do limite de detecção de 1 mg/L, enquanto que na segunda campanha, 7% (2/30) dos poços apresentaram valores abaixo do limite de detecção de 0,5 mg/L.

Em ambas as coletas, todas as amostras apresentaram teores de cloreto inferiores aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 396/2008, de 250 mg/L para consumo humano; 100 a 700 mg/L para irrigação; e de 400 mg/L para recreação, indicando que as águas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco podem ser empregadas para tais usos.

Na **figura 5.30** se encontram os histogramas de frequência dos teores de cloreto amostrados nas duas campanhas e as respectivas curvas fornecidas pelo modelo de distribuição de probabilidade lognormal aplicado para



estimativa, com risco calculado, dos teores de cloreto no aquífero Rio Branco, em Rio Branco, no período chuvoso e de estiagem.



**Figura 5.30** – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade do Cloreto do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

De acordo com as estimativas realizadas (**tabela 5.38**), pode-se concluir com base na razão entre os teores de cloreto estimados nos dois períodos, que há influência da sazonalidade, haja vista que a razão entre as duas campanhas sugere maiores teores no período chuvoso do que na estiagem.

Apesar de nenhum dos valores de cloreto obtido nas duas campanhas ultrapassar os limites estabelecidos pela Portaria MS 2914/2011, verificou-se alguns teores mais elevados, o que sugere influência antrópica, pois a área de estudo é urbanizada e quase totalmente desprovida de esgotamento sanitário, de modo que principalmente na época da chuva pode haver infiltração de água contaminada, haja vista que a maioria dos poços é construída nas proximidades imediatas das fossas sépticas.

**Tabela 5.38** – Distribuição de probabilidade do Cloreto do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (CI-1) - abril de 2012 e no período seco (CI-2) - outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
CI-1	8,314	2,638	1,448	0,882	0,505	0,348
CI-2	7,141	2,128	1,130	0,670	0,372	0,252
Razão	1,164	1,239	1,280	1,315	1,356	1,384

Os resultados obtidos no aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, são coerentes, pois segundo Pohling (2009), quando o teor de cloreto está elevado na água e não há influência de fatores geológicos, essa contaminação pode ser proveniente de efluentes domésticos ou industriais.

### **Zoneamento do Cloreto**

No período chuvoso (abril de 2012) e no período de estiagem (outubro de 2012), o zoneamento de cloreto no aquífero Rio Branco em Rio Branco, apresentado respectivamente na **figura 5.31a** e **figura 5.31b**, mostra um predomínio da classe de 1 a 10 mg/L na área de estudo. Secundariamente, ocorrem valores na faixa de 10 a 30 mg/L. Valores abaixo do limite de detecção, ou seja, <1 na primeira campanha e <0,5 na segunda campanha, podem ser observados em pontos isolados, assim como valores superiores a 50 mg/L.

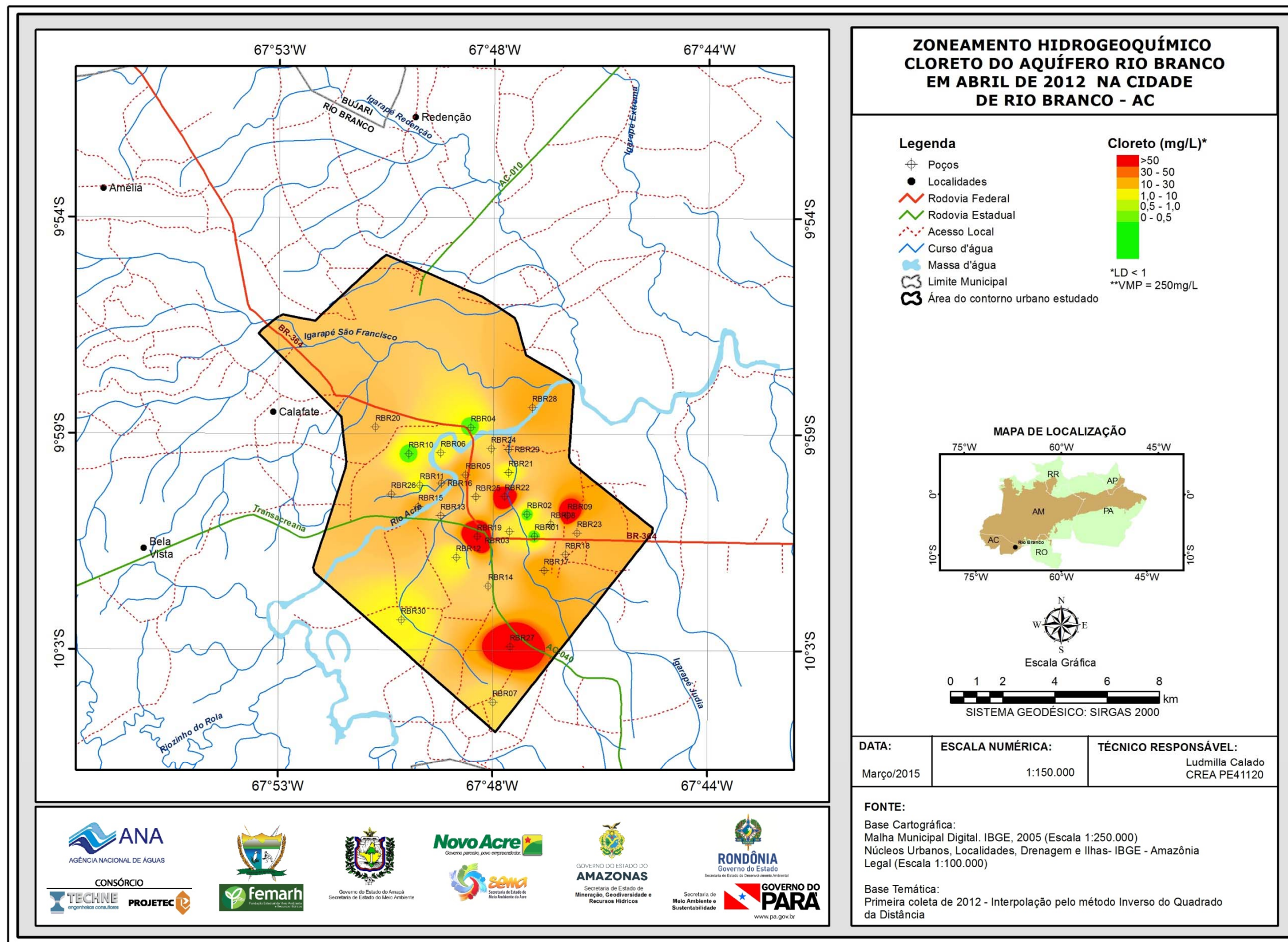


Figura 5.31a – Zoneamento de Cloreto (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

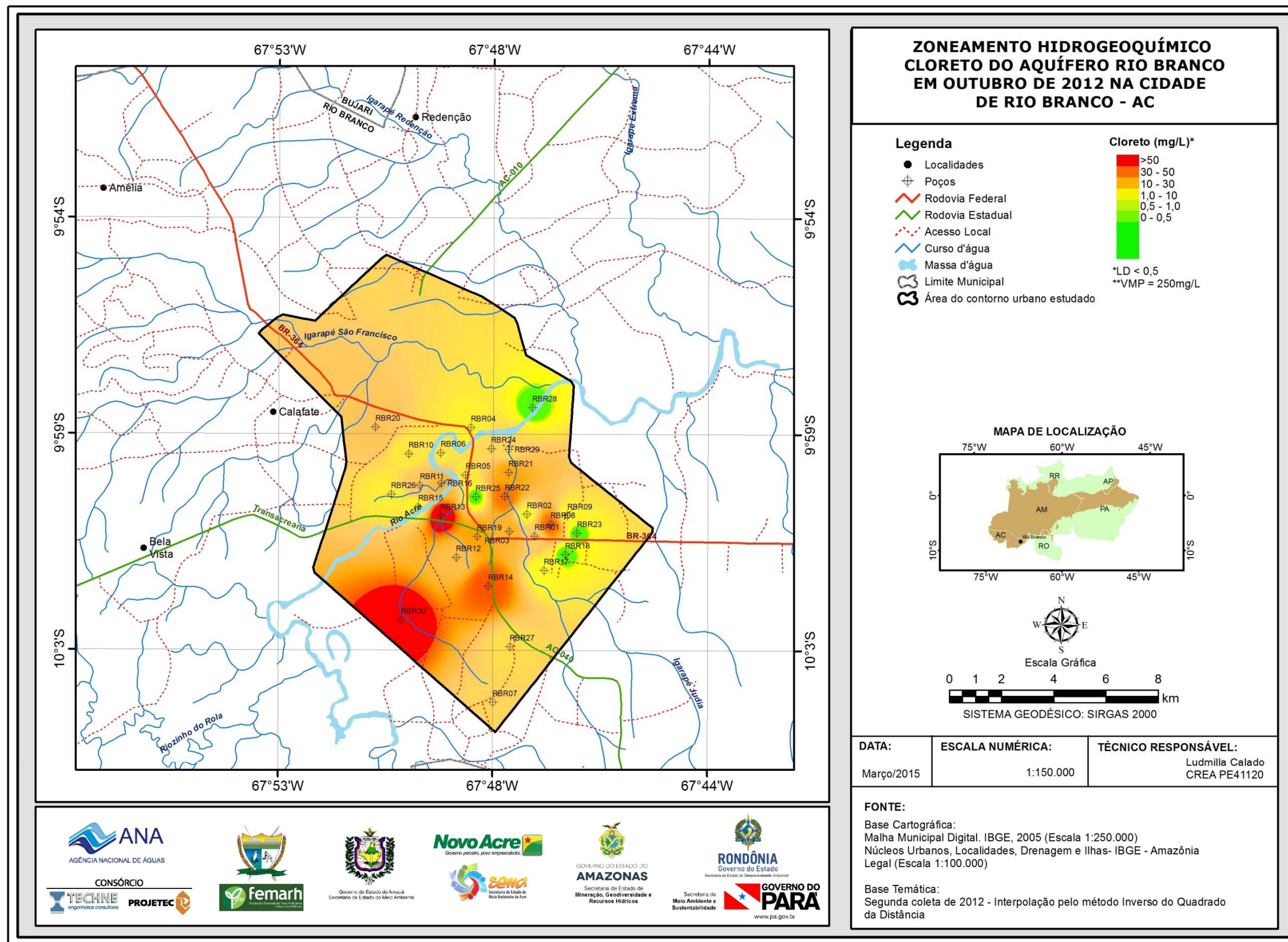


Figura 5.31b – Zoneamento de Cloreto (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

### 5.2.9.2 – Sulfato

O enxofre pode se apresentar de diversas formas, tais como sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), sulfito ( $\text{SO}_3^{2-}$ ), sulfeto ( $\text{S}^{2-}$ ), sulfeto de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{S}$ ), dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4^{2-}$ ), enxofre molecular ( $\text{S}^0$ ) e associado a metais, como sulfeto de ferro ( $\text{FeS}$ ). Dentre essas várias formas, o sulfato e o sulfeto de hidrogênio são as mais frequentes. O sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) é um dos íons mais abundantes na natureza. Em águas naturais, a fonte de sulfato ocorre através da dissolução de solos e rochas e pela oxidação de sulfeto (Parron *et al.*, 2011; CETESB, 2009).

Segundo Celligoi (1999), o enxofre ocorre principalmente em gases magmáticos. A maior parte do elemento nas rochas ocorre em minerais como o gipso ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) e anidrita ( $\text{CaSO}_4$ ). Consideráveis quantidades de sulfato são adicionadas ao ciclo hidrológico com as precipitações da atmosfera. Vêm do "spray" do mar, da poeira dos continentes e da oxidação de gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), bem como das substâncias orgânicas do solo. Nas águas subterrâneas circulantes em rochas ígneas, a concentração de sulfato é baixa ( $< 30 \text{ mg/L}$ ).

Em águas para consumo humano, a Portaria do Ministério da Saúde 2914/2011 recomenda que as concentrações de sulfato não excedam  $250 \text{ mg/L}$ , pois acima deste valor, a sua ingestão provoca efeito laxativo.

A estatística descritiva apresentada na **tabela 5.39** indica que os teores de sulfato nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, no período chuvoso, variam de  $0,49$  a  $340,6 \text{ mg/L}$ , apresentando média de  $17,7 \text{ mg/L}$  e mediana de  $1,6 \text{ mg/L}$ . No período seco, os teores variaram de  $0,49$  a  $470,1 \text{ mg/L}$ , com média de  $28,3 \text{ mg/L}$  e mediana de  $1,1 \text{ mg/L}$ . Na primeira campanha, 37% ( $11/30$ ) dos poços apresentaram teores de sulfato abaixo do limite de detecção de  $0,5 \text{ mg/L}$ , enquanto que na segunda campanha foram 23% ( $7/30$ ).

**Tabela 5.39** – Estatística descritiva do Sulfato do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (S-1) - abril de 2012 e no período seco (S-2) - outubro de 2012.

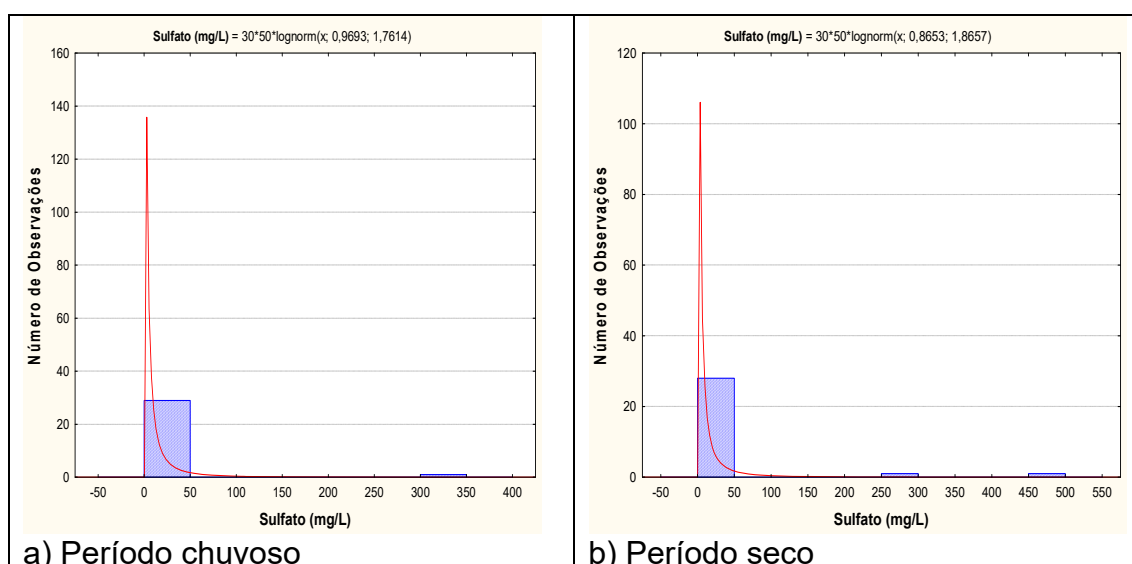
Sulfato	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
S-1	30	17,7	-5,3	40,7	1,6	0,49	340,6	61,7	11,3	5,3
S-2	30	28,3	-7,5	64,2	1,1	0,49	470,1	96,0	17,5	4,1

Os teores de sulfato encontrados nas águas do aquífero Rio Branco, no período chuvoso, se distribuem, em 97% ( $29/30$ ) dos poços, entre  $0,49$  e  $35,3 \text{ mg/L}$ ; enquanto que no período de estiagem, cerca de 93% das amostras ( $28/30$ ) apresentaram valores entre  $0,49$  e  $19,7 \text{ mg/L}$ . Sendo assim, os valores acima desses padrões foram considerados anômalos, a exemplo do poço RBR14 ( $340,6 \text{ mg/L}$  em abril) e dos poços RBR02 ( $263 \text{ mg/L}$  em outubro) e RBR01 ( $470,1 \text{ mg/L}$  em outubro). Ressalta-se que nenhum desses três poços apresentou resultados anômalos em ambas as campanhas. O RBR14 ( $< 1 \text{ mg/L}$  em outubro), RBR02 ( $< 0,5$  em abril) e RBR01 ( $< 0,5$  em abril).

Isto sugere que tais resultados não decorrem do efeito da sazonalidade e sim de contaminações locais advindas de atividades antrópicas, como por exemplo, aplicação de fertilizante, como já apontado no caso do cálcio (item 5.2.8.3).

Com exceção dos 3 (três) mencionados poços, todas as demais amostras apresentaram teores de sulfato inferiores aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 396/2008, para consumo humano (250.000 µg.L<sup>-1</sup>), dessedentação animal (1.000.000 µg.L<sup>-1</sup>) e recreação (400.000 µg.L<sup>-1</sup>). Os únicos poços que ultrapassaram os limites estabelecidos pela referida Resolução foi o poço RBR14 na primeira campanha, não sendo indicado para o consumo humano, e os poços RBR02 e RBR01 na segunda coleta, indicando que as águas não são recomendadas para consumo humano e recreação, apenas podendo ser utilizado para a dessedentação animal.

Os histogramas da figura 5.32 representativos dos pontos amostrados nas campanhas de abril de 2012 e de outubro de 2012, foram modelados por uma função de distribuição de probabilidade lognormal. Essa função permitiu estimar com risco calculado que no período chuvoso, os teores de sulfato em Rio Branco são superiores aos do período de estiagem, o que sugere influência de sazonalidade, haja vista que a razão entre os dois períodos de coleta é superior a 1 (um), conforme pode ser observado na tabela 5.40.



**Figura 5.32** – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade do Sulfato no Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

**Tabela 5.40** – Distribuição de probabilidade do Sulfato do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (S-1) - abril de 2012 e no período seco (S-2) - outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
S-1	2,636	0,599	0,276	0,145	0,071	0,044
S-2	2,376	0,494	0,217	0,110	0,051	0,031
Razão	1,110	1,211	1,268	1,317	1,375	1,414

Tais resultados são coerentes, pois a área de estudo de Rio Branco está inserida em uma região urbanizada, totalmente desprovida de sistema de

esgotamento sanitário, fato este, que corrobora para a contaminação das águas subterrâneas, principalmente por conta da má qualidade construtiva dos poços e de sua proximidade das fossas sépticas, as quais principalmente no período chuvoso, transbordam, permitindo a infiltração das águas.

De acordo com Melian *et al.* (1999), no geral os problemas da qualidade da água subterrânea chamam maior atenção em regiões rurais, devido à infiltração de agrotóxicos, fertilizantes, esgotos domésticos e de excrementos animais nos aquíferos ou diretamente nos poços artesianos, os quais produzem efeitos mais visíveis nos seus consumidores, devido à baixa densidade populacional destas áreas.

### **Zoneamento do Sulfato**

A distribuição espacial dos teores de sulfato no aquífero Rio Branco, no período chuvoso de abril de 2012, apresentada na **figura 5.33a**, revela um predomínio de concentrações até 5 mg/L. Também é possível verificar a ocorrência de valores de 10 a 20 mg/L no setor NE e parte dos setores SE e SW, numa faixa que atravessa a área de NW para SE, alcançando a maior parte do limite SE, onde também aparecem manchas adjacentes de valores com teores de até 5 mg/L.

No período de estiagem (outubro de 2012), a distribuição espacial apresentada na **figura 5.33b** confirma o predomínio da faixa de valores de 0 a 5 mg/L, ficando os valores de 10 a 20 mg/L a W e a SW, enquanto os valores acima de 20 mg/L no setor ESE, incluindo 3 (três) manchas isoladas de valores de 0 a 5 mg/L, faixa essa que também aparece no extremo Sul, desde o SE até o SW.

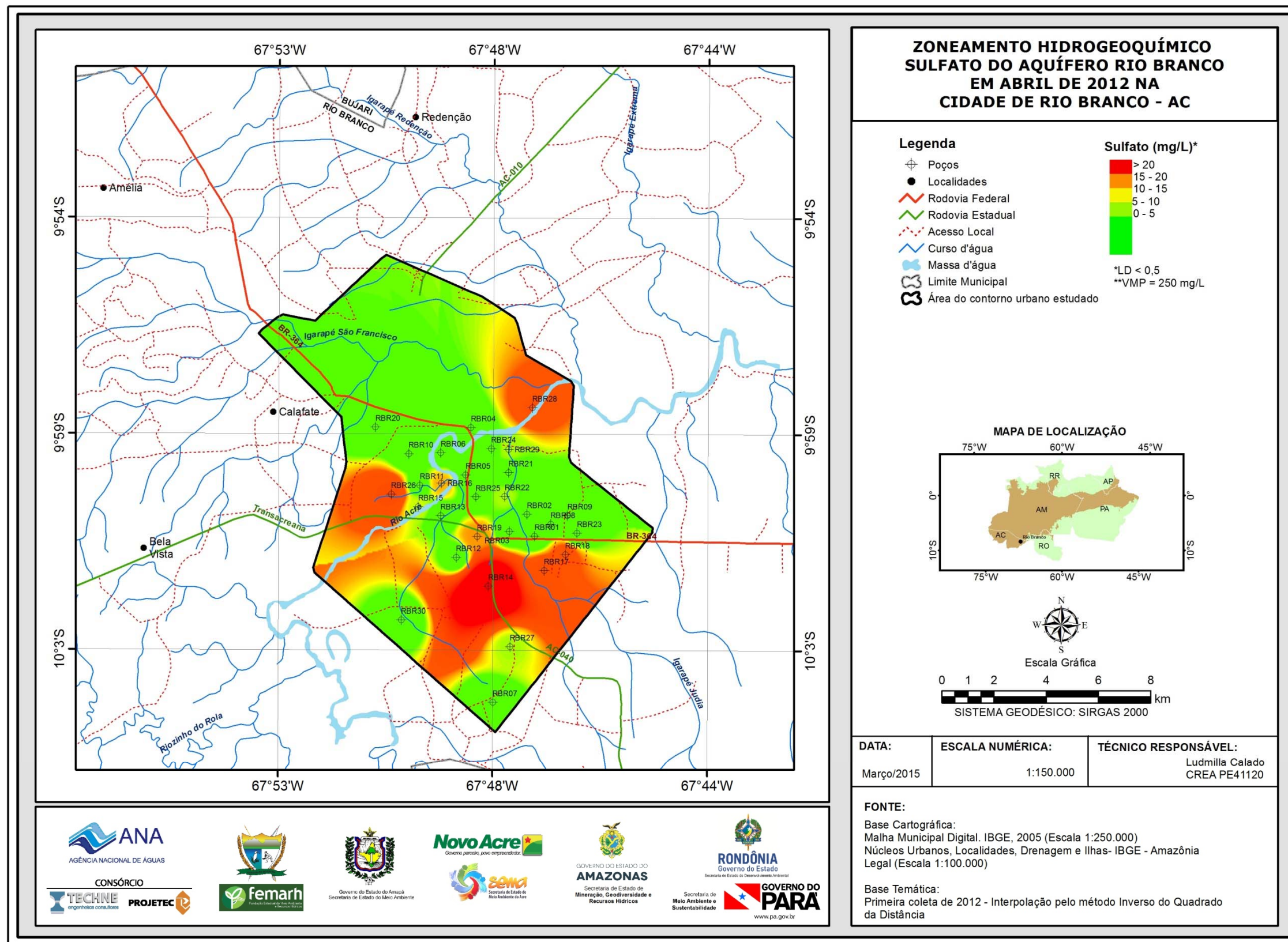


Figura 5.33a – Zoneamento de Sulfato (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.



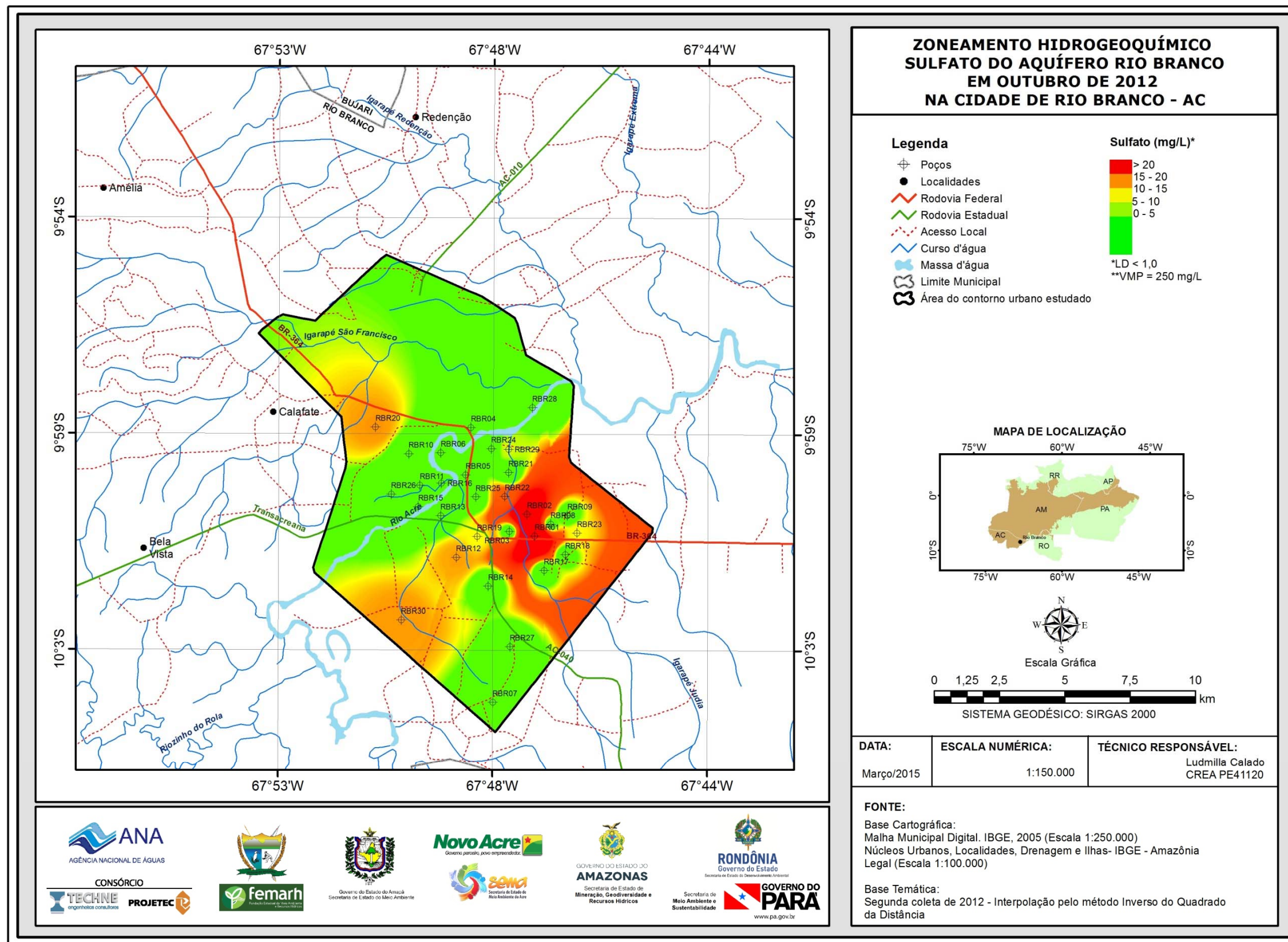


Figura 5.33b – Zoneamento de Sulfato (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

### 5.2.9.3 – Bicarbonato

A maioria dos íons bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) e carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) em águas subterrâneas são derivados do dióxido de carbono na atmosfera e no solo e de soluções de rochas carbonatadas. Águas bicarbonatadas sódicas podem ser concentradas nos solos por evaporação, mas se muito cálcio estiver presente, o bicarbonato é retirado da água através da precipitação de carbonato de cálcio.

A concentração de bicarbonato em águas subterrâneas varia normalmente de 10 a 800 mg/L, sendo mais comuns concentrações entre 50 e 400 mg/L. Existe uma forte relação entre o pH da água e as concentrações do gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), dos bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) e dos carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), estes dois íons definem a alcalinidade das águas.

De acordo com a Resolução CONAMA 396/2008 e com a Portaria MS 2914/11 não há restrição quanto às concentrações de bicarbonato para o consumo humano, ou seja, não é definido um valor máximo permitido.

A estatística descritiva dos teores de bicarbonato nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, em Rio Branco (**tabela 5.41**) revela que 40% (12/30) das amostras na primeira campanha obtiveram valores iguais a zero, enquanto que na segunda amostragem esses valores alcançaram 53,3% (16/30).

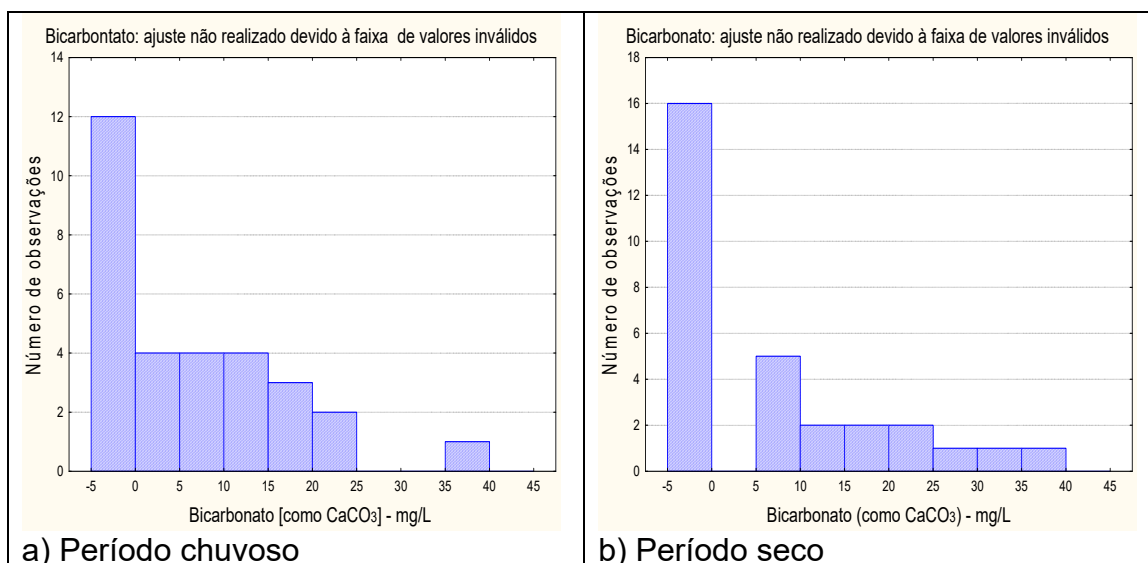
**Tabela 5.41** – Estatística descritiva do Bicarbonato do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (B-1) - abril de 2012 e no período seco (B-2) – outubro de 2012.

B	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
B-1	30	7,52	4,14	10,9	2,25	0	38	9,28	2,2	1,39
B-2	30	8,1	4,05	12,15	0	0	39	11,12	0,71	1,31

No período chuvoso, as concentrações de bicarbonato oscilaram entre 0 e 38 mg/L, com média de 7,52 e mediana igual a 2,25 mg/L. No período de estiagem as concentrações ficaram compreendidas entre 0 e 39 mg/L, com média de 8,1 mg/L e mediana igual a 0 mg/L.

Devido à existência de amostras com teor de bicarbonato igual à zero na primeira campanha (12/30) e na segunda campanha (16/30), a modelagem geoestatística não foi realizada porque o ajuste dos histogramas lognormal não pode ser feito com a presença de zero (**figura 5.34**).

Embora as médias obtidas nas duas campanhas levem a concluir que os teores de bicarbonato são ligeiramente maiores no período de estiagem, as medianas indicam o contrário, ou seja, maior valor no período chuvoso. Sendo assim, tomando a mediana como indicadora, os teores de bicarbonato são significativamente maiores no período chuvoso. Isso faz sentido, porque no período chuvoso as águas de chuvas são ricas em dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) que reagindo com a água do aquífero produz o ácido carbônico que por sua vez se dissocia em bicarbonato, fazendo com esse íon tenda a ser mais abundante no período chuvoso.



**Figura 5.34** – Histogramas de frequência do Bicarbonato do Aquífero Rio Branco sem ajuste de distribuição de probabilidade *lognormal*.

Segundo Lopes *et al.* (2013), os valores extremamente baixos de bicarbonato podem estar relacionados com as variações da alcalinidade total, uma vez que uma alteração nas concentrações dos íons carbonato e bicarbonato provoca também alterações nos valores de pH de uma solução, já que esses três íons ( $H^+$ ,  $CO_3^{2-}$  e  $HCO_3^-$ ) constituem um verdadeiro sistema em equilíbrio. Assim, a reação entre os dois primeiros, com a formação do terceiro, provoca uma diminuição das concentrações do carbonato e um aumento das concentrações do bicarbonato. O que torna o processo dinâmico e faz com que um elemento seja facilmente convertido em outro por meio de reações que ocorrem no ambiente.

**Tabela 5.42** – Distribuição de probabilidade do Bicarbonato do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (B-1) - abril de 2012 e no período seco (B-2) - outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
B-1	7,628	2,464	1,365	0,838	0,484	0,336
B-2	14,299	8,143	6,067	4,758	3,619	3,016
Razão	0,533	0,303	0,225	0,176	0,134	0,111

Para Obiefuna & Sheriff (2011), a origem do bicarbonato nas águas subterrâneas está relacionada principalmente aos processos que produzem o gás carbônico no solo por meio da decomposição e oxidação da matéria orgânica e à respiração das raízes das plantas.

### ***Zoneamento do Bicarbonato***

A distribuição espacial dos teores de bicarbonato encontrados nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, no período chuvoso (abril de 2012) e no período de estiagem (outubro de 2012), é mostrada respectivamente na **figura 5.35a** e **figura 5.35b**. Nas duas campanhas é possível verificar que a faixa de valores predominante é de 0 a 10 mg/L, seguido da classe de 10 a 20 mg/L. Os valores acima dessas classes podem ser notados em pontos isolados.

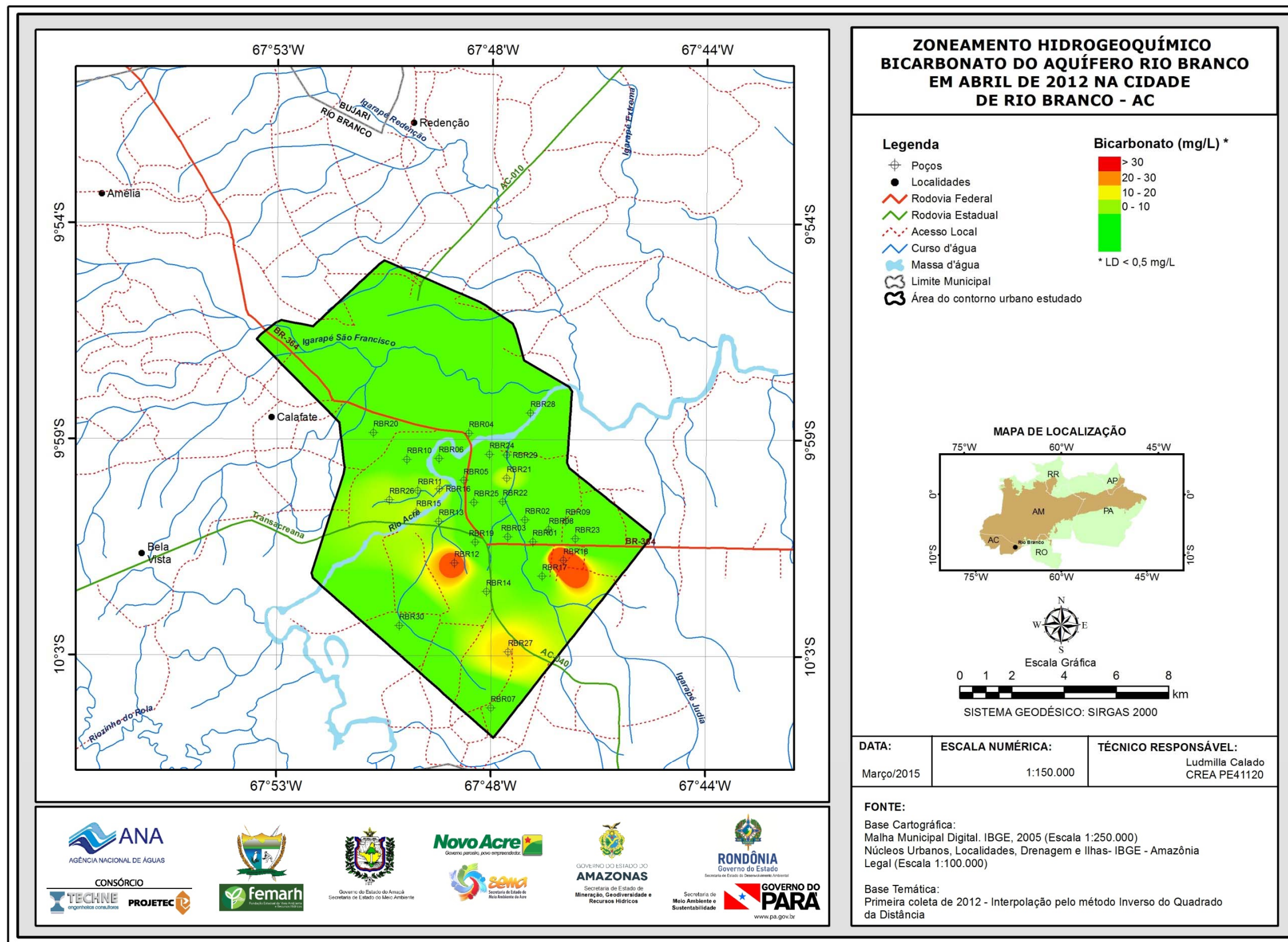


Figura 5.35a – Zoneamento de Bicarbonato (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco - AC.

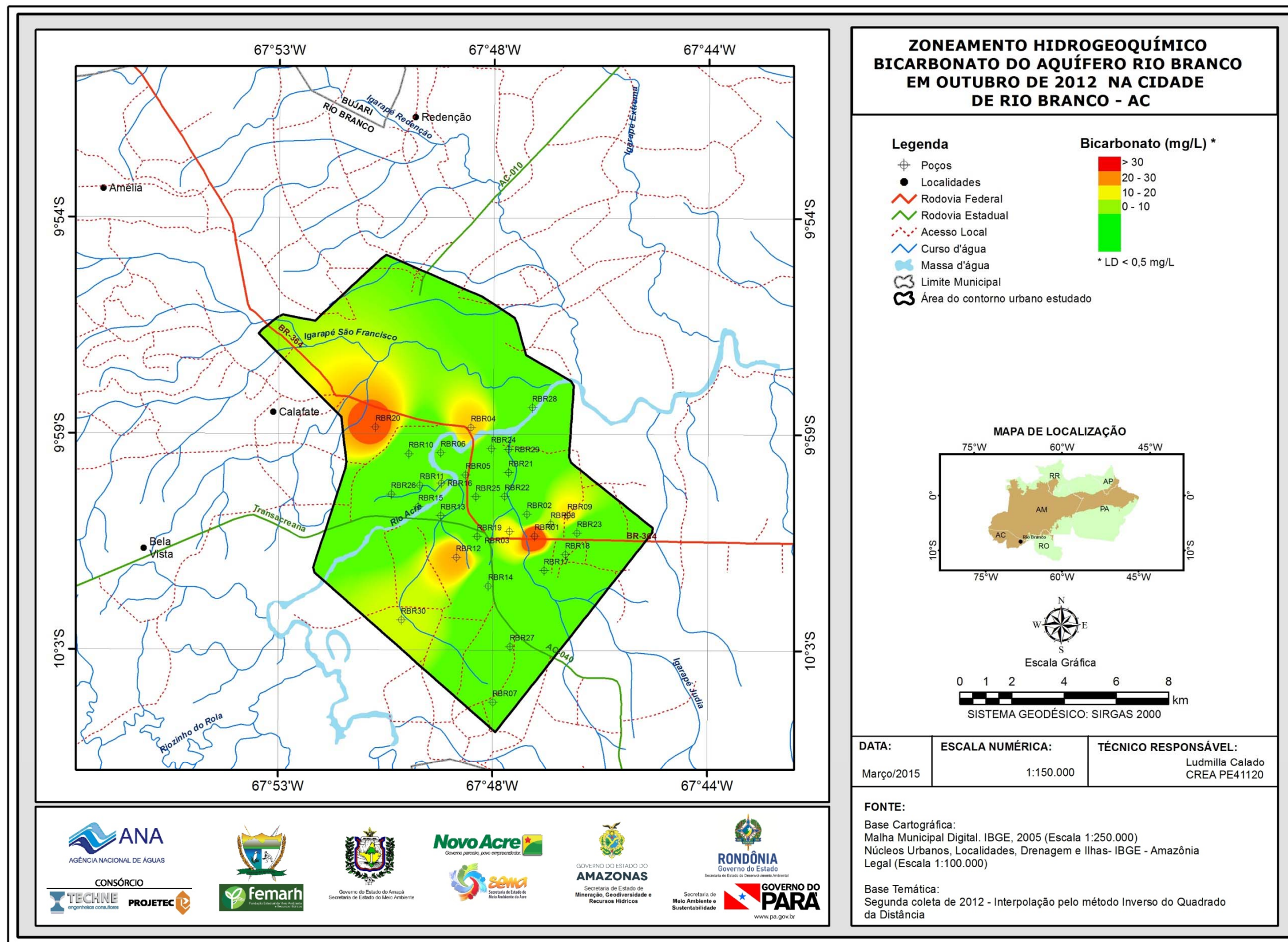


Figura 5.35b – Zoneamento de Bicarbonato (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco - AC.

## 5.2.10 – Dureza

A dureza da água mede o grau de impedimento da ação do sabão e pode ser expressa como dureza temporária, dureza permanente e dureza total. A dureza temporária ou dureza de carbonatos é causada pelos íons de cálcio e de magnésio combinados, podendo ser eliminada com a ebulição da água.

A dureza permanente ou dureza não carbonatada é a dureza que persiste após a fervura da água; é produzida pelos íons de cálcio e de magnésio combinados com os íons de sulfato, cloreto, nitrato e outros. A dureza total é a soma da dureza temporária com a dureza permanente, é usualmente expressa em mg/L (CaCO<sub>3</sub>) e dada pela equação:

$$\text{Dureza total} = 2,5 [\text{Ca}^{2+}] + 4,1[\text{Mg}^{2+}]$$

De acordo com Von Sperling (2005), em termos de tratamento e abastecimento público, as águas podem ser classificadas de acordo com seu grau de dureza, conforme descreve a **tabela 5.43**.

**Tabela 5.43** – Classificação das águas segundo a sua faixa de valor de dureza (Von Sperling, 2005).

Dureza (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	Tipo de Água
< 50	Mole
50 - 150	Moderada
150 - 300	Dura
> 300	Muito Dura

A estatística descritiva da dureza das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco (**tabela 5.44**), mostra que no período chuvoso os valores oscilaram entre 0,4 e 273,1, com média de 24,9 mg/L e mediana de 11,2 mg/L. No período de estiagem, a dureza variou de 1,3 a 342,1 mg/L, com média de 25,6 mg/L e mediana de 11,1 mg/L.

**Tabela 5.44** – Estatística descritiva da Dureza no Aquífero Rio Branco no período chuvoso (D-1) - abril de 2012 e no período seco (D-2) - outubro de 2012.

D	N	Média	Confiança 95%	Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria	
D-1	30	24,9	6,3	43,5	11,2	0,4	273,1	49,9	9,1	4,6
D-2	30	25,6	2,4	48,8	11,1	1,3	342,1	62,1	11,3	4,9

Os valores de dureza encontrados nas águas do aquífero Rio Branco, no período chuvoso, se distribuem, em 97% (29/30) dos poços, entre 0,39 e 85,56 mg/L, com um valor anômalo (273,1 mg/L) no poço RBR14. No período de estiagem, os teores em 97% das amostras (29/30) ficaram entre 1,28 e 82,38 mg/L, com um valor anômalo (342,1 mg/L) no poço RBR01. Apesar de esses dois poços apresentarem valores anômalos quando comparados aos demais resultados, nenhum dos poços amostrados nas duas campanhas ultrapassou o VMP recomendável pela Portaria MS 2914/2011, de 500 mg/L de CaCO<sub>3</sub>.

O comportamento da dureza nos poços RBR01 e RBR14 é um reflexo dos teores de cálcio e magnésio neles encontrados, conforme discutido nos **itens 5.2.8.3 e 5.2.8.4**. Como tais poços foram os únicos afetados por valores

anômalos, inclusive de sulfato (**item 5.2.9.2**), tudo leva a crer que as anomalias constatadas se devem ao uso de fertilizantes nas proximidades dos referidos poços, como já sugerido nas **fotos 5.2 e 5.3**.



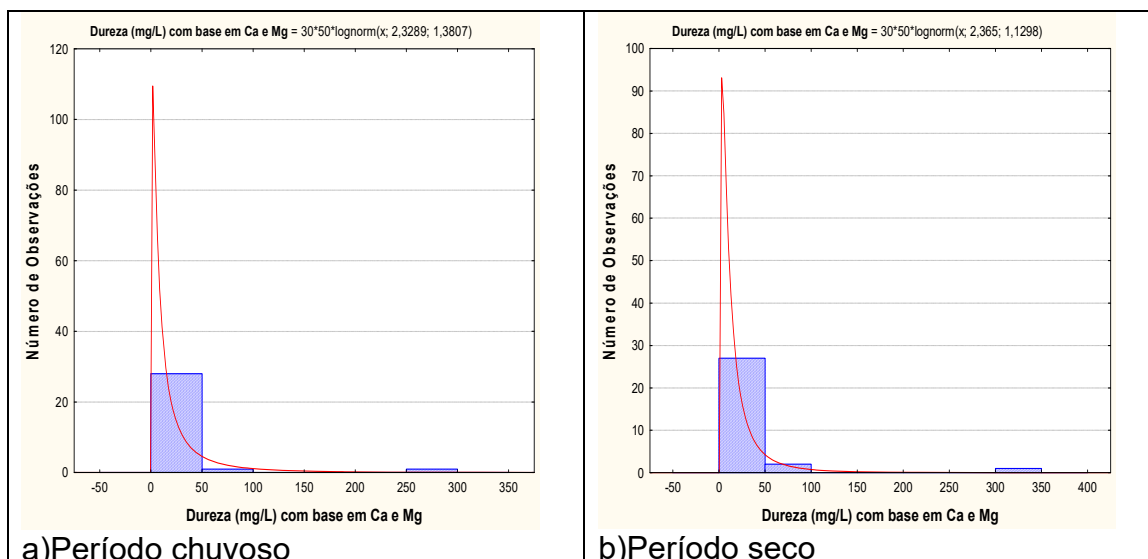
**Foto 5.3** - Culturas na área onde se localiza o poço RBR01 em Rio Branco - AC.

Segundo a classificação de Von Sperling (2005), as águas do aquífero Rio Branco, no período chuvoso, são 93% (28/30) do tipo mole, 3% (1/30) do tipo moderada e 3% (1/30) do tipo dura. Enquanto que no período de estiagem, 90% (27/30) das amostras apresentaram águas mole, 7% (2/30) água moderada e 3% (1/30) água muito dura.

Os histogramas de frequência da dureza (**figura 5.36**), representativos dos pontos amostrados nas coletas de abril e outubro de 2012, foram modelados por uma função de distribuição de probabilidade lognormal. Essa função permitiu estimar, com risco calculado, os valores de dureza no aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco (**tabela 5.45**), onde se verificou que os valores do período seco são maiores do que os do período chuvoso, o que reflete alguma influência de sazonalidade, pois a razão das duas campanhas é inferior a 1 (um).

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2002), a água subterrânea é geralmente de boa qualidade, porém em alguns casos pode conter alta concentração de sais, entre eles os de cálcio e de magnésio, por estar intimamente em contato com materiais solúveis do solo e das rochas, no seu entorno e em áreas de recarga, e assim, apresentar elevado teor de dureza, como visto no caso dos poços RBR01 e RBR14.





**Figura 5.36** – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade da Dureza do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

**Tabela 5.45** – Distribuição de probabilidade da Dureza do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (D-1) - abril de 2012 e no período seco (D-2) - outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
D-1	10,267	3,212	1,750	1,060	0,602	0,414
D-2	10,644	4,113	2,502	1,660	1,046	0,769
Razão	0,965	0,781	0,699	0,638	0,576	0,538

Aliado a isso, a baixa velocidade de fluxo, as maiores pressões e temperaturas, a fonte de recarga do aquífero e o clima da região contribuem para a maior mineralização da água subterrânea. Secundariamente, as características dessa água se relacionam com os produtos de atividades humanas desenvolvidas na superfície.

Tal referência corrobora com os resultados coletados no aquífero Rio Branco, onde houve um pequeno aumento dos valores de dureza no período de estiagem, o que é justificável pela cessação do período de cheias na área de estudo e conseqüentemente a diminuição da renovação das águas subterrâneas.

### **Zoneamento da Dureza**

A distribuição espacial da dureza das águas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, no período chuvoso (abril de 2012) e no período seco (outubro de 2012), pode ser observada na **figura 5.37a** e **figura 5.37b**. Nas duas campanhas é possível notar que os valores de dureza foram mais frequentes nas classes abaixo de 10 mg/L, seguidas da faixa de 10 a 20 mg/L. Valores acima dessas classes são representados por manchas esparsas ao longo da área de estudo.

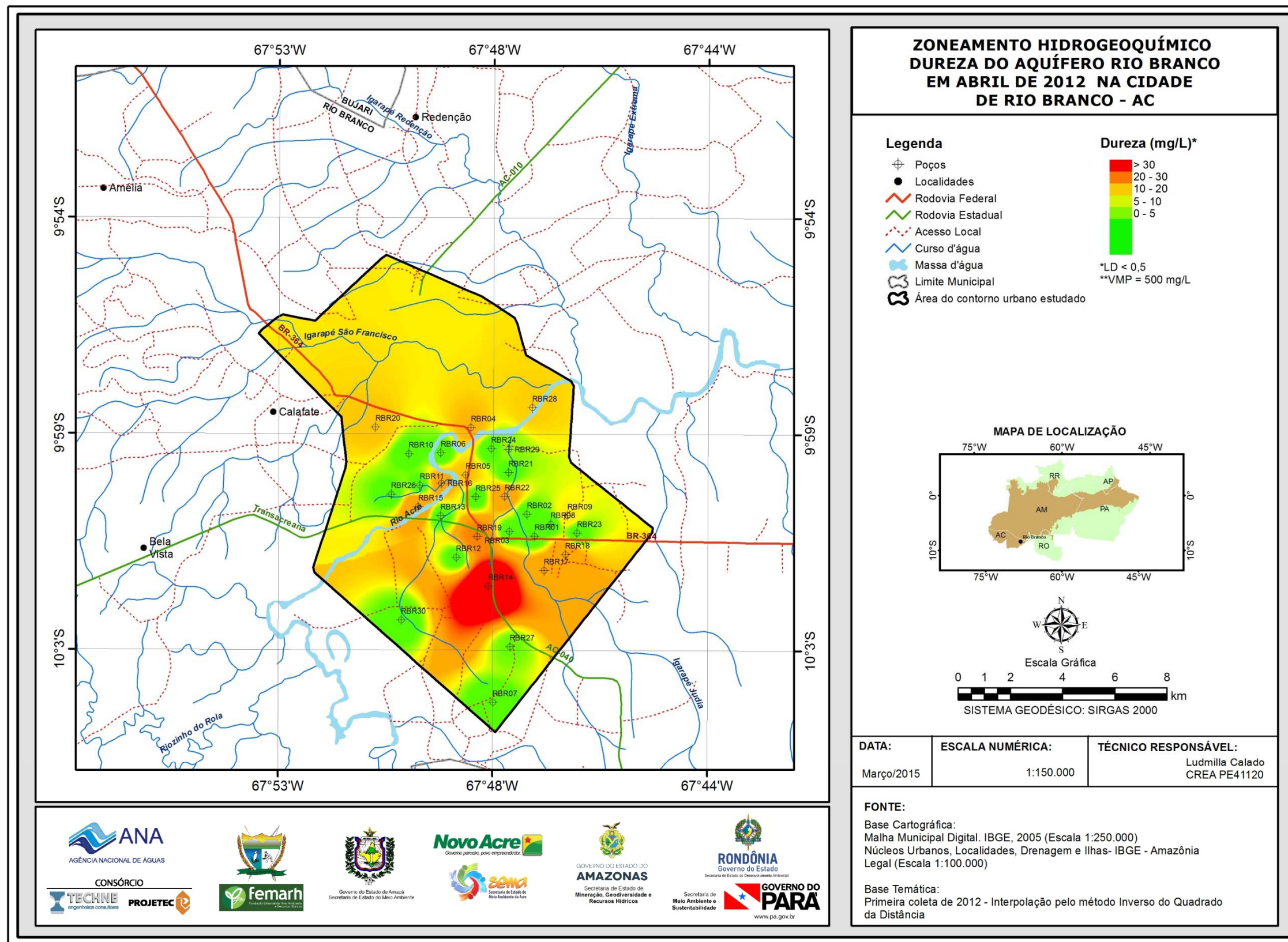


Figura 5.37a – Zoneamento da Dureza (mg/L CaCO<sub>3</sub>) das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

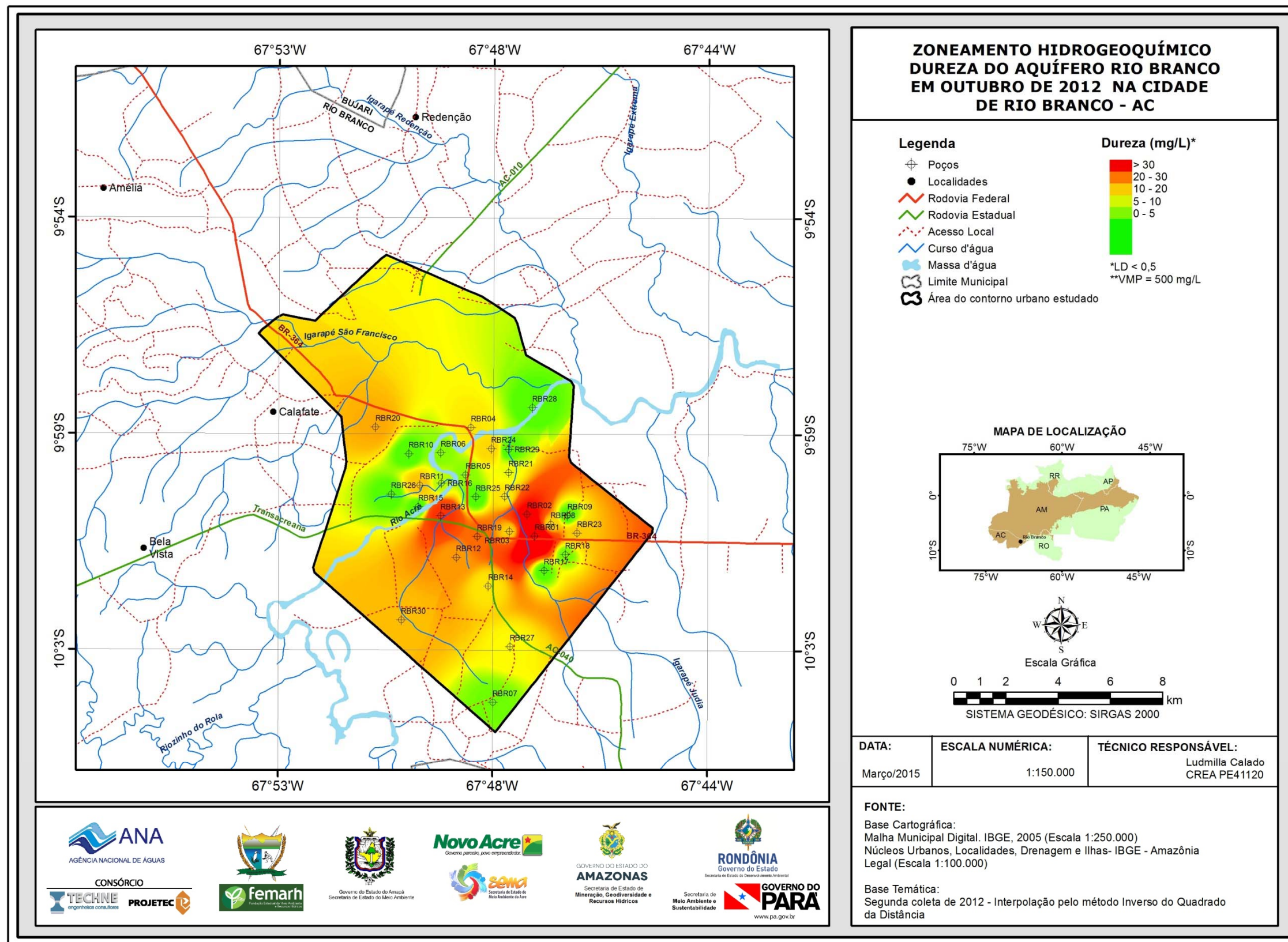


Figura 5.37b – Zoneamento da Dureza (mg/L CaCO<sub>3</sub>) das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

### 5.2.11 – Compostos Nitrogenados

O nitrogênio é um componente importante no ciclo biogeoquímico, onde pode ser encontrado na matéria orgânica, como espécie dissolvida e gases. Os minerais contendo nitrogênio são, em geral, muito solúveis; por isso, são raros na natureza (Appelo & Postma, 1993).

O nitrogênio circula na atmosfera onde ocorrem reações redox catalisadas microbiologicamente; são as reações de oxidação do  $\text{NH}_4^+$  para  $\text{NO}_2^-$  e para  $\text{NO}_3^-$  (nitrificação) e reações redox do  $\text{NO}_3^-$  para  $\text{NO}_2^-$  e para  $\text{NH}_4^+$  (redução do nitrato e redução do nitrito), redução do  $\text{NO}_3^-$  para o  $\text{N}_{2(g)}$  (denitrificação) e redução do  $\text{N}_{2(g)}$  para  $\text{NH}_4^+$  (fixação de nitrogênio).

Os esgotos sanitários constituem geralmente a principal fonte de nitrogênio nas águas naturais, lançando nitrogênio orgânico devido à presença de proteínas e nitrogênio amoniacal, devido à hidrólise da uréia na água (Metcalf & Eddy, 1991).

A quantidade de nitrogênio na água pode indicar poluição recente ou remota. O nitrogênio pode estar presente sob as suas diversas formas compostas: orgânica, amoniacal, nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ); ele segue um ciclo desde o organismo vivo até à mineralização total, onde está presente sob a forma de nitrato.

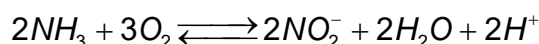
Assim, é possível avaliar o grau e a distância a uma fonte de poluição através das concentrações e das formas dos compostos nitrogenados presentes na água. Águas com predominância de nitrogênio orgânico e amoniacal são poluídas por descargas de esgotos próximos. Águas com concentrações de nitrato predominantes sobre nitrito e amônia indicam uma poluição remota, porque os íons nitratos são produtos finais de oxidação do nitrogênio.

Os nitratos são muito solúveis e por isso, dificilmente precipitam. Eles tendem a estabilidade em meios redutores, podendo passar a  $\text{N}_2$  ou  $\text{NH}_4^+$  e, excepcionalmente, a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ). Esta redução é um fenômeno biológico produzido principalmente pelas bactérias Nitrossomas. A maioria dos compostos nitrogenados passa a  $\text{NO}_3^-$  em meio oxidante, enquanto o íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) pode transformar-se parcialmente em  $\text{N}_2$ . O solo pode fixar nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), em especial através da vegetação.

A nitrificação é um processo de oxidação biológica da amônia sob a forma do íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) para nitrato (Snoeyink & Jenkins, 1980).



Caso a amônia esteja sob a forma gasosa ( $\text{NH}_3$ ) a nitrificação ou oxidação biológica a converterá em nitrito, através da reação:



As concentrações de nitrato nas águas naturais estão na faixa de 0,1 a 10 mg/L; porém, em águas muito poluídas, podem chegar a 200 mg/L; em alguns casos, em áreas influenciadas por aplicações excessivas de fertilizantes, as concentrações podem ser maiores que 600 mg/L.

Independente da sua origem, que também pode ser mineral, os nitratos em concentrações acima de 45 mg/L provocam em crianças a cianose ou methemoglobinemia, condições mórbidas associadas à descoloração da pele, em consequência de alterações no sangue.

Dessa forma, a Portaria MS 2914/2011 estabeleceu limites máximos de padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde humana, como 1,5 mg/L para Amônia, 1 mg/L para Nitrito e 10 mg/L para Nitrato.

A Resolução CONAMA 396/2008 também estabeleceu limites máximos aceitáveis para esses parâmetros, de acordo com os usos considerados preponderantes, como pode ser observado na **tabela 5.46**.

**Tabela 5.46** - Valores Máximos Permitidos (VMP) de nitrato e nitrito para os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008).

Parâmetro	Usos Preponderantes da Água			
	Consumo Humano ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Dessedentação Animal ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Irrigação ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Recreação ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )
Nitrato (expresso em N)	10.000	90.000	-	10.000
Nitrito (expresso em N)	1.000	10.000	1.000	1.000

Nitrogênio inorgânico pode existir no estado livre como gás, nitrito, nitrato e amônia. Com exceção de algumas ocorrências como sais evaporíticos, o nitrogênio e seus compostos não são encontrados nas rochas da crosta terrestre. Nas águas subterrâneas os nitratos ocorrem em teores em geral abaixo de 5 mg/L e nitritos e amônia são ausentes, pois são rapidamente convertidos a nitrato pelas bactérias. Elevado teor de nitrito e amônia é sinal de poluição orgânica recente.

No sistema digestivo o nitrato é transformado em nitrosaminas, que são substâncias carcinógenas. Crianças com menos de três meses de idade possuem, em seu aparelho digestivo, bactérias que reduzem o nitrato a nitrito. Este se liga muito fortemente a moléculas de hemoglobina, impedindo-as de transportarem oxigênio para as células do organismo. A deficiência em oxigênio leva a danos neurológicos permanentes, dificuldade de respiração (falta de ar) e em casos mais sérios à morte por asfixia. Aos seis meses de idade, a concentração de ácido hidrocloreto aumenta no estômago, matando as bactérias redutoras de nitrato.

#### 5.2.11.1 - Nitrato

A **tabela 5.47** mostra a estatística descritiva dos teores de nitrato presentes nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco em Rio Branco nas duas campanhas de coleta de água realizadas. No período chuvoso, as concentrações de nitrato variam de 0,09 a 10,2 mg/L com média de 2,4 mg/L e mediana de 1,1 mg/L. No período seco, os teores ficaram compreendidos entre 0,09 a 11,8 mg/L, com média de 2,2 mg/L e mediana de 0,9 mg/L.

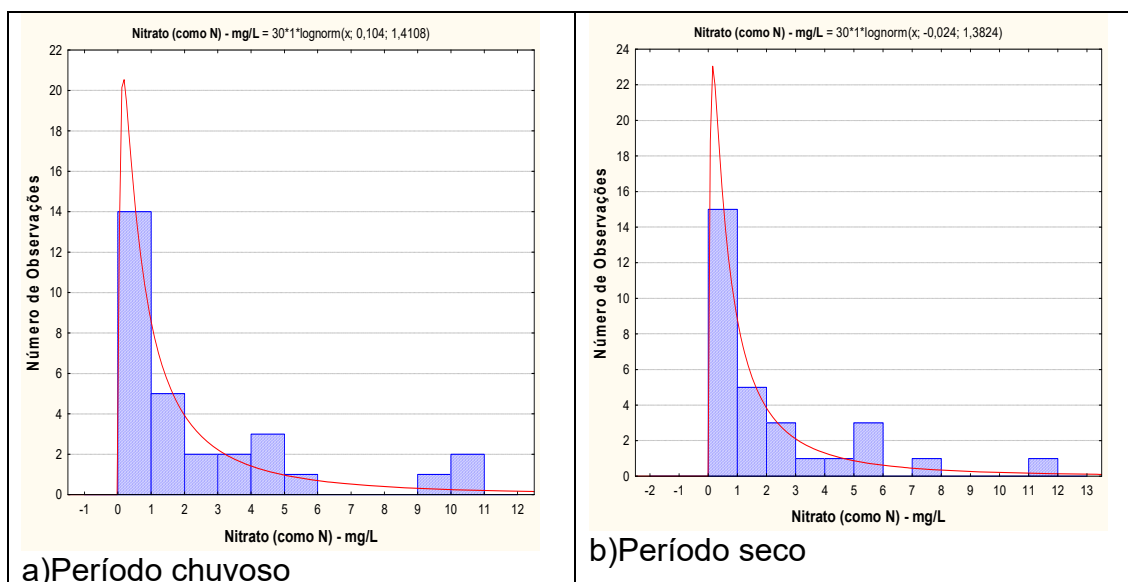
**Tabela 5.47** – Estatística descritiva do Nitrato do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (N-1) - abril de 2012 e no período seco (N-2) - outubro de 2012.

Nitrato	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
N-1	30	2,4	1,3	3,5	1,1	0,09	10,2	3,0	0,5	1,7
N-2	30	2,2	1,1	3,2	0,9	0,09	11,8	2,8	0,5	2,0

Em ambas as campanhas, 13% (4/30) das amostras apresentaram teores de nitrato abaixo do limite de detecção de 0,1 mg/L.

Dentre o total de amostras analisadas nas duas campanhas, apenas 7% (2/30) dos poços no período chuvoso e 3% (1/30) no período de estiagem, apresentaram valores que ultrapassaram o VMP de potabilidade recomendável pela Portaria MS 2914/2011, além de não serem indicadas para consumo humano e para recreação segundo a Resolução CONAMA 396/2008. Porém, todas as amostras analisadas nas duas campanhas poderiam ser utilizadas para a dessedentação animal, haja vista que não ultrapassaram os limites definidos pela Resolução citada.

Os histogramas de frequência de nitrato (**figura 5.38**), representativos dos pontos amostrados nas coletas de abril e outubro de 2012, foram modelados por uma função de distribuição de probabilidade lognormal, que permitiu estimar, com risco calculado valores de nitrato nas duas campanhas, conforme apresentado na **tabela 5.48**. Assim, é possível notar que houve uma pequena diferença nos teores de nitrato entre o período chuvoso e seco, indicando ligeira influência da sazonalidade, com valores mais altos no período chuvoso.



**Figura 5.38** – Histogramas de frequência modelados por lei lognormal de distribuição de probabilidade do Nitrato do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

Segundo Mello *et al.* (1984), o nitrato e o nitrito são substâncias químicas derivadas do nitrogênio e são encontrados de forma natural na água e no solo em baixas concentrações. A deposição de matéria orgânica no solo, como acontece quando se utiliza fossas e sumidouros, aumenta drasticamente a

quantidade de nitrogênio. Esse nitrogênio é biotransformado e por fim se transforma na substância inorgânica denominada nitrato que possui grande mobilidade no solo alcançando o manancial subterrâneo. O nitrato, por possuir essas características, se torna um ótimo indicativo para avaliar se um dado manancial subterrâneo está sendo contaminado pela atividade antrópica sobre ele exercida.

**Tabela 5.48** – Distribuição de probabilidade do Nitrato do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (N-1) - abril de 2012 e no período seco (N-2) - outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
N-1	1,110	0,338	0,182	0,109	0,061	0,042
N-2	0,976	0,305	0,166	0,100	0,057	0,039
Razão	1,137	1,110	1,096	1,085	1,072	1,064

Diante disso, fica evidente que os valores de nitrato encontrados nas águas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, superiores aos limites permitidos para consumo humano se devem a contaminação oriunda, principalmente da ausência de saneamento básico, cuja propagação é possivelmente mais fácil no período chuvoso.

#### **Zoneamento do Nitrato**

A distribuição espacial dos teores de nitrato nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, tanto no período chuvoso (**figura 5.39a**) quanto no período de estiagem (**figura 5.39b**), é caracterizada por valores compreendidos entre 0,1 a 1 mg/L, seguidos da faixa de 1 a 3 mg/L.

Apesar da maioria dos poços apresentarem valores baixos de nitrato, alguns poços ultrapassaram o limite de potabilidade estabelecido pela Portaria MS 2914/2011, a exemplo dos poços RBR28 e RBR23, na primeira coleta, e do poço RBR13 na segunda coleta, representados por manchas isoladas da última faixa de valores (>10 mg/L).

Os valores de nitrato abaixo do limite de detecção, ou seja, <0,1 mg/L, podem ser observados em alguns pontos isolados.

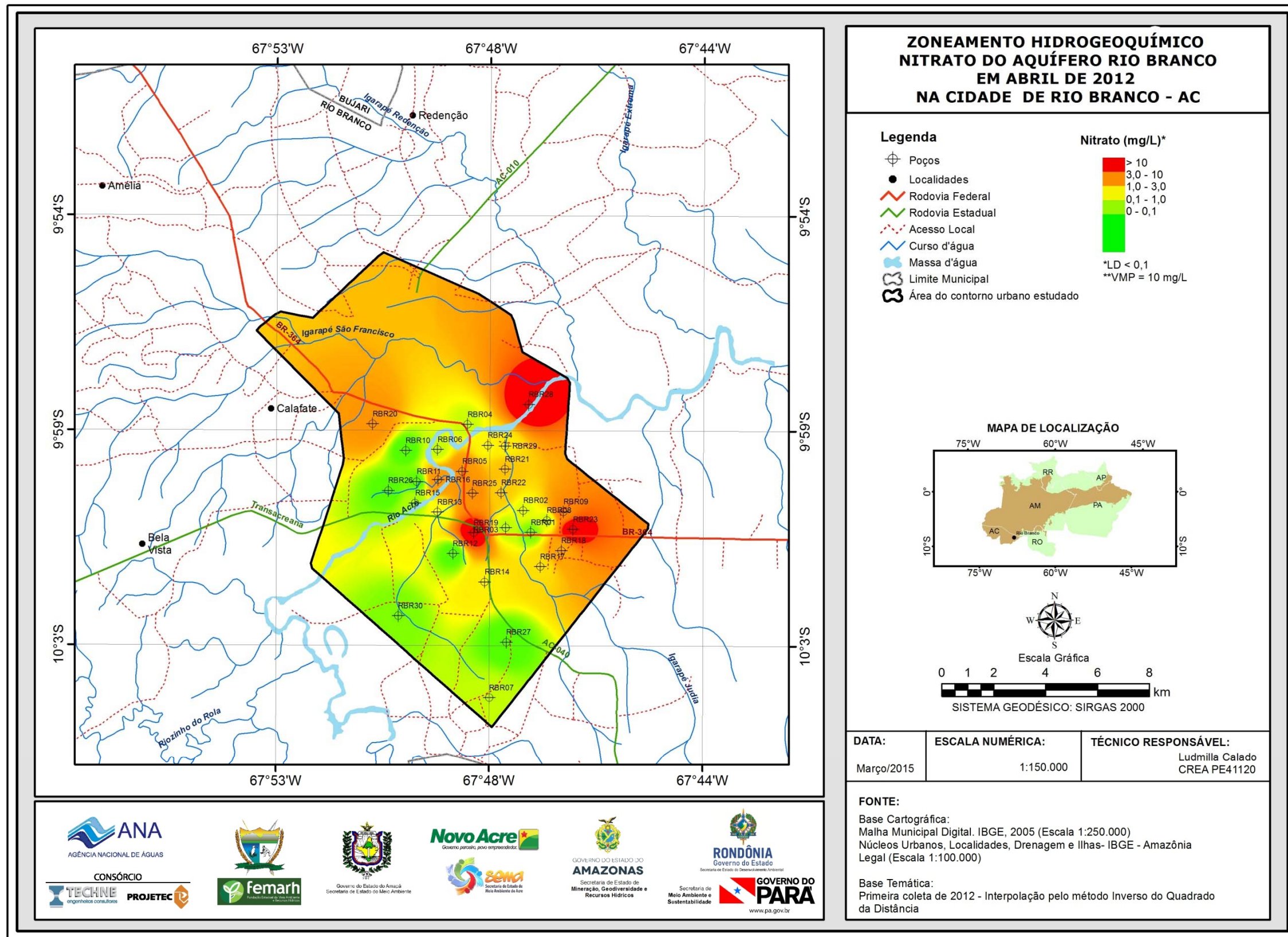


Figura 5.39a – Zoneamento de Nitrato (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.



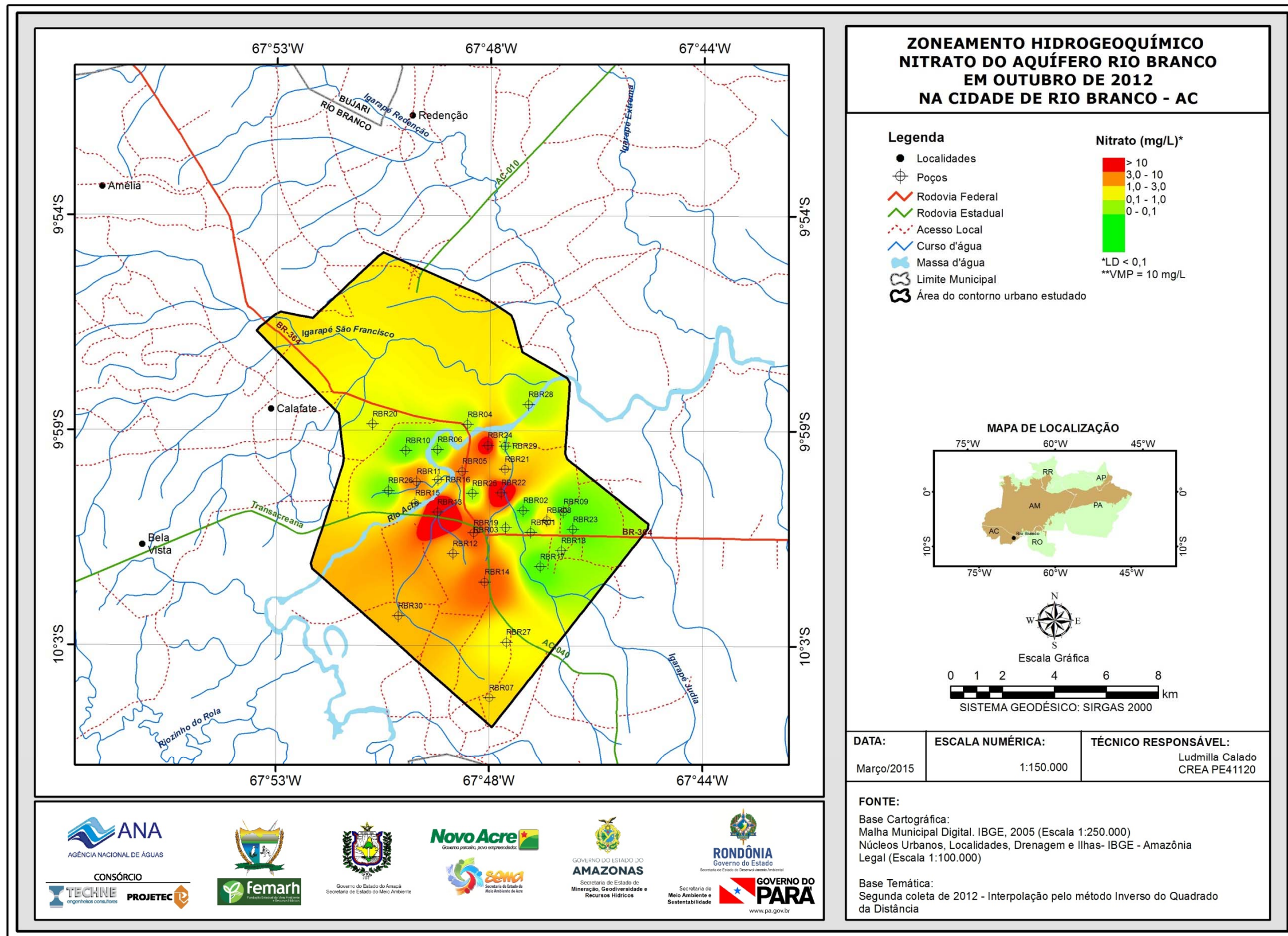


Figura 5.39b – Zoneamento de Nitrato (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

### 5.2.11.2 - Nitrito

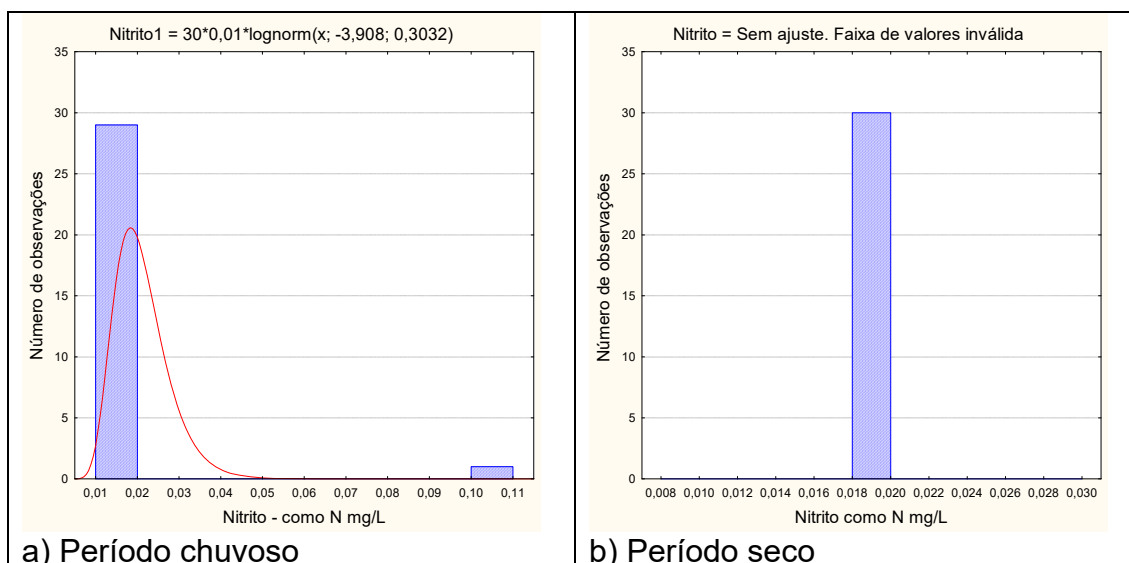
A **tabela 5.49** mostra a estatística descritiva dos teores de nitrito presentes nas águas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, nas duas campanhas de amostragem realizadas. No período chuvoso (abril de 2012), 93% (28/30) das amostras apresentaram teores de nitrito abaixo do limite de detecção, ou seja, resultados inferiores a 0,02 mg/L. No período de estiagem (outubro de 2012), 100% (30/30) dos poços amostrados tiveram concentrações de nitrito abaixo do limite de quantificação de 0,02 mg/L. Portanto, de modo geral, a ocorrência de nitrogênio sob a forma de nitrito é praticamente desprezível, haja vista que o maior valor encontrado foi de 0,133 mg/L, na primeira campanha. Todas as amostras analisadas nas duas coletas, apresentaram teores de nitrito dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria MS 2914/2011 de 1 mg/L, assim como, poderiam ser usadas para o consumo humano, dessedentação de animais, irrigação e recreação, de acordo com a Resolução CONAMA 396/2008 em relação a esse parâmetro.

**Tabela 5.49** – Estatística descritiva do Nitrito do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (N-1) - abril de 2012 e no período seco (N-2) – outubro de 2012.

Nitrito	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
N-1	30	0,022	0,016	0,028	0,019	0,019	0,133	0,015	0,003	5,477
N-2	30	0,019	0,022-2,6E-18	0,022+2,6E-18	0,019	0,019	0,019	7,06E-18	1,29E-18	-1,053

Os baixos teores de nitrito encontrados nas águas do aquífero Rio Branco são coerentes, pois de acordo com Campos & Rohlfs (2010) nas águas subterrâneas, os nitratos ocorrem em teores, geralmente, abaixo de 5 mg/L, enquanto que nitritos e amônia são ausentes, devido à velocidade com que são convertidos em nitrato pelas bactérias.

O histograma de frequência de nitrito no período chuvoso (abril de 2012) e o gráfico do período seco (outubro de 2012) podem ser visualizados na **figura 5.40**. A razão entre as estimativas feitas com diferentes níveis de risco através do modelo proposto (**tabela 5.50**) mostra um bias estatístico na média. Considerando o fato que 93% e 100%, respectivamente, na primeira e segunda campanha ficaram abaixo do LD, esse bias estatístico provavelmente não pode ser atribuído à influência da sazonalidade. Além disso, o único valor quantificável possui teor muito baixo de nitrito (0,133 mg/L), o qual não pode ser atribuído a fatores antrópicos.



**Figura 5.40** – Histograma de frequência modelados por lei lognormal de distribuição de probabilidade do Nitrito do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e gráfico no período seco – outubro de 2012.

**Tabela 5.50** – Distribuição de probabilidade do Nitrito do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (N-1) - abril de 2012 e no período seco (N-2) – outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
N-1	0,020	0,015	0,013	0,011	0,010	0,009
N-2	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
Razão	1,071	0,794	0,679	0,597	0,516	0,469

### **Zoneamento do Nitrito**

A distribuição espacial dos teores de nitrito nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (**figura 5.41a**) é caracterizada por 93% (28/30) de valores abaixo do limite de detecção de 0,02 mg/L. Os 2 (dois) poços com valores acima desse limite são o RBR18, com 0,021 mg/L, e o RBR30 com 0,133 mg/L. No período de estiagem 100% dos valores estão abaixo do limite de detecção (**figura 5.41b**).

Nenhum dos poços ultrapassou o limite de potabilidade estabelecido pela Portaria MS 2914/2011 e suas águas quanto ao parâmetro nitrito podem ser utilizadas para os usos definidos pela Resolução CONAMA 396/2008.

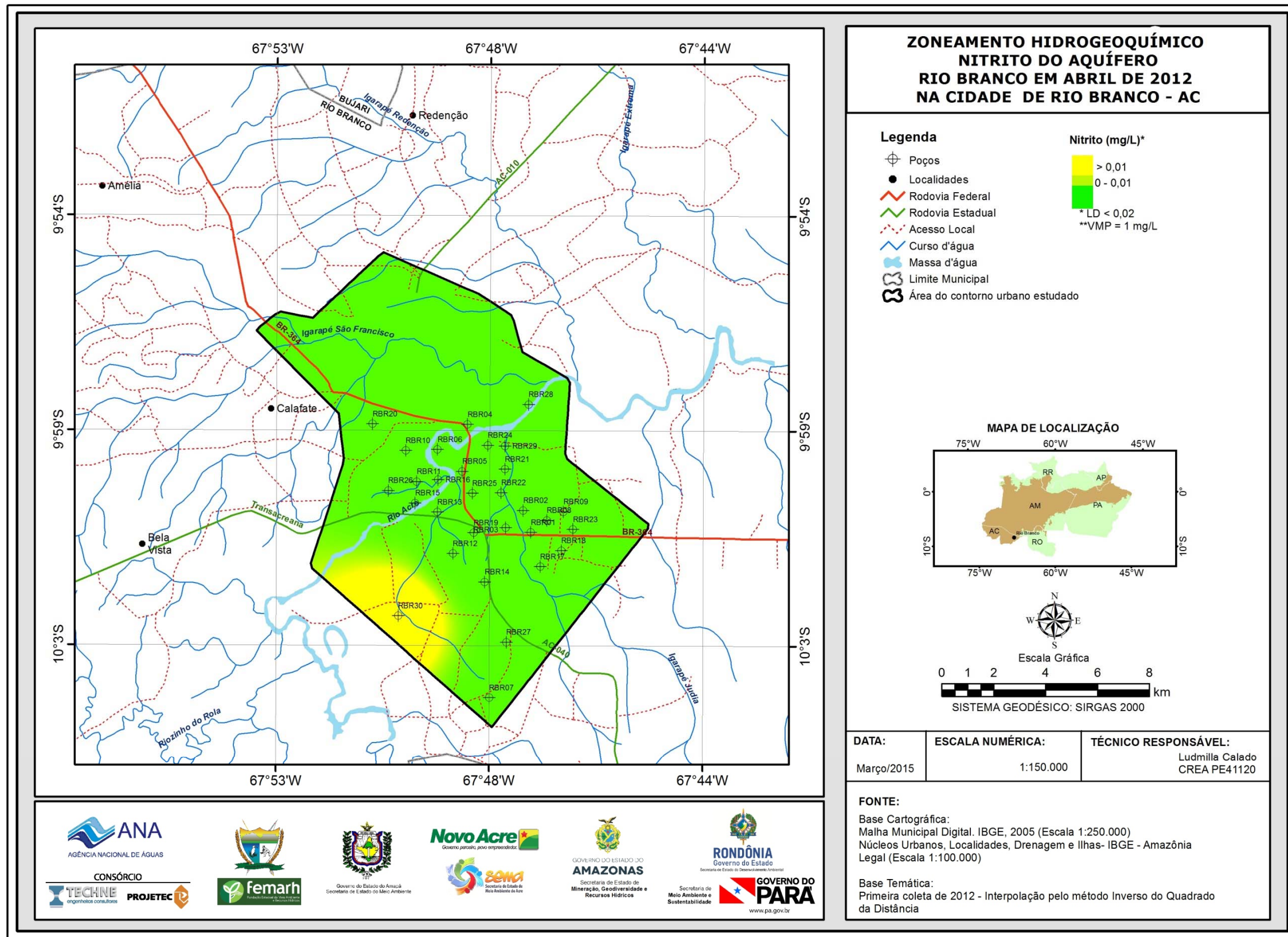


Figura 5.41a – Zoneamento de Nitrito (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

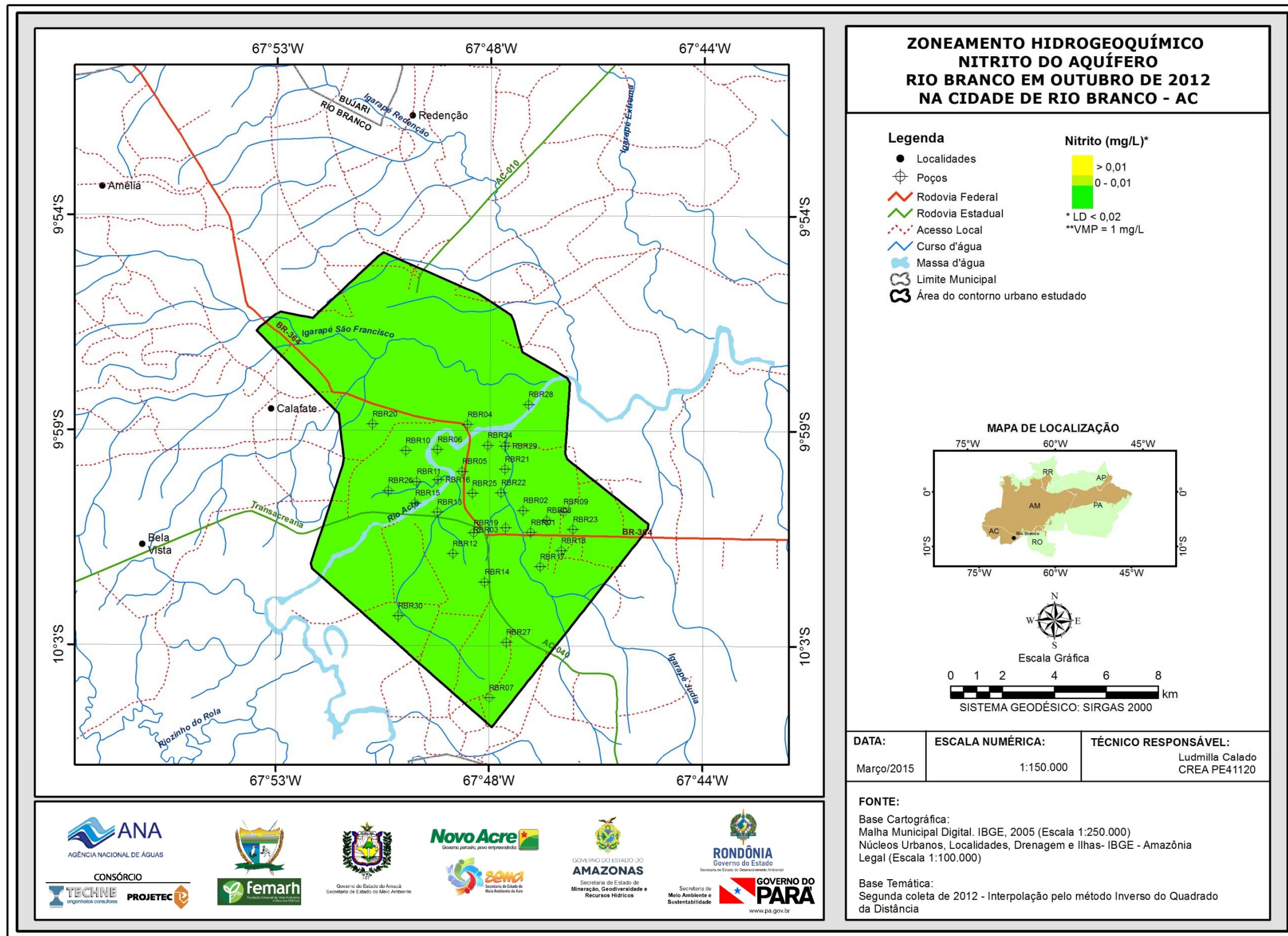


Figura 5.41b – Zoneamento de Nitrito (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

### 5.2.11.3 - Amônia

A **tabela 5.51** mostra a estatística descritiva dos teores de amônia presentes nas águas do aquífero Rio Branco, em Rio Branco, nas duas campanhas de coleta de água realizadas. No período chuvoso, as concentrações de amônia variam de 0,09 a 1,2 mg/L com média de 0,14 mg/L e mediana de 0,09 mg/L. No período seco, os teores ficaram compreendidos entre 0,09 a 0,6 mg/L, com média de 0,15 mg/L e mediana de 0,09 mg/L.

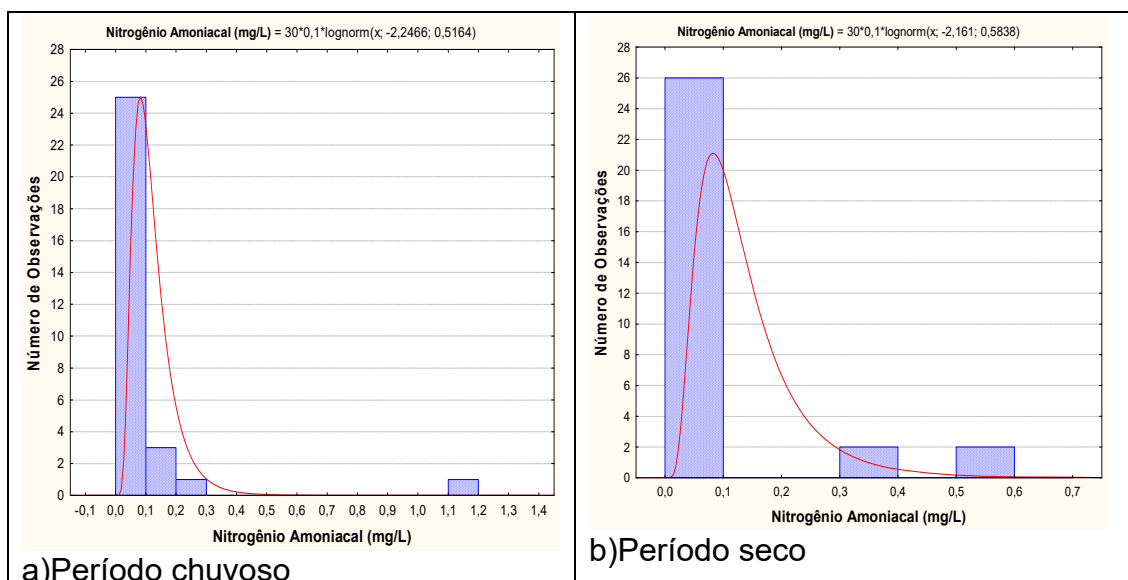
**Tabela 5.51** – Estatística descritiva da Amônia do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (A-1) - abril de 2012 e no período seco (A-2) – outubro de 2012.

Amônia	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
A-1	30	0,14	0,06	0,21	0,09	0,09	1,20	0,20	0,03	5,20
A-2	30	0,15	0,09	0,20	0,09	0,09	0,60	0,14	0,02	2,56

Na coleta de abril de 2012, 83% (25/30) das amostras apresentaram valores de amônia inferiores ao limite de detecção de 0,1 mg/L; enquanto que na coleta de outubro de 2012, 67% (20/30) dos poços tiveram resultados de amônia abaixo do limite de detecção.

Nenhuma das amostras analisadas nas duas campanhas apresentou valores que ultrapassaram o VMP recomendável pela Portaria MS 2914/2011 para consumo humano de 1,5 mg/L.

Os histogramas de frequência de amônia (**figura 5.42**), representativos dos pontos amostrados nas coletas de abril e outubro de 2012, foram modelados por uma função de distribuição de probabilidade lognormal, que permitiu estimar, com risco calculado, valores de amônia nas duas campanhas, conforme apresentado na **tabela 5.52**.



**Figura 5.42** – Histogramas de frequência modelados por lei lognormal de distribuição de probabilidade da Amônia do Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

Assim, é possível notar que não houve diferença significativa nos teores de amônia entre o período chuvoso e seco, indicando que não há influência de sazonalidade, haja vista que a razão entre os dois períodos é da ordem de 1 (um).

**Tabela 5.52** – Distribuição de probabilidade da Amônia do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (A-1) - abril de 2012 e no período seco (A-2) – outubro de 2012.

P(x≥a)	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
A-1	0,106	0,068	0,055	0,045	0,037	0,032
A-2	0,115	0,070	0,055	0,044	0,035	0,030
Razão	0,918	0,972	1,001	1,026	1,054	1,074

De acordo com Resende (2002), a amônia (NH<sub>3</sub>) originada no solo ou aplicada via fertilizantes tende a ser rapidamente convertida em amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e esse, por sua vez, é convertido em nitrato pelo processo microbiano da nitrificação.

Por esse motivo, os teores de amônia obtidos nas duas campanhas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, foram muito baixos, pois provavelmente a amônia existente proveniente dos dejetos das fossas sépticas está sendo convertida em nitrato, o que justifica alguns teores de nitrato superiores ao padrão de potabilidade permitido pela Portaria MS 2914/2011.

#### **Zoneamento da Amônia**

A distribuição espacial dos teores de amônia nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, tanto no período chuvoso (**figura 5.43a**) quanto no período de estiagem (**figura 5.43b**), é caracterizada predominantemente pela faixa de valores abaixo do limite de detecção, ou seja, <0,1 mg/L, seguido da faixa de 0,1 a 0,2 mg/L. Os valores de amônia acima dessas classes podem ser observados em algumas manchas isoladas.

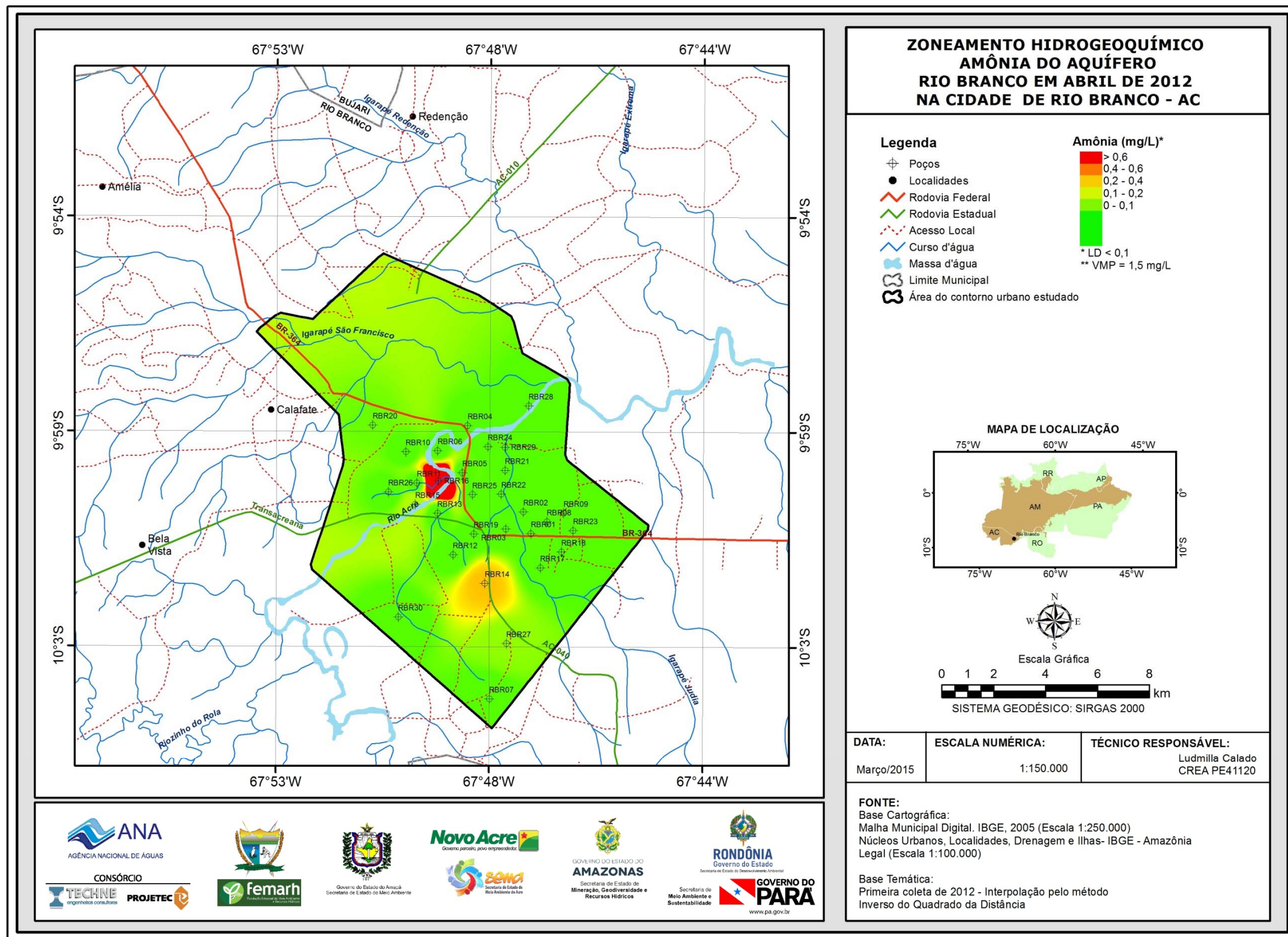


Figura 5.43a – Zoneamento da Amônia (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.



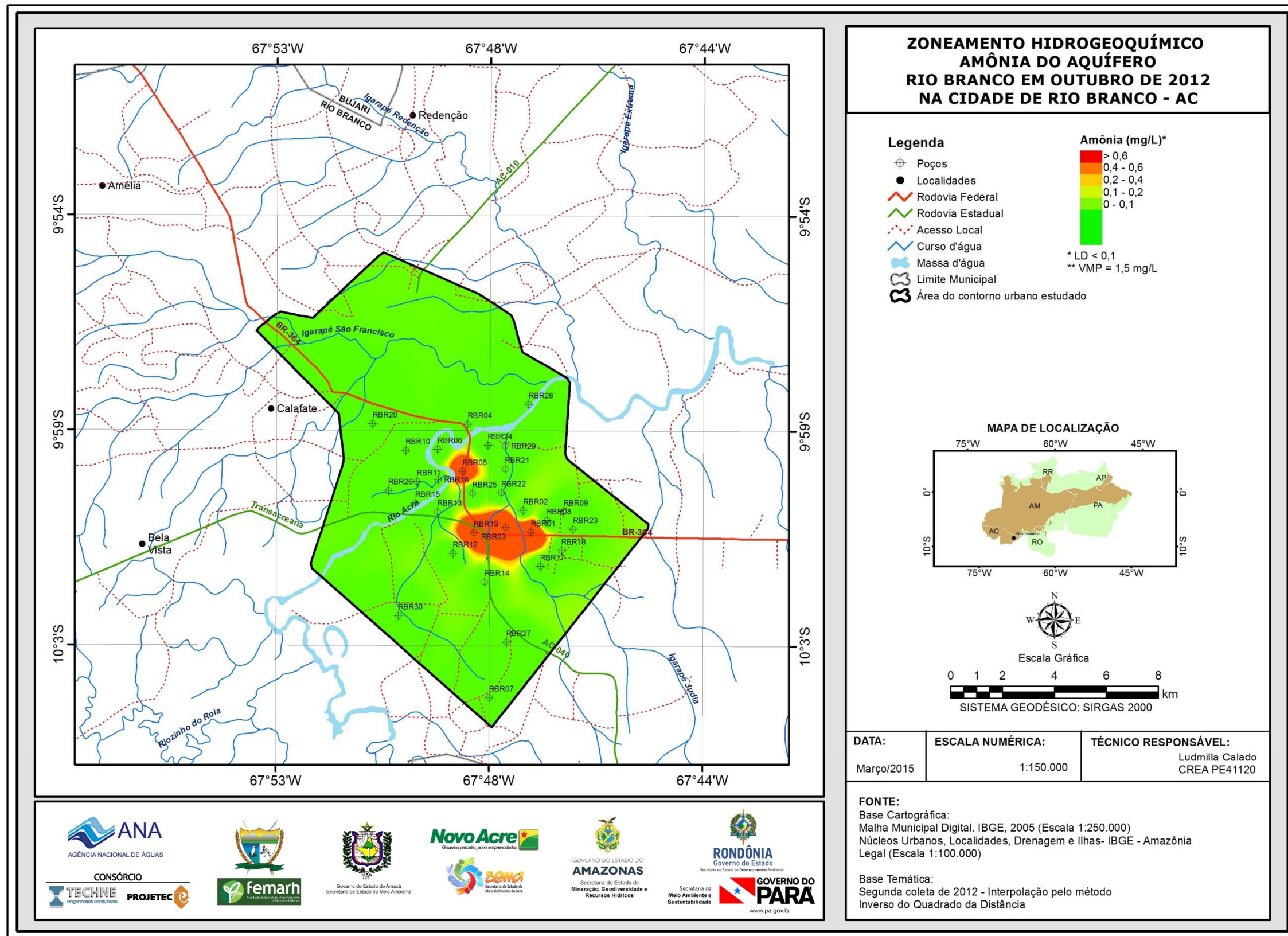


Figura 5.43b – Zoneamento da Amônia (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

## 5.2.12 – Ferro e Manganês

Ferro e manganês são elementos que apresentam comportamento químico muito parecido na natureza e, em virtude de afinidades geoquímicas quase sempre ocorrem juntos.

As fontes de ferro são minerais escuros (máficos) portadores de Fe: magnetita, biotita, pirita, piroxênios e anfibólios. No estado ferroso ( $Fe^{2+}$ ) forma compostos solúveis, principalmente hidróxidos. Em ambientes oxidantes o  $Fe^{2+}$  passa a  $Fe^{3+}$  dando origem ao hidróxido férrico, que é insolúvel e se precipita, tingindo fortemente a água. Não apresentam inconveniente à saúde nas concentrações normalmente encontradas, mas águas com altas concentrações desses metais lhe conferem coloração amarelada, acarretando sabor amargo e adstringente (Parron *et al.*, 2011).

A presença do manganês se deve a óxidos e hidróxidos, tais como hornblenda e biotita. Elemento principal da rodocrosita. É detectável em pequenas quantidades na água subterrânea, concentrações acima de 1 mg/L são raras, mas valores como 0,05 mg/L terão efeito adverso na potabilidade da água (Celligoi, 1999).

O ferro e o manganês estão presentes nas formas insolúveis numa grande quantidade de solos. Na ausência de oxigênio dissolvido como, por exemplo, água subterrânea ou fundo de lagos, eles se apresentam na forma solúvel. Caso a água contendo as formas reduzidas de ferro e manganês seja exposta ao ar atmosférico, o ferro e o manganês voltam a se oxidar às suas formas insolúveis (Schwarzbach & Morandi, 2000).

A Portaria MS 2914/2011 estabeleceu limites máximos de padrão organoléptico de potabilidade para ferro e manganês, como sendo o de 0,3 mg/L e 0,1 mg/L, respectivamente.

A Resolução CONAMA 396/2008 também estabeleceu limites máximos aceitáveis para esses parâmetros, de acordo com os usos considerados preponderantes, como pode ser observado na **tabela 5.53**.

**Tabela 5.53** - Valores Máximos Permitidos (VMP) de ferro e manganês para os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008).

Parâmetro	Usos Preponderantes da Água			
	Consumo Humano ( $\mu g.L^{-1}$ )	Dessedentação Animal ( $\mu g.L^{-1}$ )	Irrigação ( $\mu g.L^{-1}$ )	Recreação ( $\mu g.L^{-1}$ )
Ferro	300	-	5.000	300
Manganês	100	50	200	100

Nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco na cidade de Rio Branco, foram encontrados, nas duas campanhas de amostragem realizadas no ano de 2012 no Projeto PHA, teores muito elevados desses metais. A principal razão para as altas concentrações detectadas é o intemperismo químico regional, resultante da alta pluviosidade, elevadas temperaturas e acidez das águas, que ao longo do tempo geológico causaram a decomposição das rochas com remoção de muitos dos seus elementos químicos, como o potássio, o sódio, o cálcio e outros, lixiviando os solos e deixando outros elementos como o ferro e o manganês, após dissolução inicial, presentes em forma solúvel ou

consolidados como óxidos e hidróxidos em um processo que chega a formar carapaças de laterita e de minério de manganês.

### 5.2.12.1 – Ferro

A estatística descritiva dos teores de ferro nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, em Rio Branco (**tabela 5.54**) mostra, no período chuvoso, valores compreendidos entre 0,02 e 10,17 mg/L, com média de 1,65 mg/L e mediana de 0,32 mg/L. No período seco, os teores variaram de 0,04 mg/L a 24,63 mg/L, com média de 2,75 mg/L e mediana de 0,4 mg/L.

**Tabela 5.54** – Estatística descritiva do Ferro do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Fe-1) - abril de 2012 e no período seco (Fe-2) - outubro de 2012.

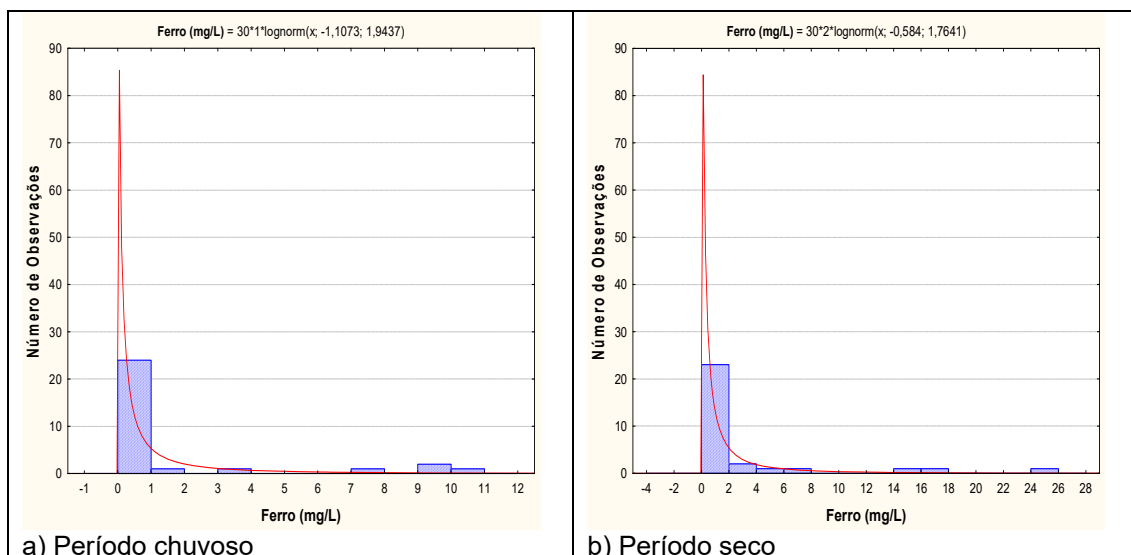
Fe	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
Fe-1	30	1,65	0,50	2,81	0,32	0,02	10,17	3,09	0,56	2,18
Fe-2	30	2,75	0,57	4,94	0,40	0,04	24,63	5,86	1,07	2,82

Dentre o total de amostras analisadas nas duas campanhas, 53% (16/30) dos poços no período chuvoso e 57% (17/30) no período de estiagem, apresentaram valores que ultrapassaram o VMP de potabilidade recomendável pela Portaria MS 2914/2011, além de não serem indicadas para consumo humano e para recreação, segundo a Resolução CONAMA 396/2008.

Além disso, cerca de 13% (4/30), dos poços amostrados nas duas coletas apresentaram teores de ferro que ultrapassaram os limites recomendados para irrigação, de acordo com a Resolução CONAMA 396/2008.

Os histogramas de frequência de ferro (**figura 5.44**), representativos dos pontos amostrados nas coletas de abril e outubro de 2012, foram modelados por uma função de distribuição de probabilidade lognormal. Essa função permitiu estimar com risco calculado, os valores de ferro no aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco (**tabela 5.55**), onde se verificou que os valores do período seco são maiores do que os do período chuvoso, o que reflete alguma influência de sazonalidade, pois a razão das duas campanhas é inferior a 1 (um).

No caso de Rio Branco, os valores de ferro mais elevados na estiagem são consistentes, pois a zona de aeração, que no período chuvoso se encontra quase totalmente saturada por águas de infiltração em movimento, volta a ter espaços vazios preenchidos por oxigênio, o que, conseqüentemente, eleva o valor de Eh produzindo a oxidação do ferro.



**Figura 5.44** – Histogramas de frequência modelados pela função lognormal de distribuição de probabilidade de ocorrência de Ferro no Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

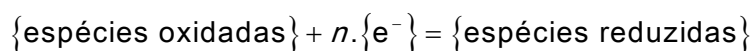
**Tabela 5.55** – Distribuição de probabilidade do Ferro do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Fe-1) - abril de 2012 e no período seco (Fe-2) - outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
Fe-1	0,330	0,064	0,027	0,014	0,006	0,004
Fe-2	0,558	0,126	0,058	0,031	0,015	0,009
Razão	0,593	0,509	0,471	0,441	0,410	0,390

### **Os altos teores de ferro dissolvido na água subterrânea em Rio Branco**

Em primeiro lugar convém fazer uma distinção entre os “processos de intemperismo” das rochas na região amazônica, que ocorrem desde, pelo menos, do Neomioceno até o presente, e respondem pela formação de depósitos de concentração residual (por exemplo, laterita, bauxita), e os “processos redox”, graças aos quais, o alumínio e o ferro residuais do intemperismo (insolúveis em água), podem ser transportados em solução. Ou seja, os altos teores de ferro dissolvido na água subterrânea não resultam diretamente do processo de intemperismo químico das rochas, mas das condições de pH e Eh em águas ácidas reduzidas.

Segundo Merkel & Friedrich (2008) as equações de oxi-redução ou redox desempenham um papel importante em todas as interações presentes em sistemas aquosos. Uma reação redox é considerada como uma transferência de elétrons e obedece à seguinte reação geral:

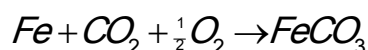


$n$  = número de elétrons ( $e^{-}$ ).

Na Amazônia as águas superficiais são ácidas e constituem um dos principais agentes do intemperismo químico. A acidez dessas águas pode resultar da

oxidação de sulfetos (pirita), gerando  $H_2SO_4$  (ácido sulfúrico); da dissolução do dióxido de carbono da atmosfera, formando  $H_2CO_3$  (ácido carbônico) diluído; da presença de ácidos húmicos gerados por processos biológicos de degradação da matéria orgânica nos solos.

O ferro aparece principalmente em águas subterrâneas devido à dissolução do minério (resíduo do intemperismo das rochas) pelo gás carbônico da água, conforme a equação:



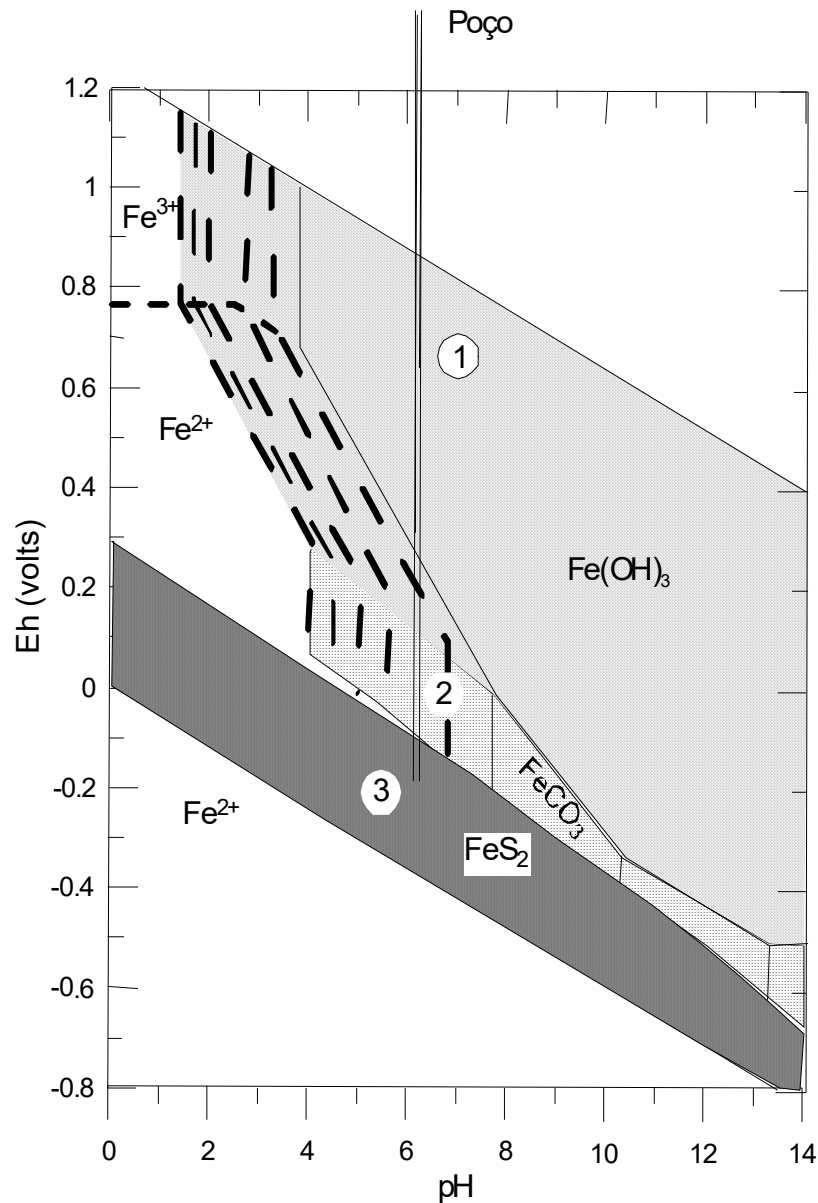
O carbonato ferroso é solúvel e frequentemente encontrado em águas de poços contendo elevados níveis de concentração (CETESB, 2009).

Portanto, a explicação para os elevados teores de ferro dissolvido nas águas subterrâneas em Rio Branco é que eles resultam de reações de oxidação-redução, como fica demonstrado pela modelagem do equilíbrio do ferro nas águas subterrâneas (Snoeyink & Jenkins, 1980), através de um diagrama pH-Eh incluindo a interação de espécies do ferro com sulfeto e bicarbonato. Esse diagrama também é chamado de diagrama de estabilidade ou diagrama de espécies predominantes para cada sistema redox.

A solubilidade do ferro em relação a pH e Eh a 25°C e 1 atm é ilustrada no diagrama da **figura 5.45**, segundo Hem (1960). A figura foi desenhada para uma concentração molar especificada de carbono inorgânico total ( $C_{T,CO_3} = 10^{-3} M$ ) e um teor de enxofre inorgânico total ( $C_{T,S} = 10^{-4} M$ ). Notar que a região do hidróxido ferroso ( $Fe(OH)_2$ ) foi reduzida de tamanho pelas espécies  $FeS_2$  (dissulfeto de ferro) e  $FeCO_3$  (carbonato ferroso). Outra feição desse particular diagrama é a apresentação de diversos limites entre fases sólidas e em solução, cada uma representando uma concentração diferente de ferro permissível. Esses limites variam de 10 M (570 g de Fe/litro) a  $10^{-5} M$  (0,57 mg de Fe/litro).

Para um dado pH constante, o diagrama revela uma região superior de  $Fe(OH)_3$  (hidróxido férrico), uma região intermediária de  $FeCO_3$  (carbonato ferroso) e uma região inferior de  $FeS_2$  (dissulfeto de ferro).

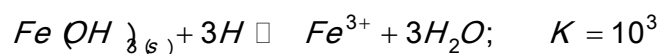
Esse diagrama e suas regiões pode ser visualizado, ao longo da vertical, como um “poço virtual” tendo 3 (três) entradas de água, indicadas como 1, 2 e 3 (**figura 5.45**).



**Figura 5.45** – Diagrama pH-Eh ilustrando a solubilidade do ferro em relação a pH, em 3 (três) zonas, para  $C_{T,S} = 10^{-4} M$ ;  $C_{T,CO_3} = 10^{-3} M$ , segundo Hem (1960). Adaptado de Snoeyink & Jenkins (1980).

### Região Superior

A primeira entrada seria equivalente à de um poço raso que tivesse a sua fonte de água na zona de aeração ou insaturada. Nessa zona, o ferro está quase em equilíbrio com o oxigênio da atmosfera e o seu teor na água é governado pela reação da mesma com o óxido de ferro sólido,  $Fe(OH)_3(s)$ . O teor de ferro na água é, portanto, governado pelo equilíbrio:



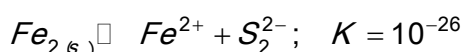
A equação para o teor de ferro (mol/L) em função do pH é dada por:

$$\log[Fe^{3+}] = 4 - 3pH$$

Logo, nessa região, para um pH de 5, a concentração de ferro em equilíbrio na solução será de apenas  $10^{-11}M$  (0,0057  $\mu g$  de  $Fe^{3+}/L$ ). Aí as águas têm baixo pH porque elas se encontram na zona biologicamente ativa do solo, onde existe uma considerável produção de  $CO_2$ .

### **Região Inferior**

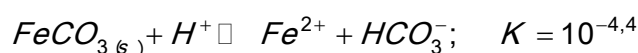
A terceira entrada seria para um poço profundo que capta água que está em equilíbrio com o mineral pirita  $FeS_{2(s)}$ . Nessa zona aquífera o ferro se encontra na forma de ferroso e o enxofre na forma de sulfeto, precipitando dissulfeto de ferro. O teor de ferro da água do poço seria controlado pela reação:



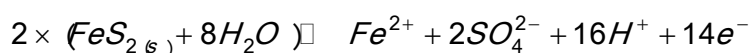
Essa reação, caso o  $S_2^{2-}$  seja a única espécie, produzirá um teor de ferro em solução inferior a 1  $\mu g$  de  $Fe^{2+}/L$ . Ou seja, águas desse tipo apresentam baixo teor de ferro e de sulfato.

### **Região Intermediária**

A segunda entrada de água do poço se encontra numa zona intermediária entre as regiões do óxido de ferro III e do dissulfeto de ferro. Essa zona é a do carbonato ferroso ( $FeCO_{3(s)}$ ) e o mineral que controla a concentração de ferro dissolvido é geralmente o mineral siderita.



As águas nessa região apresentam altos teores de ferro dissolvido em comparação com as duas outras zonas para um dado pH. Além disso, nessa zona ocorre um aumento na concentração de sulfato na água do poço porque a formação dessa região pode ser tratada como uma oxidação do sulfeto de ferro ( $FeS_{2(s)}$ ) para sulfato ferroso.



No que concerne à qualidade da água, essa modelagem traz importante contribuição para o projeto e construção de poços. Por exemplo, a água de poços na zona de  $Fe(OH)_3(s)$  apresenta altos teores de  $CO_2$  e baixos valores de pH, sendo potencialmente corrosiva. Em poços perfurados que penetram na zona de  $FeS_{2(s)}$  o revestimento deve se estender até abaixo da mesma, para evitar o contato com o oxigênio. Além disso, o próprio revestimento nessa zona deve ser cimentado para evitar a corrosão.

### **Zoneamento do Ferro**

O teor de ferro nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, no período chuvoso (abril de 2012) e no período de estiagem (outubro de 2012), mostrado respectivamente pela **figura 5.46a** e **figura 5.46b**, se distribui em 5 (cinco) faixas, sendo três principais: a primeira, com valores <0,1 mg/L; a segunda e mais importante faixa, com valores abaixo do VMP de 0,3 mg/L; e a terceira, com teores acima do VMP.

Nota-se que nas duas campanhas, os teores de ferro são elevados, e alguns pontos ultrapassam o VMP recomendado pela Portaria MS 2914/2011, inclusive com valores extremos acima de 8 mg/L, representados por manchas isoladas.



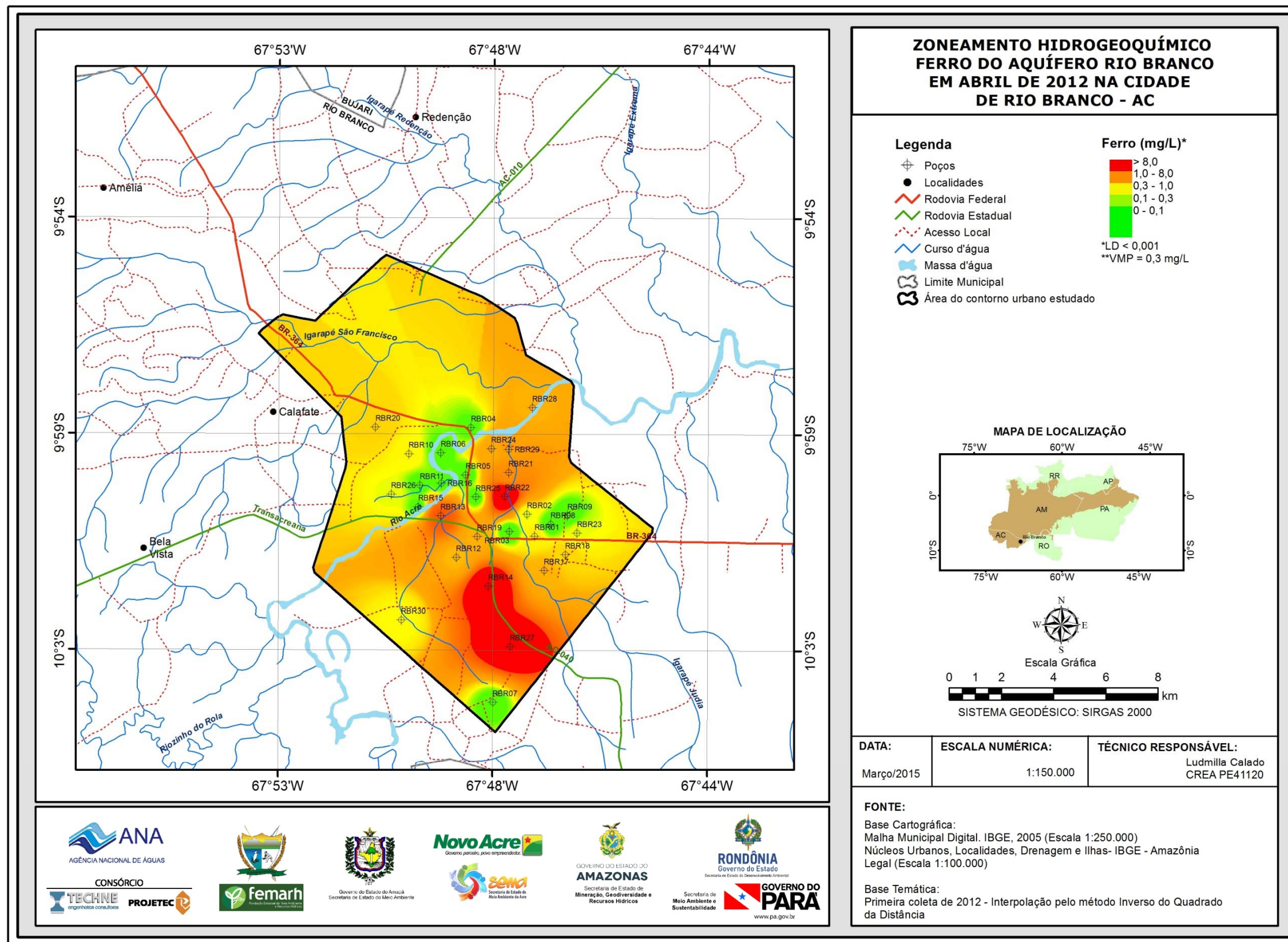


Figura 5.46a – Zoneamento de Ferro (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.

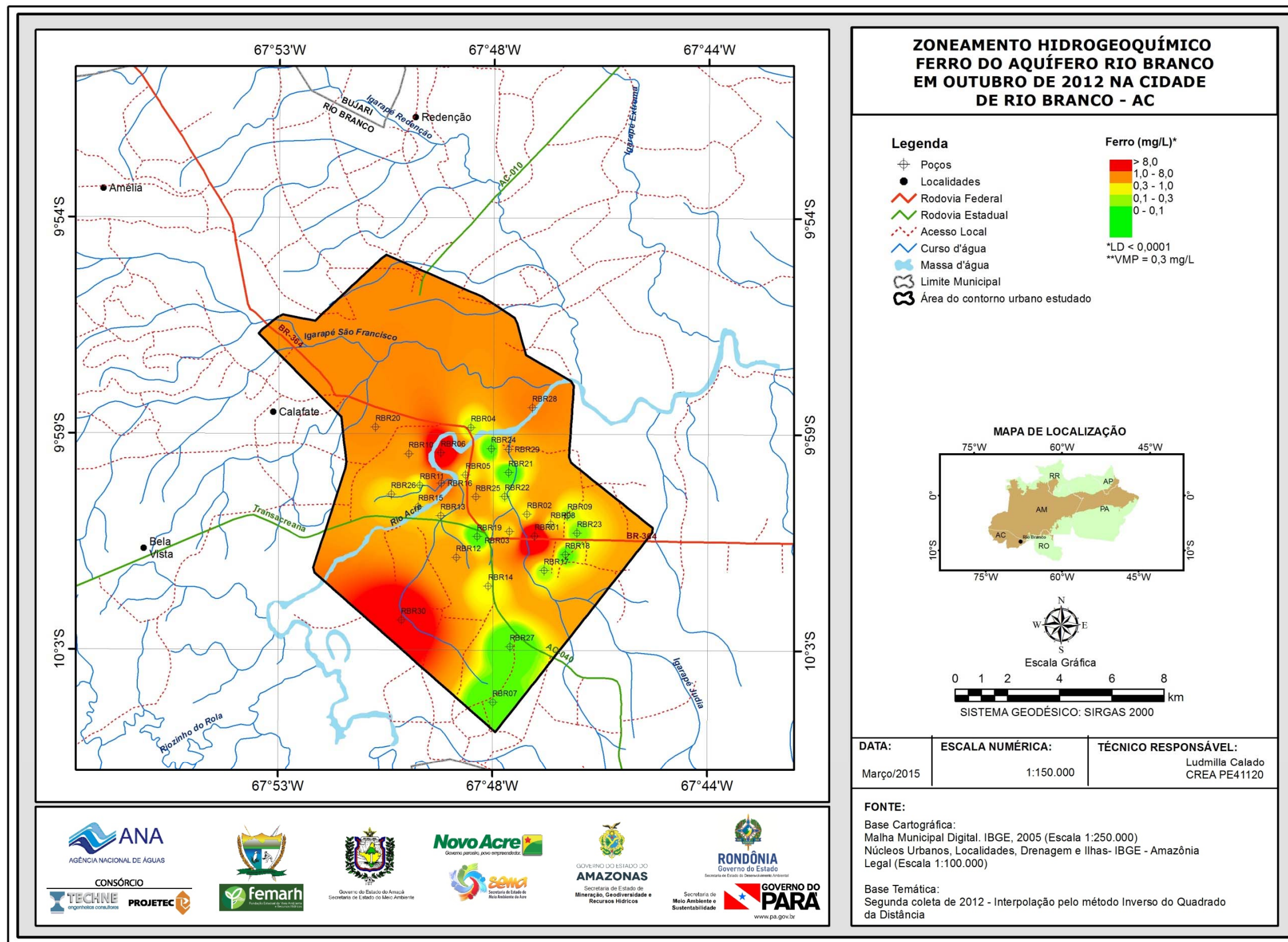


Figura 5.46b – Zoneamento de Ferro (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco - AC.

### 5.2.12.2 – Manganês

A estatística descritiva das concentrações de manganês nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, em Rio Branco (**tabela 5.56**), revela que os teores de manganês no período chuvoso variam de 0,002 a 3,41 mg/L, com média de 0,36 mg/L e mediana de 0,13 mg/L. No período seco, o valor mínimo de 0,002 mg/L e o máximo de 3,99 mg/L, sendo a média igual a 0,44 mg/L e a mediana de 0,12 mg/L.

**Tabela 5.56** – Estatística descritiva do Manganês no Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Mn-1) - abril de 2012 e no período seco (Mn-2) - outubro de 2012.

Mn	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
Mn-1	30	0,36	0,12	0,60	0,13	0,002	3,41	0,63	0,12	4,10
Mn-2	30	0,44	0,12	0,75	0,12	0,002	3,99	0,85	0,16	3,44

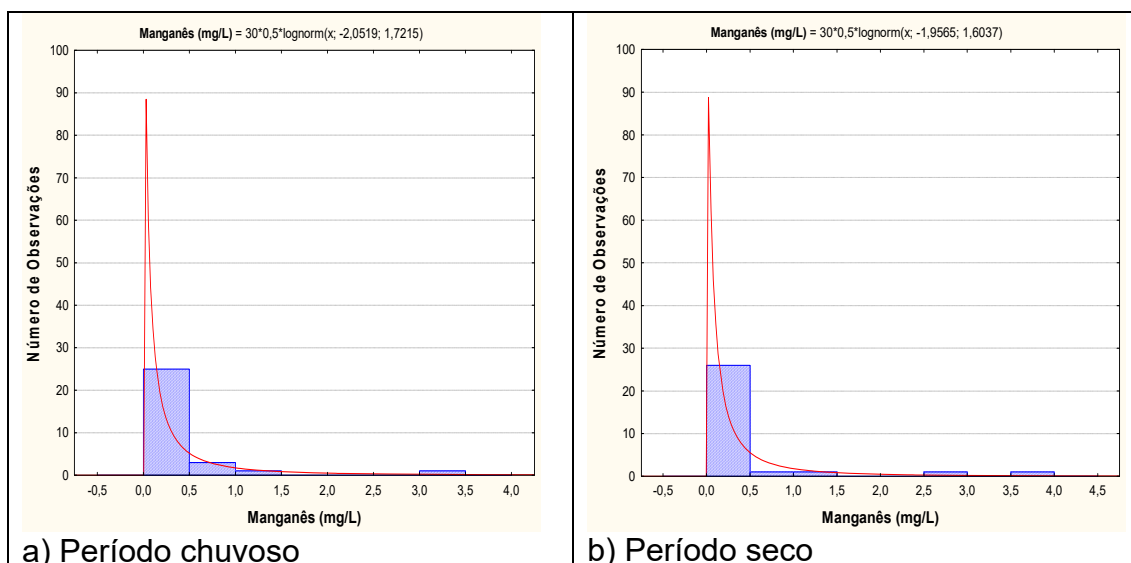
Em ambas as campanhas, observou-se a ocorrência de 57% de valores (17/30) acima do VMP de 0,1 mg/L estabelecido pela Portaria MS 2914/2011, bem como, a não indicação dessas águas para consumo humano e para recreação segundo a Resolução CONAMA 396/2008.

Além disso, cerca de 87% (26/30) dos poços amostrados no período chuvoso, e 80% (24/30) dos poços no período de estiagem apresentaram teores de manganês que ultrapassaram os limites recomendados para dessedentação animal, de acordo com a Resolução CONAMA 396/2008.

Com relação ao uso das águas do aquífero Rio Branco para irrigação, verificou-se que 47% (14/30) das amostras no período chuvoso e 43% (13/30) dos poços no período seco, ultrapassaram os limites de 0,2 mg/L definidos na resolução CONAMA 396/2008.

Os histogramas de frequência de manganês (**figura 5.47**), representativos dos pontos amostrados nas coletas de abril e outubro de 2012, foram modelados por uma função de distribuição de probabilidade lognormal. Essa função permitiu estimar com risco calculado, os valores de manganês no aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco (**tabela 5.57**), onde se verificou que os valores do período seco são maiores do que os do período chuvoso, o que reflete alguma influência de sazonalidade, pois a razão das duas campanhas é inferior a 1 (um).

Isso é justificável, pois a maior presença de oxigênio na zona não saturada no período de estiagem dá lugar a oxidações do manganês, aumentando a sua concentração na zona saturada.



**Figura 5.47** – Histogramas de frequência modelados pela lei lognormal de distribuição de probabilidade do Manganês no Aquífero Rio Branco, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

De acordo com Feitosa *et al.* (2008), o manganês frequentemente está presente com baixos teores, <0,2 mg/L em quase todas as águas naturais, sendo mais abundante nas águas ácidas. Isso corrobora com os dados do aquífero Rio Branco, onde no período de estiagem, as águas são mais ácidas, com pH médio de 4,7, e conseqüentemente ocorrem teores mais elevados de manganês quando comparados ao período chuvoso.

**Tabela 5.57** – Distribuição de probabilidade do Manganês do Aquífero Rio Branco no período chuvoso (Mn-1) - abril de 2012 e no período seco (Mn-2) - outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
Mn-1	0,128	0,030	0,014	0,008	0,004	0,002
Mn-2	0,141	0,037	0,018	0,010	0,005	0,003
Razão	0,91	0,82	0,78	0,75	0,71	0,69

### **Zoneamento de Manganês**

A distribuição espacial do teor de manganês nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, tanto no período chuvoso (abril de 2012) quanto no período seco (outubro de 2012), apresentada respectivamente na **figura 5.48a** e **figura 5.48b**, revela a existência de duas faixas predominantes, até 0,1 mg/L, ou seja, valores abaixo do VMP; e de 0,1 a 0,3 mg/L, valores acima do VMP estabelecido pela Portaria MS 2914/2011. Os poços com teores acima dessas faixas podem ser visualizados em manchas esparsas.

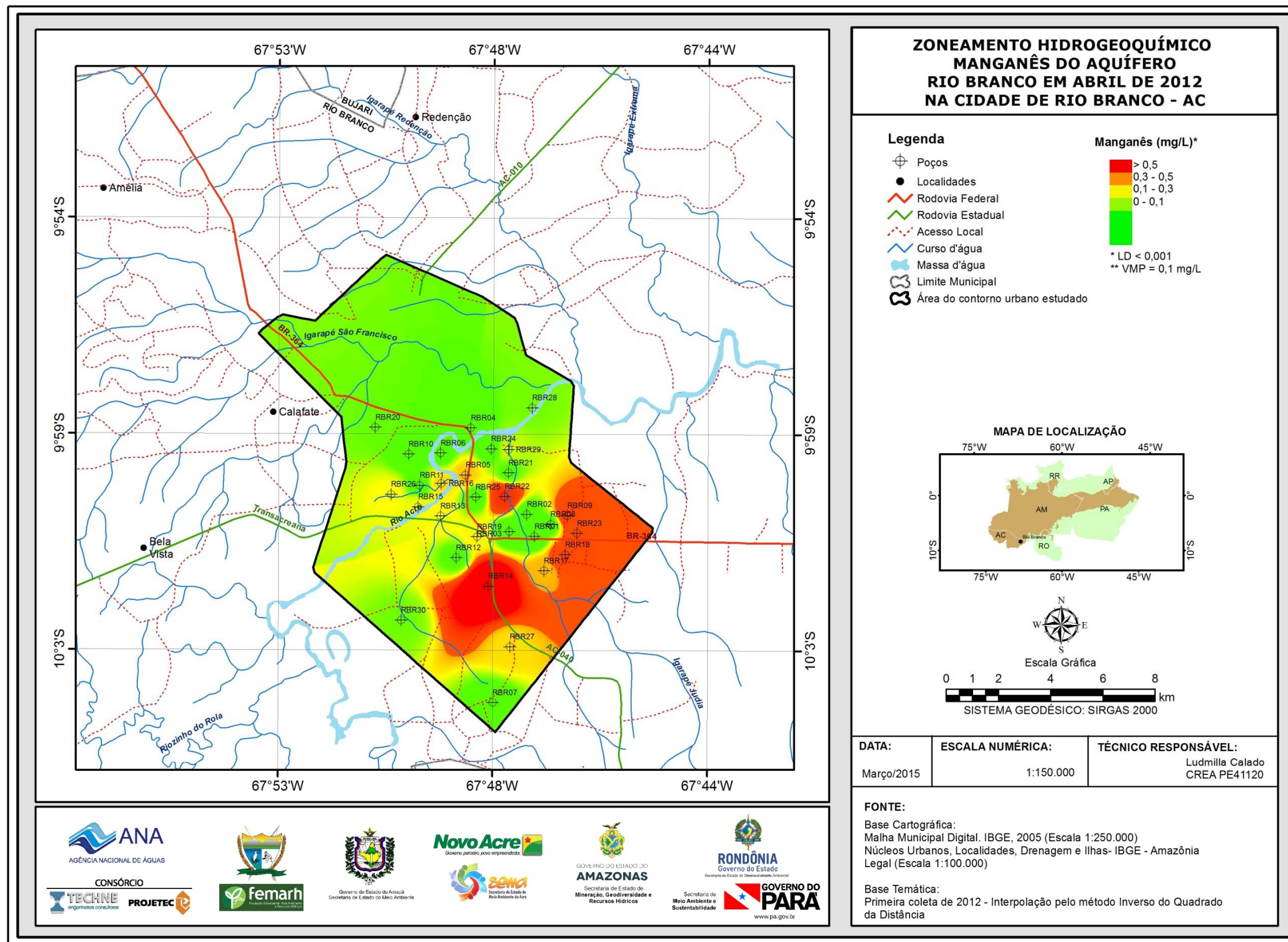


Figura 5.48a – Zoneamento de Manganês (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco - AC.

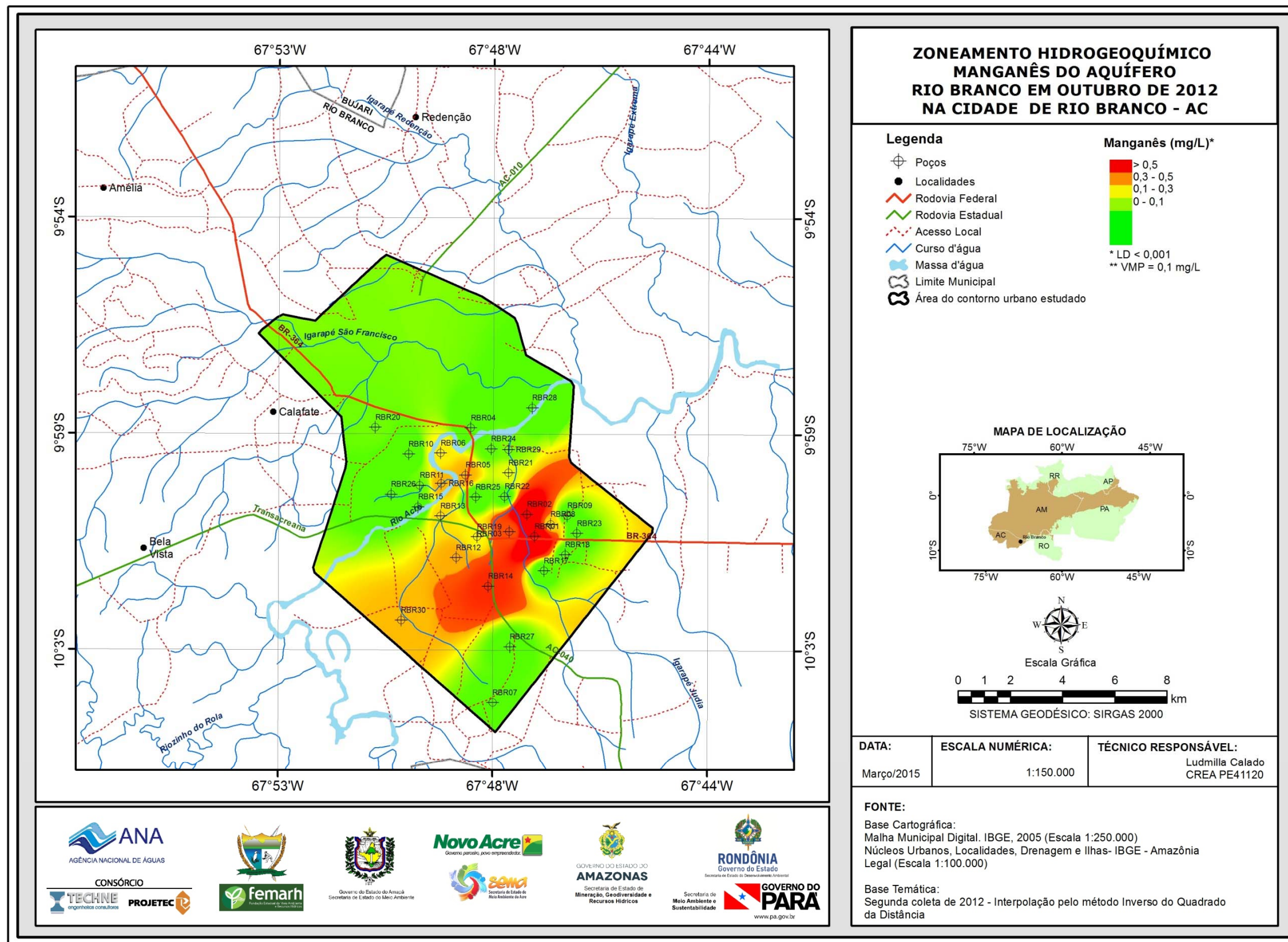


Figura 5.48b – Zoneamento de Manganês (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco - AC.

### 5.2.13 – Metais Pesados

Os resultados analíticos de metais pesados das amostras de água do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, coletadas durante a segunda campanha de amostragem realizada em outubro de 2012, podem ser observados no **anexo 7.3.3**. Os metais pesados analisados foram: Arsênio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel e Zinco. Como esses parâmetros apresentam risco à saúde humana, a Portaria MS 2914/2011 estabeleceu limites máximos de padrão de potabilidade (**tabela 5.58**).

**Tabela 5.58** - Valores Máximos Permitidos (VMP) de Arsênio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel e Zinco, segundo a Portaria MS 2914/2011.

Parâmetro	VMP (mg/L)
Arsênio	0,01
Bário	0,7
Cádmio	0,005
Chumbo	0,01
Cobre	2,0
Cromo	0,05
Mercúrio	0,001
Níquel	0,07
Zinco	5,0

A Resolução CONAMA 396/2008 também estabeleceu limites máximos aceitáveis para esses parâmetros, de acordo com os usos considerados preponderantes, como pode ser observado na **tabela 5.59**.

**Tabela 5.59** - Valores Máximos Permitidos (VMP) de Arsênio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel e Zinco para os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008).

Parâmetro	Usos Preponderantes da Água			
	Consumo Humano ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Dessedentação Animal ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Irrigação ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Recreação ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )
Arsênio	10	200	-	50
Bário	700	-	-	1000
Cádmio	5	50	10	5
Chumbo	10	100	5000	50
Cobre	2000	500	200	1000
Cromo	50	1000	100	50
Mercúrio	1	10	2	1
Níquel	20	1000	200	100
Zinco	5000	24000	2000	5000

### **Arsênio**

Presente na matéria orgânica, em quase todos os sulfetos metálicos e encontra-se ainda dissolvido nas águas naturais. Ocorre na natureza em quantidades reduzidas, aproximadamente 0,00005%. As fontes naturais de arsênio são principalmente as jazidas de metais, onde o elemento se encontra na forma de arsenita ( $\text{AsO}_4^{-3}$ ). Nas águas subterrâneas, as concentrações de arsênio são comumente abaixo de 0,1 mg/L, porém em águas de poços petrolíferos e em águas minerais ocorrem concentrações de até 4 mg/L. O arsênio é muito perigoso à saúde pública, basta uma pequena ingestão de 100 mg para envenenar seriamente o organismo humano. Por ser carcinógeno o seu limite de aceitação é de 0,01 mg/L (Feitosa *et al.*, 2008).

Todos os 10 (dez) poços amostrados no aquífero Rio Branco, na segunda campanha realizada em outubro de 2012, apresentaram valores de arsênio abaixo do limite de detecção, ou seja, resultados <0,001 mg/L.

### **Bário**

O bário metálico é um elemento químico tóxico que pode ser encontrado no mineral barita e todos os seus compostos que são solúveis em água são venenosos. A barita é muito usada em fluidos para a perfuração de poços de petróleo.

Nas 10 (dez) análises de amostras de água, do aquífero Rio Branco, em Rio Branco, foi detectada a presença de bário, onde os teores variaram de 0,0045 a 0,1265 mg/L, porém os teores encontrados estão abaixo do limite estabelecido pela Portaria MS 2914/2011, não oferecendo riscos para a saúde humana. Além disso, todas as análises indicam que as águas do aquífero Rio Branco podem ser utilizadas para o consumo humano e recreação, segundo padrões da resolução CONAMA 396/2008.

### **Cádmio**

Metal relativamente raro na natureza, encontrado principalmente nos minerais de zinco, tais como, blenda, calamina, smithsonita e hidrozincita, em porcentagens que variam de 0,1 a 0,3%. Nas águas subterrâneas exibe teores inferiores a 20 mg/L. É muito tóxico para a saúde do homem, tendo ação cumulativa sobre o organismo humano. Seu excesso pode provocar hipertensão arterial, anemia, retardamento de crescimento e morte (Feitosa *et al.*, 2008).

No período de estiagem (outubro de 2012), as 10 (dez) análises realizadas no aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco apresentaram teores de cádmio abaixo dos limites de detecção de 0,001 mg/L.



## **Chumbo**

Metal encontrado em pequenas quantidades na natureza, sendo a sua principal fonte o mineral galena (sulfeto de chumbo). A maioria do chumbo que ingressa diariamente no organismo humano tem origem em alimentos, sujeiras e poeira contendo o metal. As águas subterrâneas tem quantidades médias em torno de 20 mg/L. Altos teores de chumbo podem provocar intoxicação, podendo ocasionar até danos cerebrais ou levar a morte em casos extremos (Feitosa *et al.*, 2008).

Do total de amostras analisadas na segunda campanha, 70% (7/10) apresentaram teores de chumbo inferiores ao limite de detecção de 0,001 mg/L. Os demais poços revelaram valores de chumbo que variaram de 0,00101 a 0,0021 mg/L, todos abaixo do padrão definido pela Portaria MS 2914/2011 e pela Resolução CONAMA 396/2008, o que indica que as águas podem ser usadas para todos os usos nela prescritos.

## **Cobre**

Os principais minerais de cobre são calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ), calcosita ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), covelita ( $\text{CuS}$ ), malaquita ( $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ ) e azurita ( $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ ). O cobre tem baixa solubilidade e elevada persistência na água. Ocorre nas águas subterrâneas com teores inferiores a 1 mg/L, contudo em águas que percolam jazidas de cobre ocorrem em maiores concentrações. Quase todo o cobre ingerido pelo homem é eliminado, no entanto, altas concentrações podem provocar hemocromatose (Feitosa *et al.*, 2008).

As análises de metais pesados realizadas nas águas subterrâneas, do aquífero Rio Branco, em Rio Branco, indicaram que 30% (3/10) das amostras apresentaram teores de cobre abaixo do limite de detecção de 0,001 mg/L, enquanto que os 70% (7/10) restantes obtiveram resultados de cobre que variaram de 0,00169 a 0,0187 mg/L. Os teores encontrados estão abaixo do VMP estabelecido pela Portaria MS 2914/2011, assim como dentro dos padrões definidos pela Resolução CONAMA 396/2008, indicando que as águas podem ser usadas para consumo humano, dessedentação de animais, irrigação e recreação.

## **Cromo**

Metal relativamente raro na crosta terrestre, aproximadamente 0,03%. Não é encontrado no estado livre, ocorrendo geralmente associado ao ferro e ao chumbo. Entre os minerais de cromo destacam-se a cromita ( $\text{FeOCr}_2\text{O}_3$ ) e a crocoíta ( $\text{PbCrO}_4$ ). Entre os vários estados de oxidação, o  $\text{Cr}^{3+}$  e o  $\text{Cr}^{6+}$  são estáveis em água. O cromo é relativamente bem distribuído, mas com baixa solubilidade. Os níveis em água são geralmente baixos, inferiores a 1 mg/L. Entretanto, existem exemplos de contaminação de água por cromatos e dicromatos, superiores a 25 mg/L (Celligoi, 1999; Feitosa *et al.*, 2008).

Na segunda campanha, realizada em outubro de 2012, as 10 (dez) amostras analisadas apresentaram teores de cromo abaixo do limite de detecção de 0,001 mg/L.

### **Mercúrio**

Único metal líquido, volátil em pequena intensidade, seus vapores são extremamente tóxicos, podendo causar cansaço, dificuldade de concentração e perda de memória. O mais importante composto de mercúrio é o sulfeto mercúrico (HgS). Os estados de oxidação que o mercúrio pode assumir são  $Hg^{+1}$  e  $Hg^{+2}$ . Apesar da toxicidade dos sais de mercúrio, o cloreto mercurioso ( $Hg_2Cl_2$ ), conhecido como calomelano, encontra aplicação na medicina como estimulante de órgãos de secreção (Feitosa *et al.*, 2008).

Todas as 10 (dez) amostras analisadas na segunda campanha, do aquífero Rio Branco apresentaram teores de mercúrio abaixo do limite de detecção de 0,0001 mg/L.

### **Níquel**

O níquel é um metal prateado, razoavelmente duro, dúctil e maleável. Apresenta um fraco brilho amarelado devido, em parte, à existência de uma camada protetora de óxido. Forma compostos inorgânicos solúveis, como os hidróxidos, sulfatos, cloretos e nitratos, e insolúveis, como os óxidos e sulfetos. Também pode formar carbonila de níquel, um composto orgânico volátil e incolor. O níquel possui diferentes estados de oxidação e o mais frequente é o  $Ni^{2+}$ , que tem a capacidade de formar vários complexos. O níquel está presente no solo, água, ar e biosfera em concentrações traço. O níquel emitido no ambiente por fontes naturais ou antropogênicas circula por todos os compartimentos ambientais por meio de processos químicos e físicos, além de ser biologicamente transportado por organismos vivos (CETESB, 2012).

Na análise de água, do aquífero Rio Branco, em Rio Branco, realizada em outubro de 2012, foi detectada a presença de níquel em 90% (9/10) das amostras, com teores que variaram de 0,0032 a 0,0219 mg/L. Apenas um poço apresentou teor de níquel abaixo do limite de detecção de 0,001 mg/L. Todas as amostras analisadas apresentaram valores de níquel dentro dos padrões de potabilidade definido pela Portaria MS 2914/2011. Com relação à indicação dos usos, 90% das amostras indicam que as águas do aquífero Rio Branco poderiam servir para o consumo humano, dessedentação animal, irrigação e recreação, conforme os padrões da Resolução CONAMA 396/2008. A água do poço RBR19 não seria indicada para o consumo humano, haja vista que superou o limite estabelecido pela Resolução citada.

O teor de níquel apresentado pelo poço RBR19 acima do padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 396/2008, se deve provavelmente a descarte inapropriado de tintas com composição metálica, pois o poço está situado próximo ao Corpo de Bombeiros de Rio Branco (**foto 5.4**), onde é muito comum a prática de reparo da pintura de sinalização dos veículos.



**Foto 5.4** – Poço RBR19 em área próxima ao Corpo de Bombeiros, onde é comum a utilização de tintas a base de metais para manutenção da sinalização dos veículos.

## Zinco

Metal brilhante encontrado na crosta terrestre e que pode se combinar com outros elementos formando compostos de zinco. O zinco e seus compostos têm muitos usos na indústria automobilística, de construção civil e de eletrodomésticos. É usado na fabricação de ligas resistentes à corrosão e na galvanização de produtos de ferro e aço. Os principais compostos de zinco são os óxidos ( $ZnO$ ), utilizados nas indústrias de cerâmica, borracha e tintas; o sulfato de zinco ( $ZnSO_4$ ) com aplicação na indústria têxtil e no enriquecimento de solos pobres em zinco; e o cloreto de zinco ( $ZnCl_2$ ) usado para preservar madeiras e em pilhas secas e tintas. A principal emissão natural de zinco é por erosão. As fontes antropogênicas são mineração, produção de zinco, produção de ferro e aço, corrosão de estruturas galvanizadas, combustão de carvão e outros combustíveis, eliminação e incineração de resíduos e uso de fertilizantes

e agrotóxicos contendo zinco. A concentração de zinco em água superficial geralmente é menor que 10 µg/L, na água do mar está entre 0,002 e 0,1 µg/L e na água subterrânea de 10 a 40 µg/L (CETESB, 2012).

No aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco foi detectada a presença de zinco, com teores que ficaram compreendidos entre 0,0051 e 0,3407 mg/L. Apesar das 10 (dez) amostras apresentarem presença de zinco, todas estavam com valores abaixo do VMP de potabilidade definido pela Portaria MS 2914/2011, bem como, dentro dos limites da Resolução CONAMA 396/2008, indicando que as águas do aquífero Rio Branco poderiam ser utilizadas para todos os usos nela prescritos sem restrições.

## **Conclusão**

Os resultados das análises de metais pesados que apresentaram teores de níquel acima dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 396/2008, se devem provavelmente a contaminação oriunda de atividades antrópicas, principalmente descarte inadequado de resíduos sólidos.

Na área da propriedade do Corpo de Bombeiros, onde se localiza o poço RBR19 (**foto 5.4**), a origem do níquel detectado acima dos padrões provavelmente está associada ao descarte inapropriado de tintas usadas para sinalização dos veículos.

De acordo com Fortunato (2009), a procedência dos íons metálicos no lixo é variada, podendo ser de: baterias recarregáveis que liberam para o ambiente níquel ( $Ni^{2+}$ ), cádmio ( $Cd^{2+}$ ) e chumbo ( $Pb^{2+}$ ); materiais eletrônicos, que liberam íons de cobre ( $Cu^{+2}$ ); latas, que contém ferro ( $Fe^{2+}$ ); pilhas comuns e alcalinas, que possuem mercúrio ( $Hg^{2+}$ ); solventes orgânicos que são responsáveis pela liberação de cromo ( $Cr^{3+}$  e  $Cr^{6+}$ ); latas descartáveis, utensílios domésticos e embalagens laminadas que liberam alumínio ( $Al^{3+}$ ).

## **5.2.14 – BTEX e Fenóis**

### **5.2.14.1 - BTEX**

O grupo de compostos BTEX formado pelo **B**enzeno, **T**olueno, **E**tilbenzeno e **X**ilenos (orto, meta e para) são extremamente tóxicos à saúde humana, apresentando toxicidade crônica mesmo em pequenas concentrações, podendo levar a lesões do sistema nervoso central. O benzeno é reconhecidamente o mais tóxico de todos os BTEX, pois se trata de uma substância comprovadamente carcinogênica (podendo causar leucemia, ou seja, câncer dos tecidos que formam os linfócitos do sangue). Uma exposição aguda (altas concentrações em curtos períodos) por inalação ou ingestão pode causar até mesmo a morte de uma pessoa. O BTEX e outros alquilbenzenos perfazem cerca de 10 a 59% da gasolina (massa/massa), enquanto os hidrocarbonetos alifáticos compreendem 41 a 62% (Brito *et al.*, 2005).

Devido ao risco potencial a saúde humana que esse grupo de compostos oferece, a Portaria MS 2914/2011 estabeleceu limites para que a água seja considerada potável, como pode ser observada na **tabela 5.60**.

**Tabela 5.60** - Valores Máximos Permitidos (VMP) de **Benzeno**, **Tolueno**, **Etilbenzeno** e **Xilenos** (BTEX), segundo a Portaria MS 2914/2011.

Parâmetro	VMP (mg/L)
Benzeno	0,005
Tolueno	0,17
Etilbenzeno	0,2
Xilenos	0,3

A Resolução CONAMA 396/2008 também estabeleceu limites máximos aceitáveis para esses parâmetros, de acordo com os usos considerados preponderantes, como pode ser observado na **tabela 5.61**.

**Tabela 5.61** - Valores Máximos Permitidos (VMP) de **Benzeno**, **Tolueno**, **Etilbenzeno** e **Xilenos** (BTEX) para os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008).

Parâmetro	Usos Preponderantes da Água			
	Consumo Humano ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Dessedentação Animal ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Irrigação ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Recreação ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )
Benzeno	5	-	-	10
Tolueno	170	24	-	-
Etilbenzeno	200	-	-	-
Xileno Total (o,m,p xilenos)	300	-	-	-

Na segunda campanha de amostragem das águas do Aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, realizada em outubro de 2012, verificou-se que todas as 10 (dez) amostras de **Benzeno** e **Etilbenzeno** apresentaram teores abaixo do limite de detecção de 0,001 mg/L. Enquanto que para o **Tolueno**, 90% (9/10) das amostras apresentaram teores abaixo do limite de detecção de 0,001 mg/L, exceto o poço RBR28 que apresentou valor de 0,0321 mg/L. Todas as 10 (dez) análises de **Xilenos** composta por o,xilenos e m,p xilenos apresentaram valores abaixo do limite de detecção de 0,001 mg/L e de 0,002 mg/L, respectivamente.

Todas as amostras coletadas no aquífero Rio Branco apresentaram teores de BTEX abaixo do VMP estabelecido pela Portaria MS 2914/2011 (**tabela 5.60**), bem como, dentro dos limites da Resolução CONAMA 396/2008, indicando que as águas subterrâneas poderiam ser utilizadas para os usos nela prescritos (**tabela 5.61**).

Vale ressaltar que o resultado de tolueno encontrado no poço RBR28 se deve provavelmente a contaminação por postos de combustível, pois de acordo com Kao & Wang (2000), os problemas mais graves de contaminação das águas subterrâneas são atribuídos aos hidrocarbonetos aromáticos, ocorrendo, na maioria dos casos, devido ao vazamento de tanques subterrâneos que armazenam combustíveis derivados de petróleo. Dentre os constituintes da gasolina, principal derivado do petróleo, os que merecem maior preocupação são os hidrocarbonetos voláteis monoaromáticos, benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX), devido a sua toxicidade e solubilidade em água (Kuntasal *et al.*, 2005).

Por tal motivo é extremamente importante o monitoramento das águas subterrâneas na área de estudo, pois esses compostos apresentam risco à saúde humana quando presentes na água.

#### 5.2.14.2 – Fenóis

O fenol ( $\text{CH}_6\text{H}_5\text{OH}$ ) é um sólido branco cristalino em seu estado puro. Geralmente é vendido e utilizado na forma líquida, possui odor forte, levemente doce e irritante. Apresenta diversas aplicações, como reagente na produção de resinas, plásticos, medicamentos, herbicidas e desinfetantes (CETESB, 2010). Os fenóis foram muito utilizados como germicidas e desinfetantes. Atacam o sistema nervoso central, podendo levar à morte com pouco tempo de exposição (Schmidt, 2010). Considerando os efeitos toxicológicos do fenol, a Resolução CONAMA 396/2008 estabeleceu limites máximos aceitáveis para a água subterrânea, de acordo com os usos considerados preponderantes, como pode ser observado na **tabela 5.62**.

**Tabela 5.62** - Valores Máximos Permitidos (VMP) de Fenóis para os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008).

Parâmetro	Usos Preponderantes da Água			
	Consumo Humano ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Dessedentação Animal ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Irrigação ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Recreação ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )
Fenóis	3	2	-	2

No período de estiagem (outubro de 2012), foram realizadas amostragens de água no aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, para avaliação dos teores de fenóis, onde se verificou que 70% (7/10) das amostras analisadas apresentaram resultados inferiores ao limite de detecção de 0,001 mg/L. Enquanto que os 30% (3/10) restantes dos poços apresentaram os seguintes valores de fenóis: 0,0016; 0,0018 e 0,0023 mg/L.

De acordo com a resolução CONAMA 396/2008, as águas dos poços amostrados poderiam ser aproveitadas para todos os usos nela prescritos, exceto o poço RBR09 que apresentou valor superior ao limite permitido para dessedentação animal e recreação, podendo ser utilizado apenas para o consumo humano.

#### 5.2.15 – Isótopos Ambientais

##### 5.2.15.1 – Oxigênio-18 e Deutério

A composição dos isótopos estáveis da água ( $^{18}\text{O}$  e  $^2\text{H}$ ) é modificada por processos meteóricos e por esta razão as águas de recarga dos aquíferos possuem uma *assinatura isotópica* característica, que serve como um traçador natural da *origem* das mesmas (Clark & Fritz, 1997).

O hidrogênio e o oxigênio fazem parte da molécula da água e apresentam cada um deles, três formas diferentes; o hidrogênio:  $^1\text{H}$ , D ( $^2\text{H}$ ) e T ( $^3\text{H}$ ) e o oxigênio  $^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$  e  $^{18}\text{O}$ . Por isso, a água pode ser encontrada em formas isotópicas diferentes, sendo as mais abundantes  $\text{H}_2^{16}\text{O}$ ,  $\text{H}_2^{18}\text{O}$  e  $\text{HD}^{16}\text{O}$ , cujas abundâncias relativas médias são, respectivamente, 99%, 0,2% e 0,032%.

Portanto, a quantidade de moléculas  $\text{H}_2^{18}\text{O}$  e  $\text{HD}^{16}\text{O}$  é muito pequena em relação à quantidade de moléculas  $\text{H}_2^{16}\text{O}$  e varia dependendo da origem da água, de processos que ocorrem durante o seu deslocamento e de seu

armazenamento superficial. Assim, estas moléculas marcam a água e são utilizadas como traçadores para pesquisar sua história.

Os resultados das medidas destes isótopos são expressos em termos de  $\delta\text{‰}$ , definido por,

$$\delta\text{‰} = [(R_a - R_p) / R_p] \times 10^3$$

Onde,  $R_a$  é a razão isotópica  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  ou D/H, respectivamente, para o oxigênio e para o hidrogênio na amostra e  $R_p$  seu valor para uma água padrão VSMOW (*Vienna Standard Mean Ocean Water*) da IAEA (Agência Internacional de Energia Atômica) em Viena/Áustria. O padrão SMOW originalmente era água do oceano, escolhido por Craig (1961).

O valor de  $\delta$  mede, portanto, o enriquecimento (ou empobrecimento, quando  $\delta < 0$ ) no isótopo pesado da amostra em relação ao padrão. É importante que, devido à grande predominância do isótopo mais leve ( $^1\text{H}$  ou  $^{16}\text{O}$ ),  $\delta$  comporta-se como uma concentração numa mistura de águas de valores de  $\delta$  diferentes (i.e. segue uma reta de mistura) (Craig, 1961).

Em virtude da complexidade do ciclo hidrológico é surpreendente que  $^{18}\text{O}$  e  $^2\text{H}$  tenham um comportamento perfeitamente previsível (Clark & Fritz, 1997). De fato, Craig (1961) descobriu que  $^{18}\text{O}$  e  $^2\text{H}$  em águas doces se correlacionam em escala global. A **Linha de Água Meteórica Global** (sigla em inglês GMWL) de Craig define a relação entre  $^{18}\text{O}$  e  $^2\text{H}$  através da **equação 5.1**.

$$\delta^2\text{H} = 8\delta^{18}\text{O} + 10\text{‰ SMOW} \quad (5.1)$$

O monitoramento subsequente da composição isotópica estável da chuva em escala global (IAEA – Rede Global para Isótopos na Precipitação) resultou, dez anos depois, no estabelecimento do padrão VSMOW e na substituição da **equação 5.1** pela **equação 5.2**.

$$\delta^2\text{H} = 8,13\delta^{18}\text{O} + 10,8\text{‰ VSMOW} \quad (5.2)$$

Na verdade essa relação (5.2) é “global” apenas na aplicação, sendo de fato uma média de muitas linhas de água meteórica regional e local que diferem da global devido à variação dos parâmetros climáticos e geográficos envolvidos (Clark & Fritz, 1997). Em hidrologia isotópica, a **equação (5.2)** que define a linha de água meteórica global (GMWL) de Harmon Craig é uma referência para a interpretação da origem das águas subterrâneas.

No caso de Rio Branco, o diagrama da **figura 5.49** (elaborado com os dados da **tabela 5.63**) mostra que a **Linha de Água Subterrânea (LAS)** ou **Reta de Água Subterrânea (RAS)** do aquífero Rio Branco apresenta desvio muito pequeno em relação à **Linha de Água Meteórica Mundial (LAMM)**, também chamada de **Reta de Água Meteórica (RMM)** da região, conforme se deduz da declividade 7,91, bem próxima de 8,13 das precipitações. Isto pode ser visto comparando as equações das retas RAS e RMM (fazendo  $\delta^2\text{H}^0/_{00} = 0$ ), ou seja:

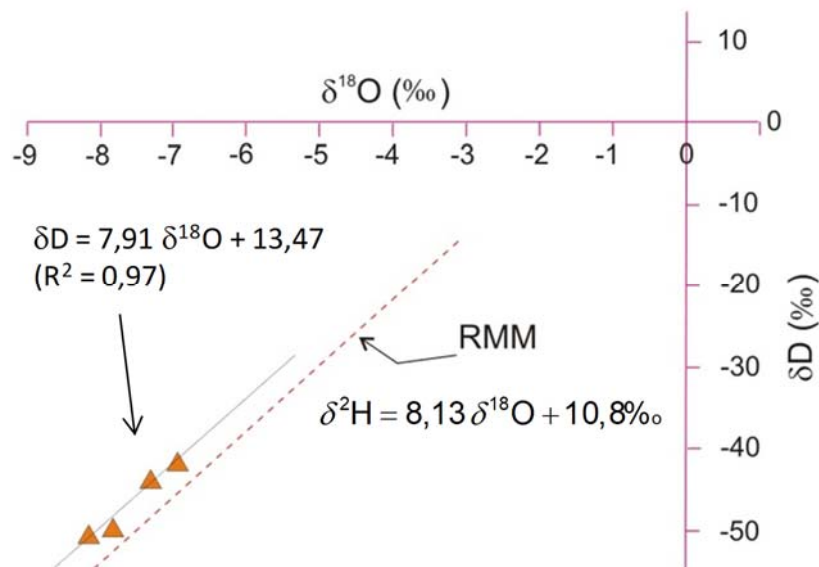
$$\text{Para a RAS: } \delta^{18}\text{O} = -\frac{13,47}{7,91} = -1,70\text{‰}_{00}$$

$$\text{Para a RMM: } \delta^{18}\text{O} = -\frac{10,8}{8,13} = -1,33 \text{ ‰}$$

Ocorre, portanto, uma variação de -0,37 na concentração isotópica de  $\delta^{18}\text{O} \text{ ‰}$  das precipitações [-1,70 - (-1,33)], indicando águas subterrâneas provenientes de chuvas com -0,28 de perda de  $\delta^{18}\text{O}$  por evaporação (-0,37 ÷ 1,33).

**Tabela 5.63** – Valores deutério e oxigênio-18 dosados nas amostras coletadas em Rio Branco na segunda campanha de amostragem (outubro de 2012).

Poço	$\delta\text{D} \text{ ‰}$	$\delta^{18}\text{O} \text{ ‰}$
RBR11	-42,4	-7,0
RBR14	-35,1	-6,2
RBR20	-43,4	-7,4
RBR27	-42,3	-7,2



**Figura 5.49** – Diagrama mostrando relação de oxigênio 18 e deutério no aquífero Rio Branco.



## 5.2.15.2 – Trício

### **Trício na Precipitação**

Os testes atmosféricos de armas nucleares realizados entre os anos de 1952 e 1962 produziram uma quantidade formidável de trício atmosférico. Essa tremenda entrada de  $^3\text{H}$  na atmosfera criou na estratosfera um reservatório desse isótopo que literalmente contaminou o sistema global de precipitação durante 40 anos. Em 1963 um tratado Americano-Soviético suspendeu os testes de armas termonucleares, embora alguns testes franceses e chineses tenham sido realizados até 1980 (Clark & Fritz, 1997). O ano de 1962, quando foram encerrados os testes nucleares, gerou um imenso pico de  $^3\text{H}$ , que apareceu na primavera de 1963 e se tornou uma marca usada em muitos estudos hidrológicos. As concentrações de  $^3\text{H}$  nas precipitações estão agora praticamente de volta aos níveis cosmogênicos naturais (Clark & Fritz, 1997).

### **Datação de Água Subterrânea com Trício**

O trício ( $^3\text{H}$ ) é provavelmente o radioisótopo mais frequentemente empregado para identificar a presença de recarga moderna (Clark & Fritz, 1997).

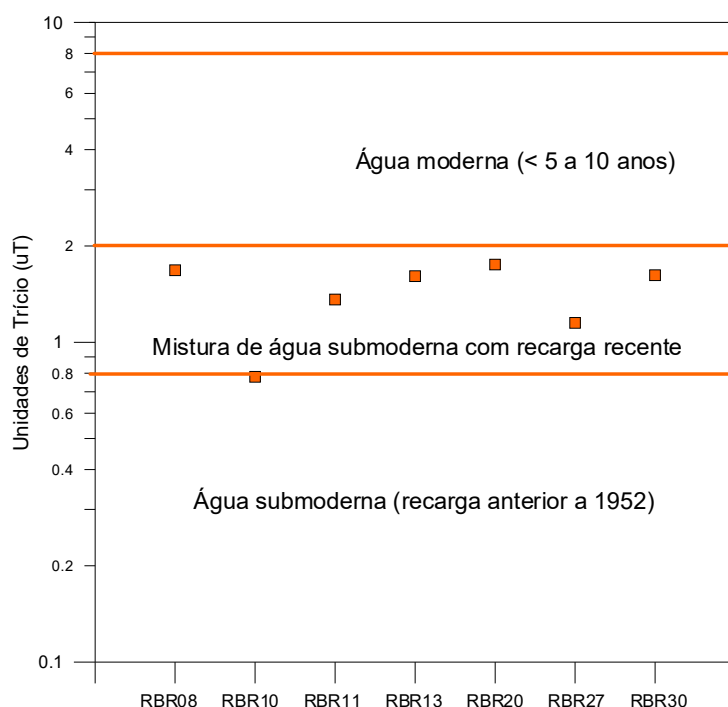
Kaufman & Libby (1954) foram os primeiros a reconhecer o potencial do  $^3\text{H}$  cosmogênico para a datação de águas subterrâneas e existem vários métodos *quantitativos* e *qualitativos* com uso desse isótopo. A atenuação dos níveis de trício na atmosfera afeta a confiabilidade das interpretações quantitativas, o que leva a interpretações qualitativas. Uma interpretação qualitativa significa que os tempos de trânsito ou de residência não podem ser determinados (Clark & Fritz, 1997).

Uma proposta de interpretação qualitativa de dados de  $^3\text{H}$ , feita por Clark & Fritz (1997) para dados de regiões de baixa latitude, relaciona os valores de Unidades de Trício (U.T.) com a idade das águas subterrâneas (**tabela 5.64**).

**Tabela 5.64** – Relação entre unidades de trício (U.T.) e idade das águas subterrâneas.

Unidade de trício (U.T.)	Interpretação qualitativa da idade
< 0,8	Água submoderna, recarga anterior a 1952
0,8 a 2	Mistura de água submoderna com recarga recente
2 a 8	Água moderna (<5 a 10 anos)
10 a 20	Água com presença de $^3\text{H}$ residual da “bomba”
>20	Água com uma componente significativa de recarga dos anos 1960 e 1970

Os dados de  $^3\text{H}$  obtidos em 7 (sete) amostras coletadas em Rio Branco (**figura 5.50**) revelam, de acordo com a interpretação qualitativa mostrada na **tabela 5.64**, que o aquífero Rio Branco possui mistura de água submoderna com recarga recente.



**Figura 5.50** – Idade qualitativa da recarga do aquífero Rio Branco em Rio Branco, segundo os dados de trício de 7 (sete) amostras coletadas.

### 5.2.15.3 – Conclusão

Os estudos dos isótopos ambientais realizados no âmbito desse projeto permitiram alcançar os seguintes resultados:

- As análises de Oxigênio-18 e Deutério levaram a concluir que a recarga do aquífero Rio Branco, em Rio Branco, provém de águas meteóricas, ou seja, águas de chuva com perda de 28% na concentração de  $\delta^{18}\text{O}$  atribuída a evaporação;
- As datações efetuadas com Trício foram baseadas na proposta de interpretação qualitativa de Clark & Fritz (1997) e indicaram que as águas do aquífero Rio Branco têm mistura de água submoderna com recarga recente.

### 5.2.16 – Parâmetros Biológicos

A qualidade bacteriológica de uma água para avaliar a contaminação por dejetos humanos e de outros animais de sangue quente é feita através de bactérias do grupo coliformes, principalmente os Coliformes Totais e *Escherichia Coli* ou Coliformes Termotolerantes. Por serem considerados indicadores microbiológicos de contaminação fecal da água são mundialmente utilizados, podendo indicar eventuais perigos para a saúde humana. Vale ressaltar que nem toda água que contenha coliformes é contaminada por microorganismos patogênicos (Feitosa *et al.*, 2008).

### **Coliformes Totais**

Bacilos gram-negativos, aeróbicos ou anaeróbicos facultativos, não formadores de esporos, capazes de se desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a  $35 \pm 0,5$  °C em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima  $\beta$ -galactosidase (Feitosa *et al.*, 2008). Os coliformes totais, dada a sua possível incidência em águas e solos não contaminados, representam, portanto, outros organismos de vida livre, e não intestinal. No caso específico de abastecimento de água potável, a água tratada não deve conter coliformes totais, os quais, caso encontrado, sugere tratamento inadequado, contaminação posterior ou nutriente em excesso (Von Sperling, 2005).

A Portaria MS 2914/2011 estabelece como padrão microbiológico da água para consumo humano, a ausência de coliformes totais em 100 mL de água.

No período chuvoso (abril de 2012), as águas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, apresentaram em 77% (23/30) dos casos a presença de coliformes totais, enquanto que no período de estiagem (outubro de 2012), a presença ocorreu em 80% (24/30) das amostras.

Com base nos padrões microbiológicos definidos pela Portaria MS 2914/2011, apenas 23% (7/30) dos poços na primeira campanha e 20% (6/30) na segunda campanha apresentaram águas recomendadas para consumo humano, o que representa um risco para a saúde, haja vista que a população da área de estudo utiliza a água dos poços para todos os usos, principalmente o doméstico.

Tais resultados ocorrem no aquífero Rio Branco, pois a área de estudo está inserida numa região bastante urbanizada e que não possui sistema de esgotamento sanitário, o que segundo Zoby (2008) é extremamente preocupante, pois a falta de saneamento representa um risco direto à potabilidade das águas subterrâneas pela infiltração por fossas sépticas e pelo vazamento de redes de esgoto.

### **Zoneamento dos Coliformes totais**

A distribuição espacial dos coliformes totais, no período chuvoso (abril de 2012) e no período de estiagem (outubro de 2012), nas águas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, pode ser visualizada na **figura 5.51a** e **figura 5.51b**, respectivamente. Em ambas as campanhas é possível notar o alto nível de contaminação por coliformes totais, 77% no período chuvoso e 80% no período de estiagem, reflexo da urbanização da área associada a contaminação por fossas sépticas situadas próximas aos poços.

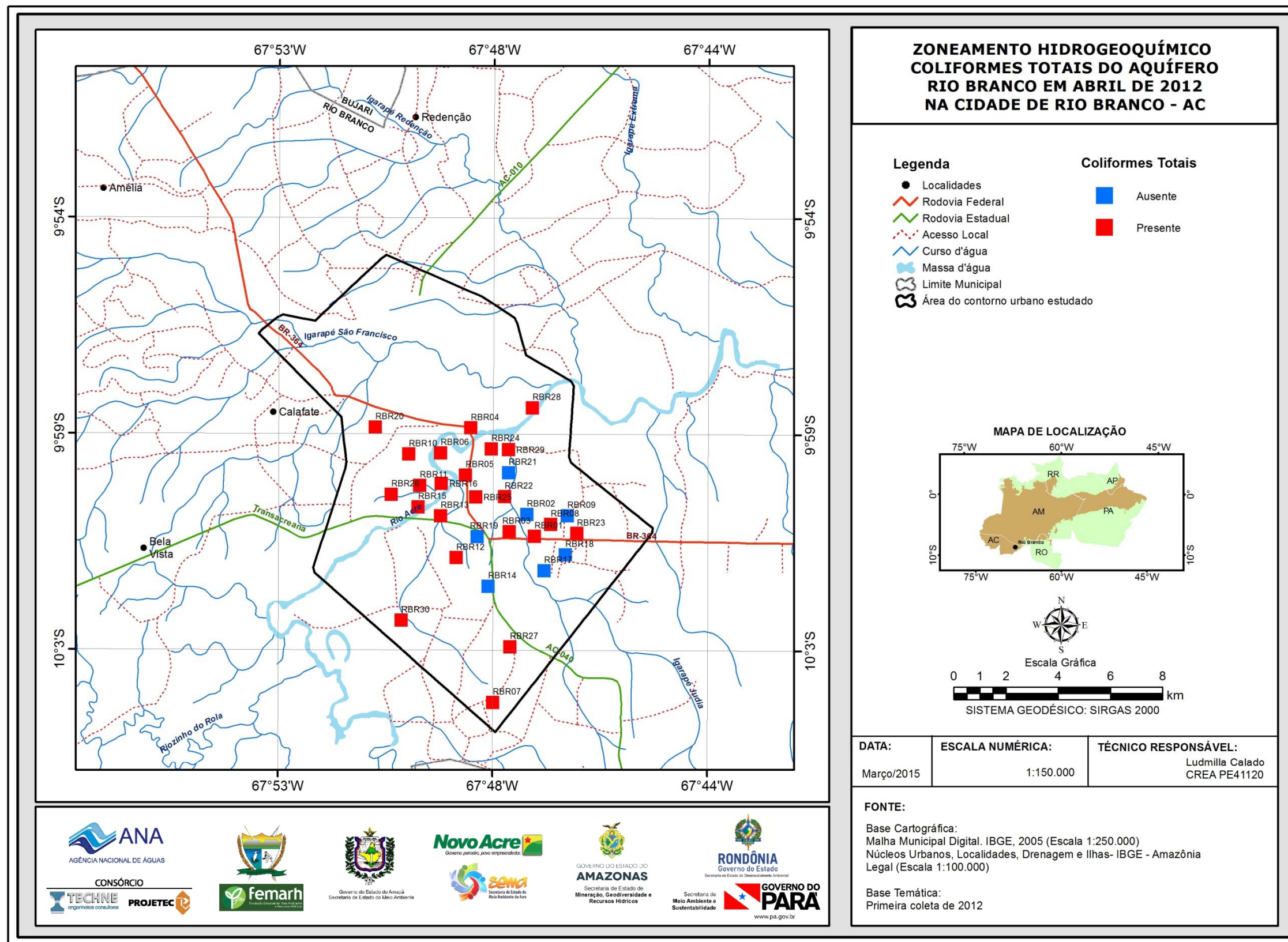


Figura 5.51a – Distribuição dos poços com presença /ausência de coliformes totais no aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco - AC.

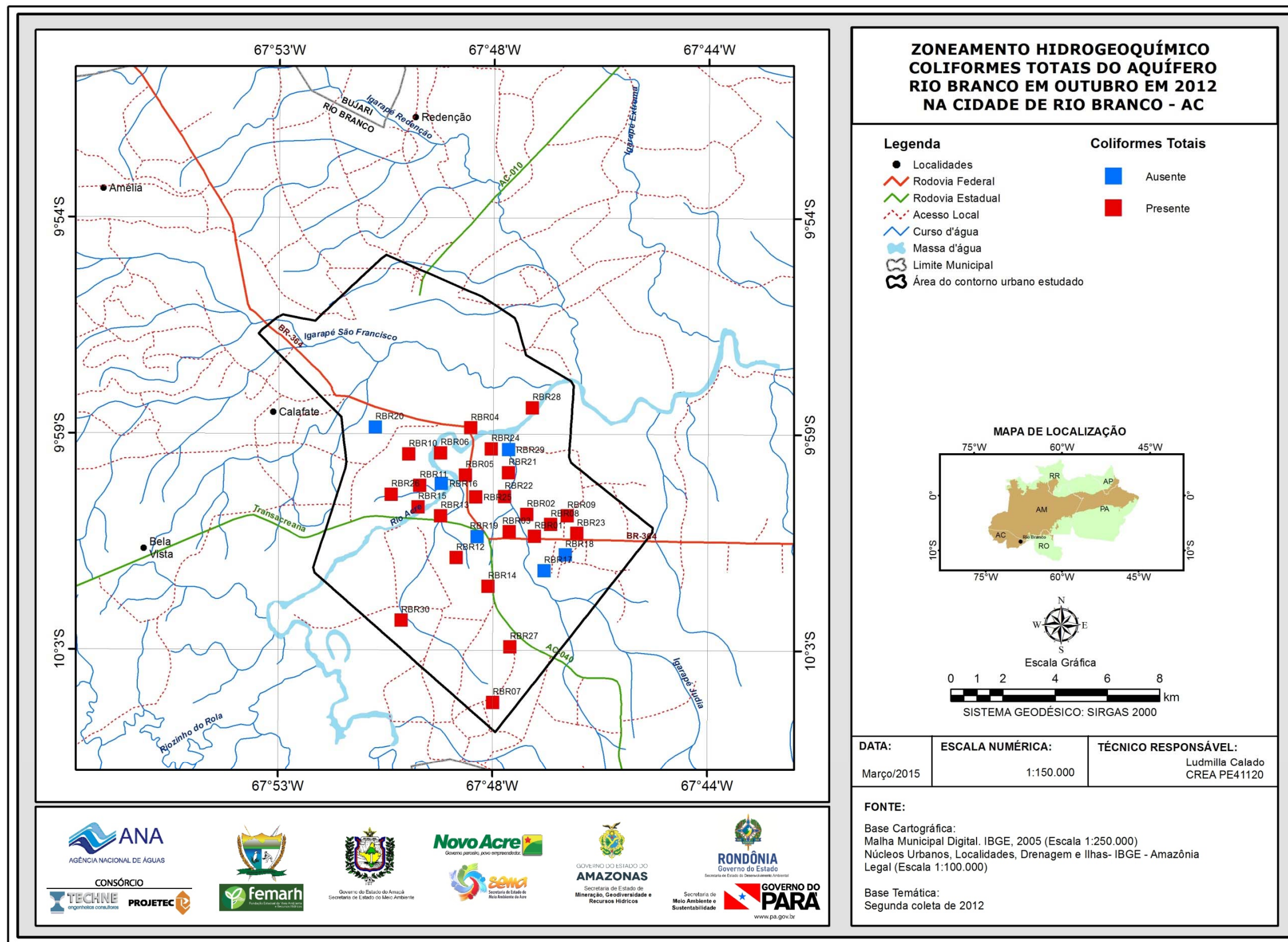


Figura 5.51b – Distribuição dos poços com presença /ausência de coliformes totais no aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco - AC.

## ***Escherichia Coli***

É uma bactéria não patogênica, do grupo de coliformes fecais (termotolerantes), que normalmente habita os intestinos dos animais superiores. É encontrada em esgotos, efluentes tratados e águas naturais sujeitas à contaminação recente por seres humanos, atividades agropecuárias, animais selvagens e pássaros. A sua presença indica que poderão estar presentes microorganismos causadores ou transmissores de doenças patogênicas. Diferentemente dos coliformes totais, *E. coli* é a única que dá garantia de contaminação exclusivamente fecal (Von Sperling, 2005; Feitosa *et al.*, 2008).

A Portaria MS 2914/2011 estabeleceu como padrão biológico para consumo humano a ausência de *E. coli* em 100 mL de água. A Resolução CONAMA 396/2008 estabelece padrões de microorganismos de acordo com os usos preponderantes da água subterrânea, como pode ser observado na **tabela 5.65**.

**Tabela 5.65** - Valores Máximos Permitidos (VMP) de microorganismos para os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008).

Parâmetro	Usos Preponderantes da Água			
	Consumo Humano	Dessedentação Animal	Irrigação	Recreação
<i>E. coli</i>	Ausentes em 100 mL	100 / 200 mL	-	800 / 100 mL

Na primeira campanha de amostragem, realizada no período chuvoso de abril de 2012, nas águas do aquífero Rio Branco em Rio Branco, foi detectada a presença de *E. coli* em 37% (11/30) das amostras. Enquanto que, na segunda campanha, realizada no período de estiagem (outubro de 2012), 33% (10/30) das amostras apresentaram resultado positivo para a presença de *E. coli*.

Com base nos resultados das análises verifica-se que 63% (19/30) e 67% (20/30) das amostras respectivamente na primeira e segunda campanha, apresentaram águas dentro dos padrões biológicos recomendados pela Portaria MS 2914/2011, bem como, nos limites definidos pela Resolução CONAMA 396/2008, indicando que as suas águas podem ser utilizadas para consumo humano, dessedentação animal e recreação (**tabela 5.65**).

De acordo com Colvara *et al.* (2009), vários fatores podem ser responsáveis pela contaminação da água de poços artesianos em uma propriedade, tanto rural quanto urbana, a exemplo, da falta de manutenção do reservatório; localização inadequada do poço; e falta de cuidado e higiene com a água antes do consumo.

Silva & Araújo (2003) relatam que o destino final do esgoto doméstico e industrial em fossas e tanques sépticos, a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e industriais, postos de combustíveis e de lavagem e a modernização da agricultura representam fontes de contaminação das águas subterrâneas por bactérias e vírus patogênicos, parasitas e substâncias orgânicas e inorgânicas.

Dessa forma, fica evidente que a elevada presença de *E. coli* no aquífero Rio Branco, se deve provavelmente pelo lançamento de esgoto *in natura*, que infiltra no solo e contribui para a contaminação do lençol freático, o que é

extremamente preocupante, pois pode acarretar na população ribeirinha doenças de veiculação hídrica, tais como, amebíase, giardíase, gastroenterite, febres tifoide e paratifoide, hepatite infecciosa e cólera.

### **Zoneamento da *Escherichia Coli***

A distribuição espacial da presença e ausência de *E. coli* nas águas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, analisadas no período chuvoso (abril de 2012) e no período de estiagem (outubro de 2012), podem ser observadas respectivamente na **figura 5.52a** e **figura 5.52b**.

Em ambas as campanhas é possível verificar o elevado nível de contaminação por microorganismos, 37% no período chuvoso e 33% no período de estiagem. A presença de *E. coli* no período de estiagem diminui, pois com a cessação das cheias que ocorrem no período chuvoso, há menor incidência de transbordamento das fossas sépticas e das galerias de drenagem, que recebem os dejetos lançados pelas residências e estabelecimentos, e consequentemente a diminuição da contaminação por esgotos no lençol freático.

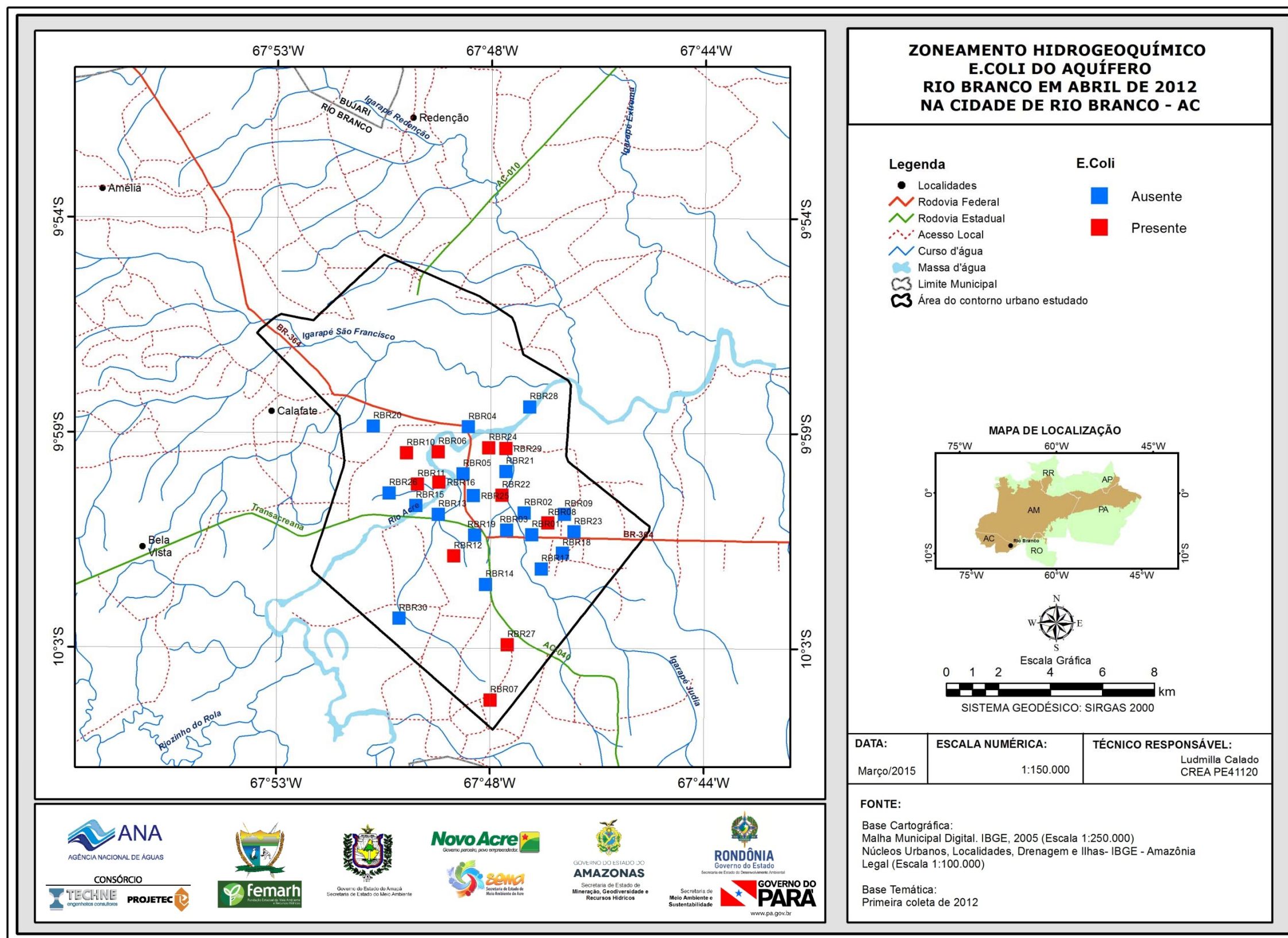


Figura 5.52a – Distribuição dos poços com presença /ausência de *E. coli* no aquífero Rio Branco no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Rio Branco - AC.



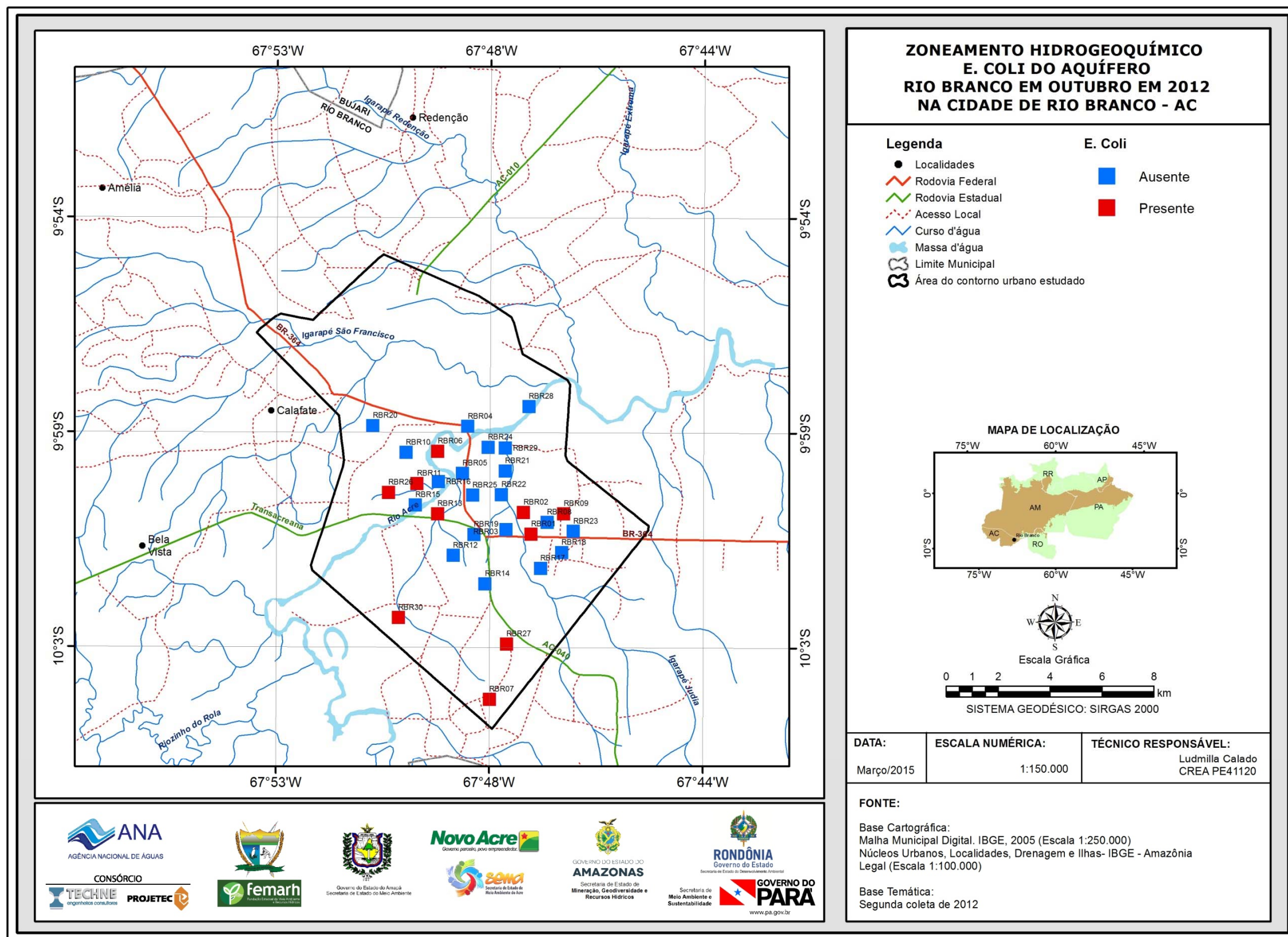


Figura 5.52b – Distribuição dos poços com presença /ausência de *E. coli* no aquífero Rio Branco no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco - AC.

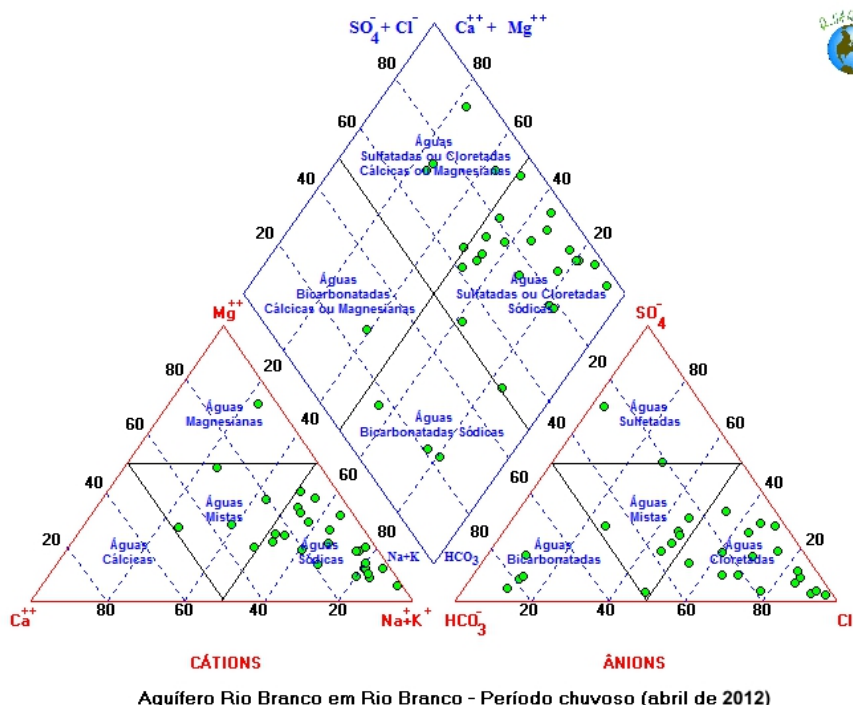
## 5.2.17 – Classificação das Águas Subterrâneas do Aquífero Rio Branco Segundo a Composição Química

Vários são os métodos existentes para a classificação das águas segundo a composição química. Todos eles se baseiam em representações gráficas dos percentuais ou frações dos cátions e ânions dominantes, normalmente expressos em meq/L. As representações são as mais diversas, incluindo diagramas colunares, circulares, triangulares e polígonos irregulares. Dentre os mais utilizados, estão o diagrama triangular de Piper e o polígono de Stiff, a seguir apresentados para a classificação das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, em Rio Branco, com base nos dados coletados na rede de 30 (trinta) poços de monitoramento, em duas campanhas: a primeira, no período chuvoso (abril de 2012) e a segunda no período de estiagem (outubro de 2012).

### 5.2.17.1 – Diagrama Triangular de Piper

#### Período chuvoso

A classificação das águas por meio do Diagrama de Piper se baseia na identificação dos ânions e cátions predominantes. Mediante observação da **figura 5.53**, é possível identificar que as águas do Aquífero Rio Branco, em Rio Branco, no período chuvoso de abril de 2012, no que se refere aos ânions são 56,7% (17/30) cloretadas, 23,3% (7/30) mistas, 13,3% (4/30) bicarbonatadas, e 6,7% (2/30) sulfetadas, como pode ser observado na **tabela 5.66**. Já no que concerne a presença de cátions, as águas são 80% (24/30) sódicas, 16,7% (5/30) mistas e 3,3% (1/30) magnesianas, como indica a **tabela 5.67**.



**Figura 5.53** – Classificação das águas do aquífero Rio Branco, em Rio Branco, coletadas no período chuvoso (abril de 2012) segundo o diagrama Triangular de Piper.

**Tabela 5.66** - Classificação das Águas do Aquífero Rio Branco segundo a composição química - Período Chuvoso (abril de 2012).

Cátions	Poços	%	Ânions	Poços	%	Geral	Poços	%
Águas Magnesianas	1	3,3	Águas Sulfatadas	2	6,7	Águas Cloretadas Magnesianas	5	16,7
Águas Cálcicas	0	0,0	Águas Bicarbonatadas	4	13,3	Águas Bicarbonatadas Magnesianas	1	3,3
Águas Sódicas	24	80,0	Águas Cloretadas	17	56,7	Águas Bicarbonatadas Sódicas	3	10,0
Águas Mistas	5	16,7	Águas Mistas	7	23,3	Águas Cloretadas Sódicas	21	70,0

Com base nos dados apresentados na **figura 5.53** e na **tabela 5.66**, é possível afirmar que, a maioria (70%) das águas do Aquífero Rio Branco, coletadas em abril de 2012, são *Cloretadas Sódicas*.

Além disso, a distribuição espacial dos poços, apresentada na **figura 5.54**, permite verificar que os 30% restantes dos poços apresentam águas de composição química diversa, contemplando: cloretada magnesiana (16,7%), bicarbonatada sódica (10%) e bicarbonatada magnesiana (3,3%). A ocorrência desses tipos fora do padrão é atribuída possivelmente a influências antrópicas, haja vista que a área de estudo está inserida em região urbana.

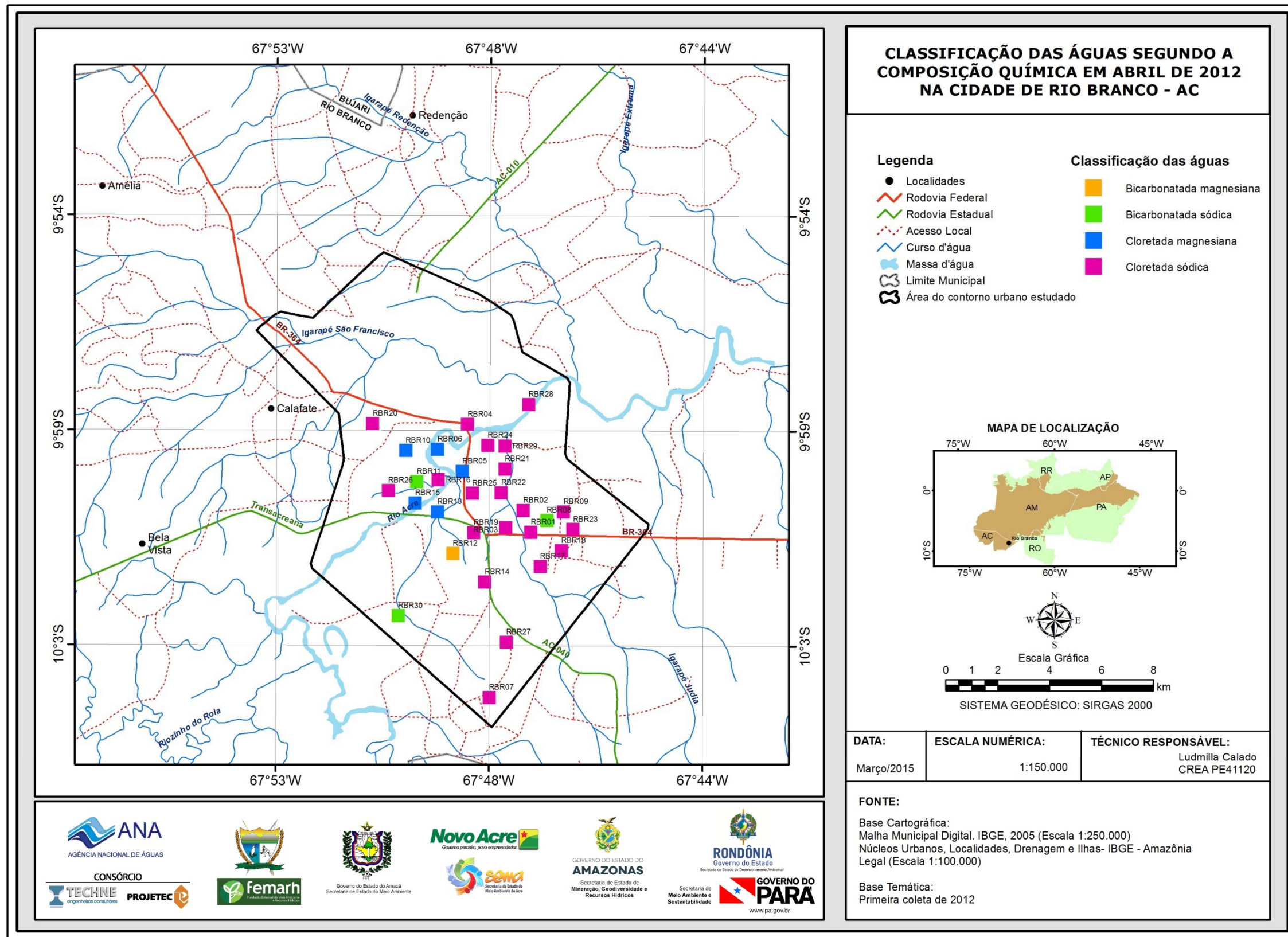
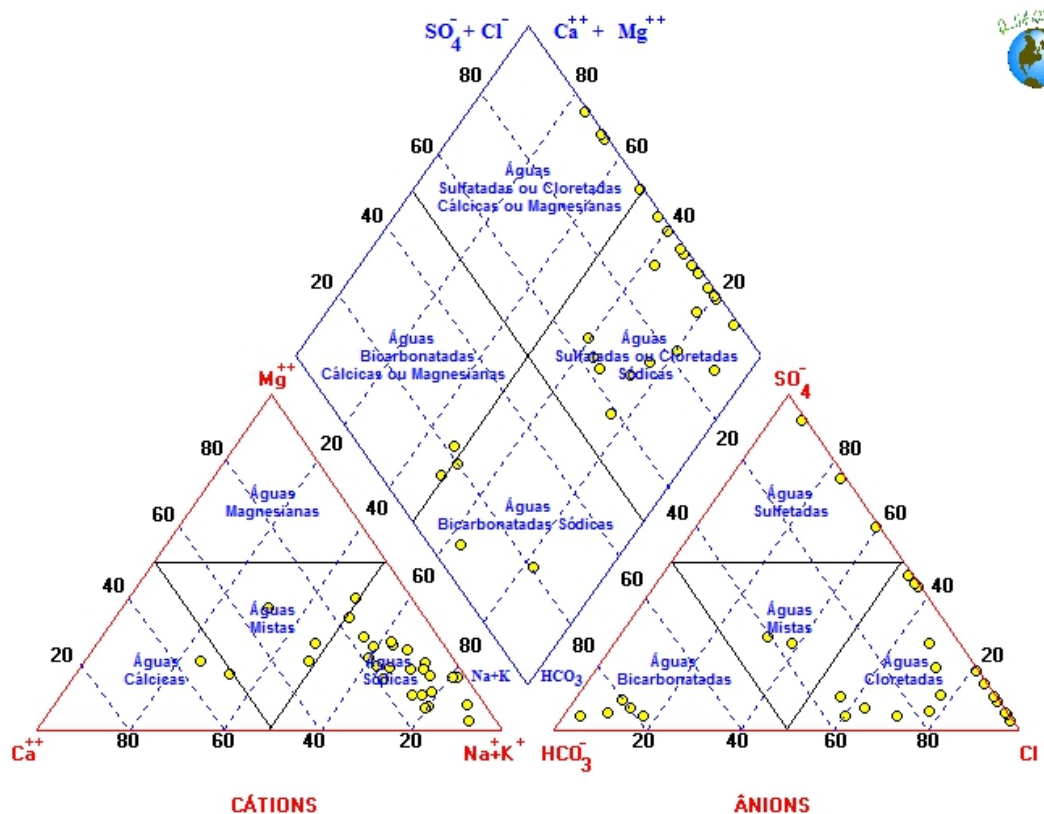


Figura 5.54 - Classificação das águas do Aquífero Rio Branco, em Rio Branco, segundo a composição química - Período chuvoso (abril de 2012).

### Período de estiagem

De acordo com a **figura 5.55** e **tabela 5.67** verifica-se que as águas do Aquífero Rio Branco, no período seco de outubro de 2012, quanto à presença de ânions, são 66,7% (20/30) cloretadas, 16,7% (5/30) bicarbonatadas, 10% (3/30) sulfatadas e 6,7% (2/30) mistas. Com relação aos cátions é possível identificar que 80% (24/30) das águas são sódicas, 13,3% (4/30) são mistas e 6,7% (2/30) são cálcicas.



Aquífero Rio Branco em Rio Branco - Período seco (outubro de 2012)

**Figura 5.55** – Classificação das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, em Rio Branco, através do Diagrama de Piper, com base em amostras de água coletadas em outubro de 2012.

Os dados da **tabela 5.67** e a distribuição espacial dos pontos indicativos da composição química das águas dos poços, apresentada na **figura 5.56**, permite verificar que 70% das águas são *Cloretadas Sódicas*.

**Tabela 5.67** - Classificação das Águas do Aquífero Rio Branco, de acordo com a composição química - Período seco (outubro de 2012).

Cátions	Poços	%	Ânions	Poços	%	Geral	Poços	%
Águas Magnesiânicas	0	0,0	Águas Sulfatadas	3	10,0	Águas Cloretadas Cálcicas	4	13,3
Águas Cálcicas	2	6,7	Águas Bicarbonatadas	5	16,7	Águas Bicarbonatadas Cálcicas	2	6,7
Águas Sódicas	24	80,0	Águas Cloretadas	20	66,7	Águas Bicarbonatadas Sódicas	3	10,0
Águas Mistas	4	13,3	Águas Mistas	2	6,7	Águas Cloretadas Sódicas	21	70,0

Os 30% restantes dos poços apresentam águas de composição química diversa, dentre as quais se encontram: 2/30 poços (6,7%) com água bicarbonatada cálcica; 3/30 poços (10%) com água bicarbonatada sódica; 4/30 poços (13,3%) com água cloretada cálcica. A ocorrência desses tipos fora do padrão é provavelmente atribuída a influências antrópicas, pois a área de estudo está localizada em espaço geográfico bastante urbanizado.

A comparação dos resultados das duas campanhas, no que se refere à composição química das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, mostra que o padrão de águas *Cloretadas Sódicas* não se modifica com a sazonalidade.

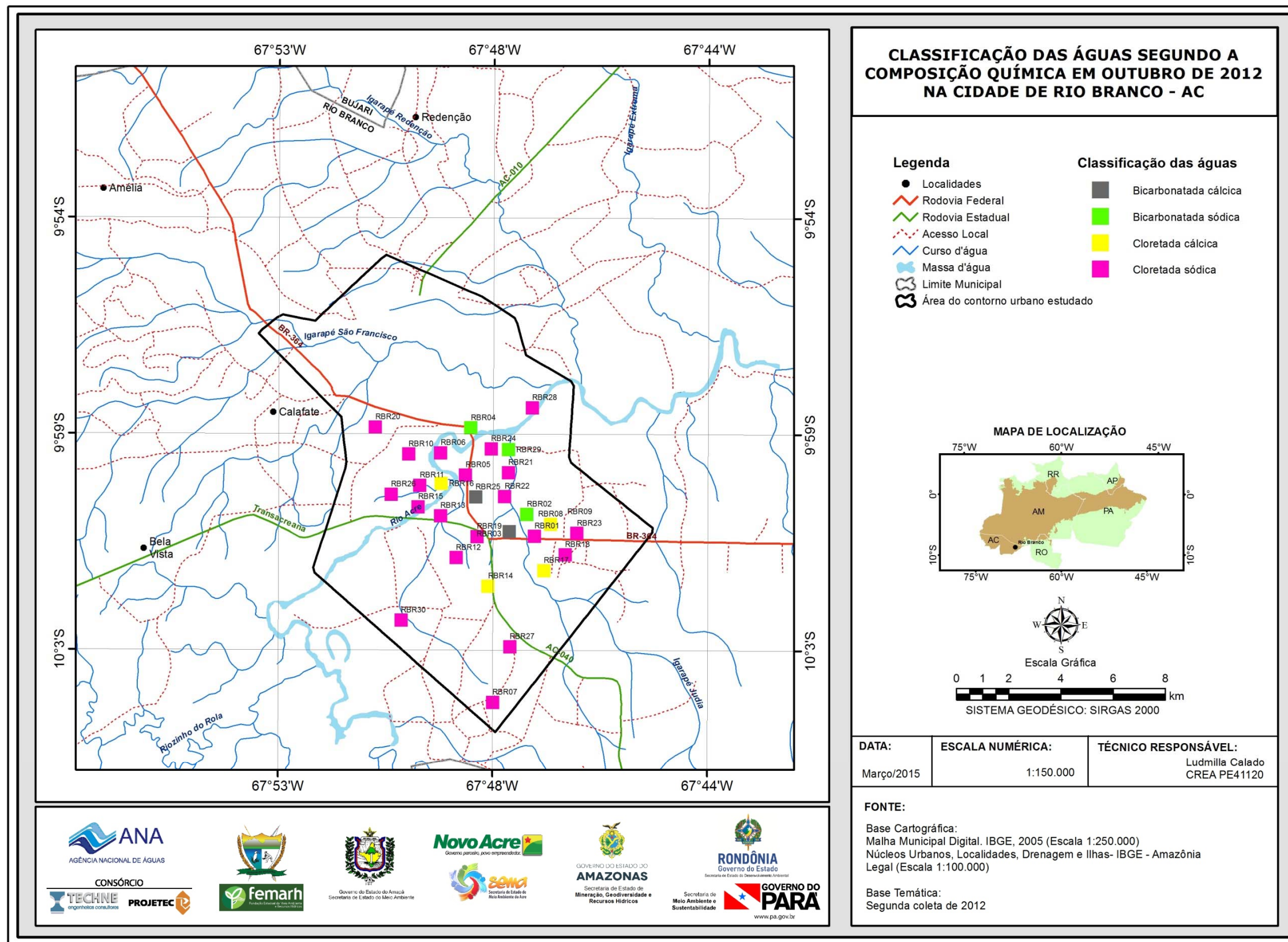


Figura 5.56 - Classificação das águas do Aquífero Rio Branco, em Rio Branco, segundo a composição química - Período seco (outubro de 2012).

### 5.2.17.2 – Diagramas de Stiff

Com base nos resultados das coletas realizadas nos meses de abril e outubro de 2012, em 30 poços situados na área urbana de Rio Branco, foram elaborados para fins de classificação das águas, segundo a composição química, Diagramas de Stiff, através dos quais é possível visualizar facilmente por meio de polígonos, os íons predominantes em cada um dos pontos analisados.

#### Período chuvoso

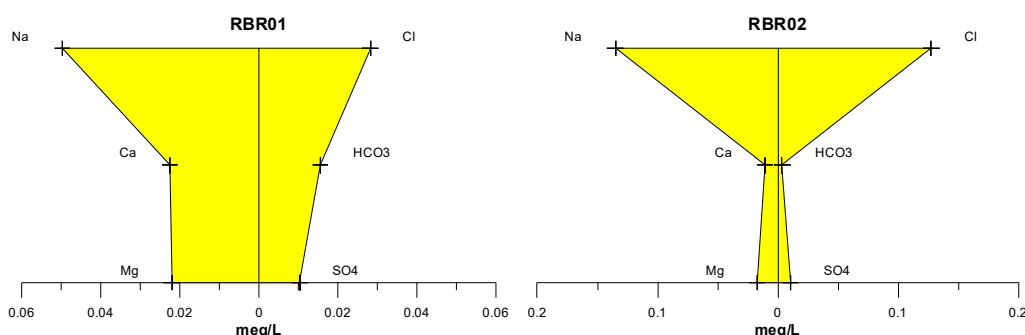
Os resultados da primeira campanha, assim como, a classificação das águas do aquífero Rio Branco, segundo a predominância de íons estão apresentados na **tabela 5.68**.

**Tabela 5.68** - Classificação das Águas do Aquífero Rio Branco, em Rio Branco de acordo com a predominância de íons - Período chuvoso (abril de 2012).

Classificação	Poços	%
Água Bicarbonatada Sódica	05	16,7
Água Cloretada Sódica	20	66,7
Água Cloretada Magnesiana	02	6,7
Água Sulfatada Sódica	01	3,3
Água Sulfatada Cálcica	01	3,3
Água Mista Sódica	01	3,3

Dentre as amostras de Rio Branco coletadas no período chuvoso, em abril de 2012, 66,7% (20/30) são cloretadas sódicas (**figura 5.57a**); 16,7% (5/30) bicarbonatadas sódicas (**figura 5.57b**); 6,7% (2/30) cloretadas magnesianas (**figura 5.57c**); 3,3% (1/30) sulfatada sódica (**figura 5.57d**); 3,3% (1/30) sulfatada cálcica (**figura 5.57e**); e 3,3% (1/30) mista sódica (**figura 5.57f**). Tais dados permitem classificar a maioria das águas do Aquífero Rio Branco em abril de 2012 como *Cloretadas Sódicas*.

#### Aquífero Rio Branco (Águas Cloretadas Sódicas) – abril de 2012

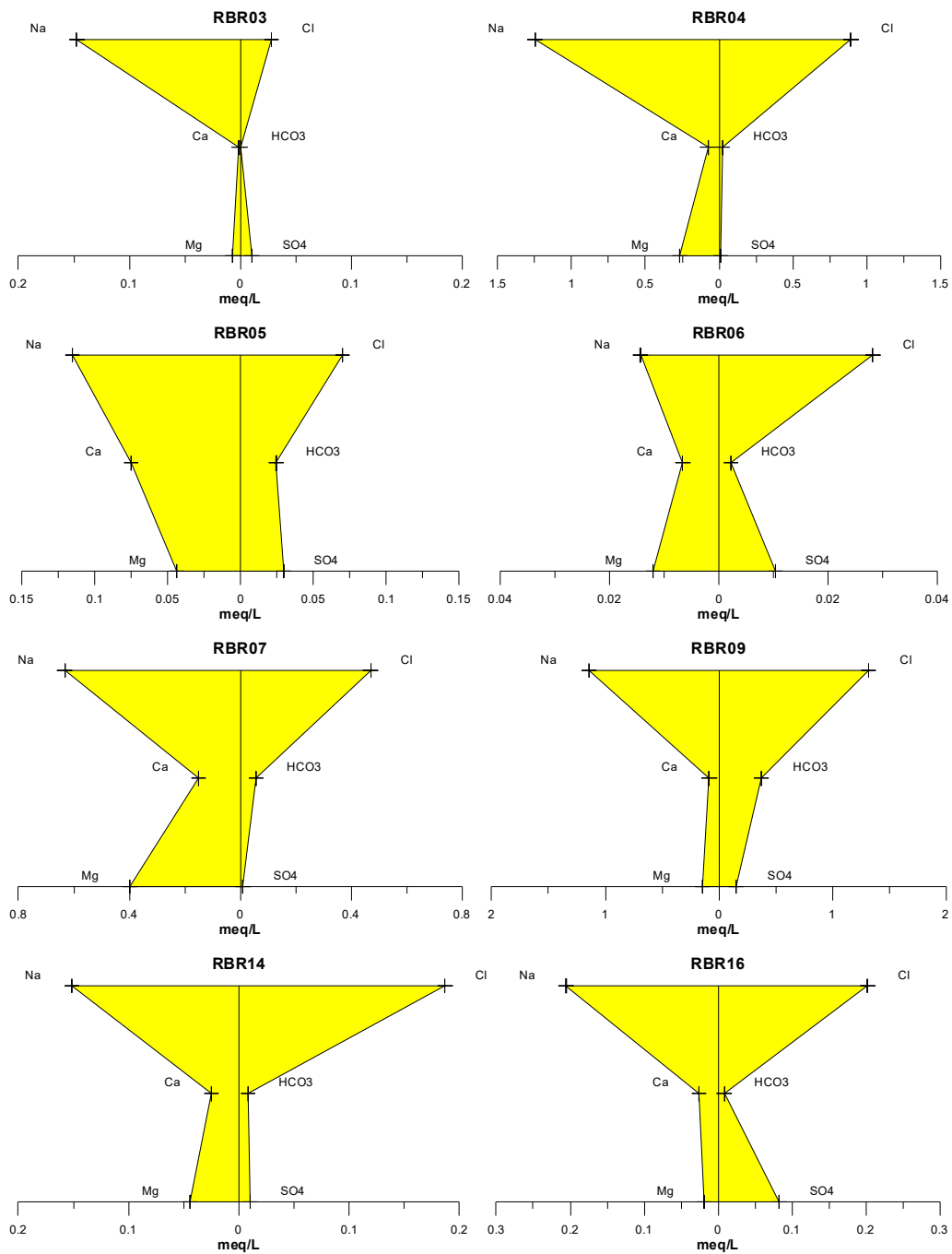


**Figura 5.57a** – Águas cloretadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas em abril de 2012 no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC.



**Continuação**

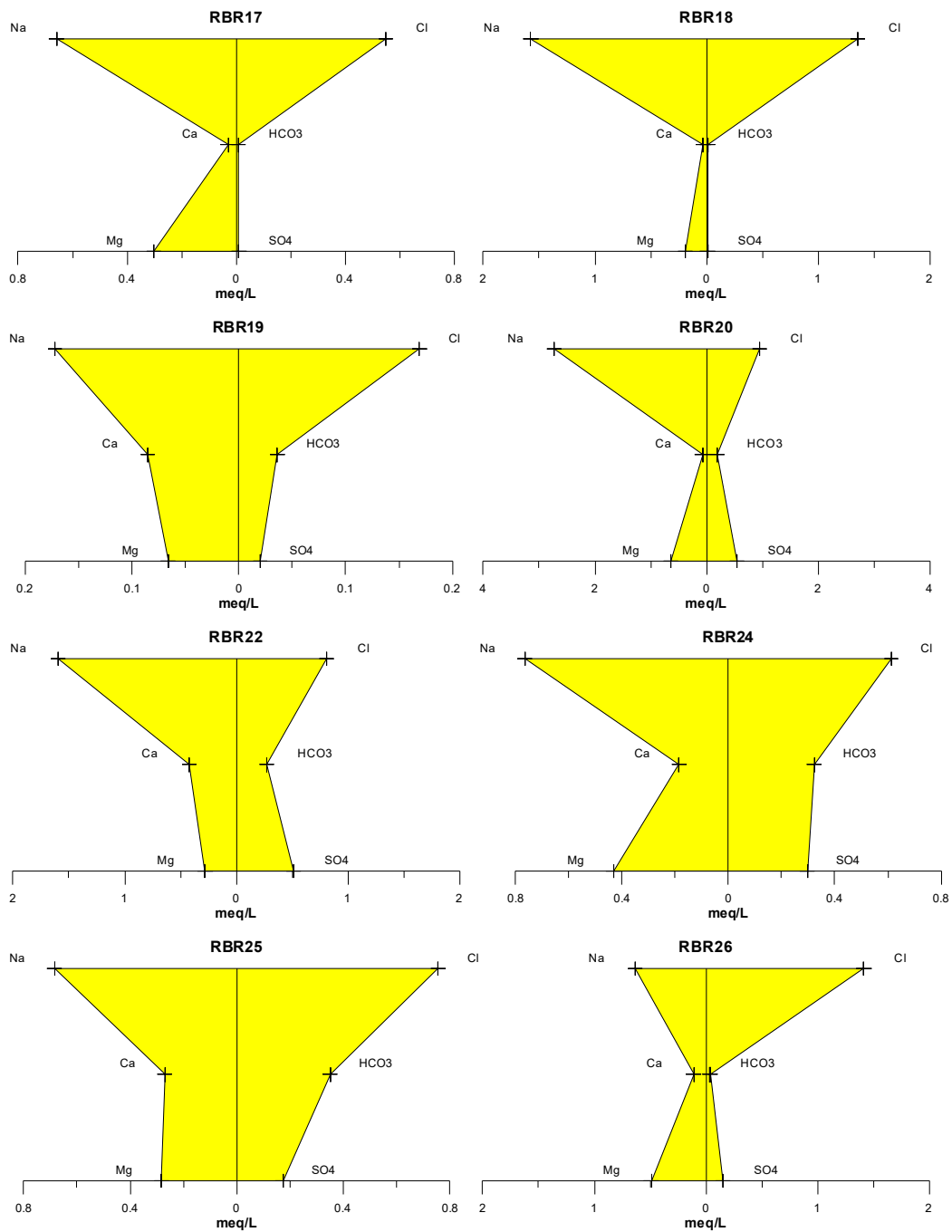
**Aquífero Rio Branco (Águas Cloretadas Sódicas) – abril de 2012**



**Figura 5.57a –** Águas cloretadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas em abril de 2012 no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC (continuação).

**Continuação**

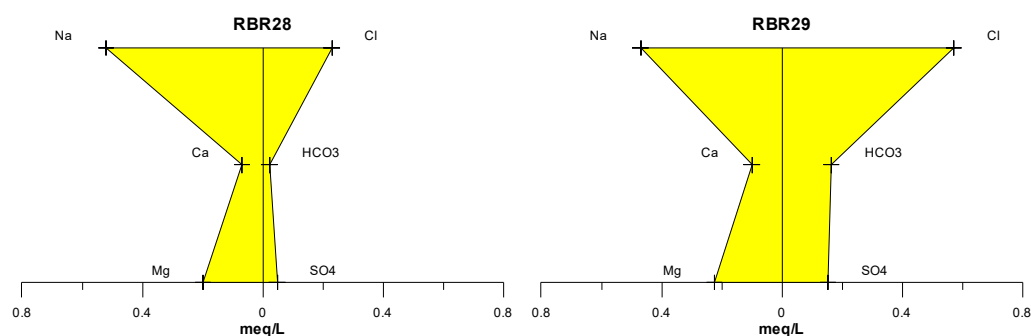
**Aquífero Rio Branco (Águas Cloretadas Sódicas) – abril de 2012**



**Figura 5.57a –** Águas cloretadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas em abril de 2012 no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC (continuação).

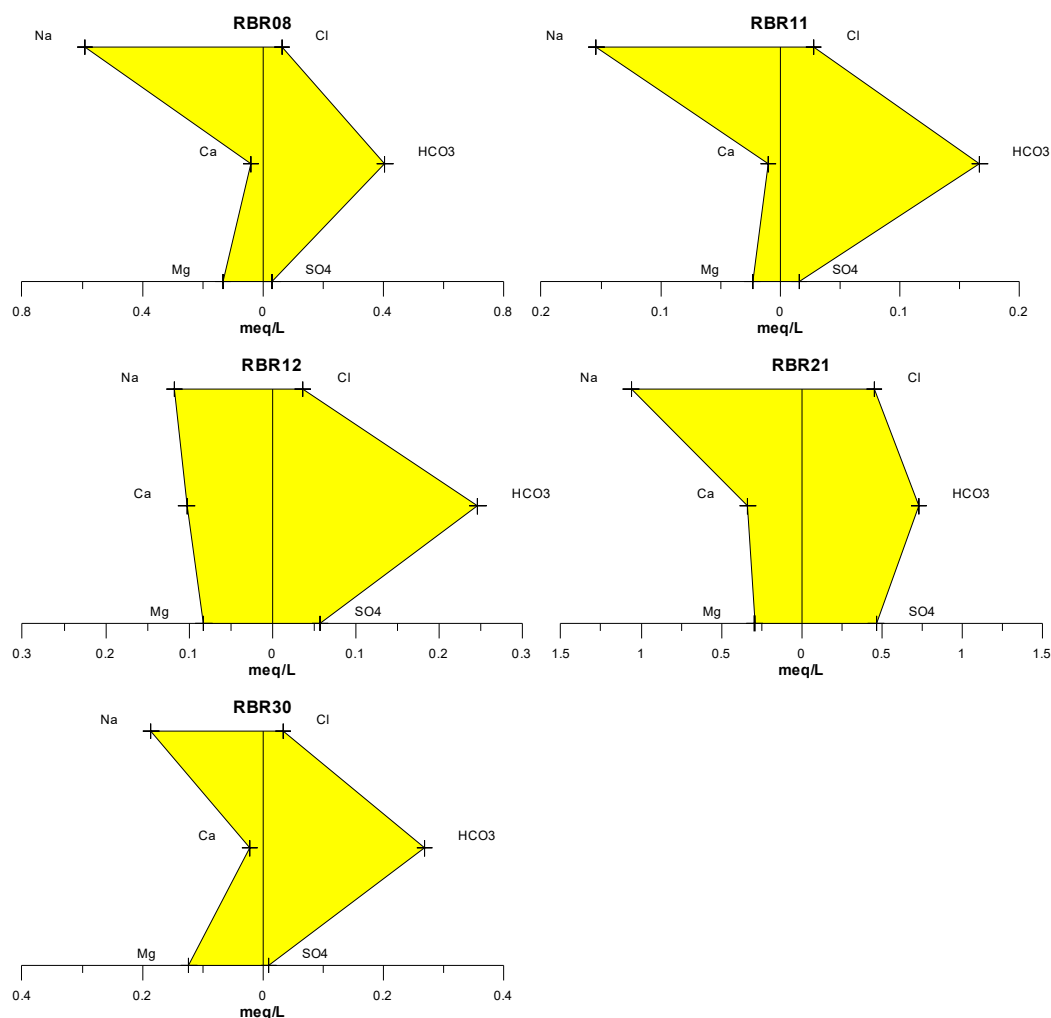
## Continuação

### Aquífero Rio Branco (Águas Cloretadas Sódicas) – abril de 2012



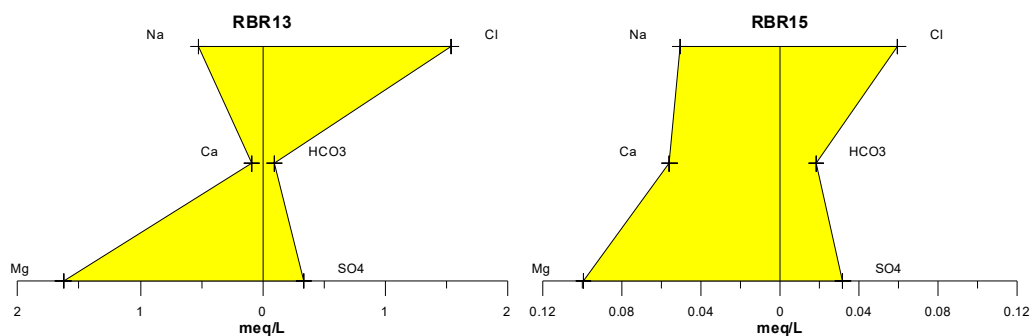
**Figura 5.57a** – Águas cloretadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas em abril de 2012 no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC (continuação).

### Aquífero Rio Branco (Águas Bicarbonatadas Sódicas) – abril de 2012



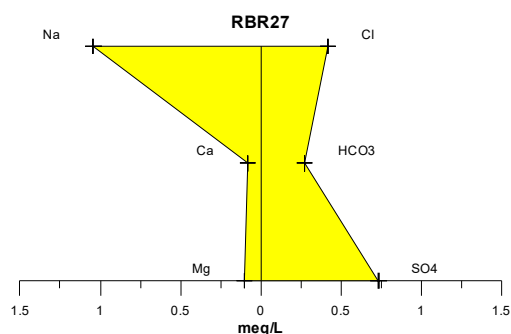
**Figura 5.57b** – Águas bicarbonatadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas em abril de 2012 no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC.

**Aquífero Rio Branco (Águas Cloretadas Magnesianas) – abril de 2012**



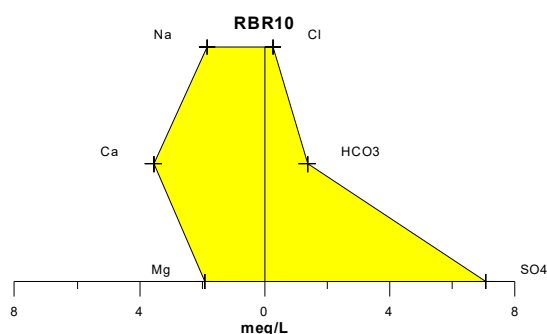
**Figura 5.57c** – Águas cloretadas magnesianas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas em abril de 2012 no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC.

**Aquífero Rio Branco (Água Sulfatada Sódica) – abril de 2012**



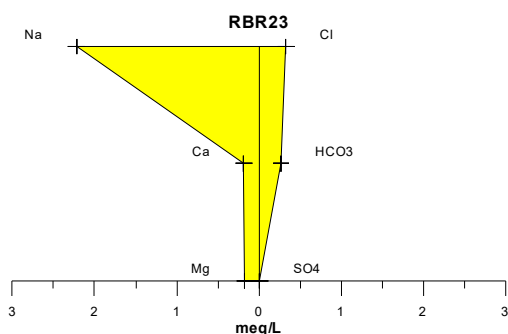
**Figura 5.57d** – Água sulfatada sódica classificada segundo o Diagrama de Stiff, com base em amostra de água coletada em abril de 2012 no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC.

**Aquífero Rio Branco (Água Sulfatada Cálcica) – abril de 2012**



**Figura 5.57e** – Água sulfatada cálcica classificada segundo o Diagrama de Stiff, com base em amostra de água coletada em abril de 2012 no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC.

### Aquífero Rio Branco (Água Mista Sódica) – abril de 2012



**Figura 5.57f** – Água mista sódica classificada segundo o Diagrama de Stiff, com base em amostra de água coletada em abril de 2012 no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC.

#### Período de estiagem

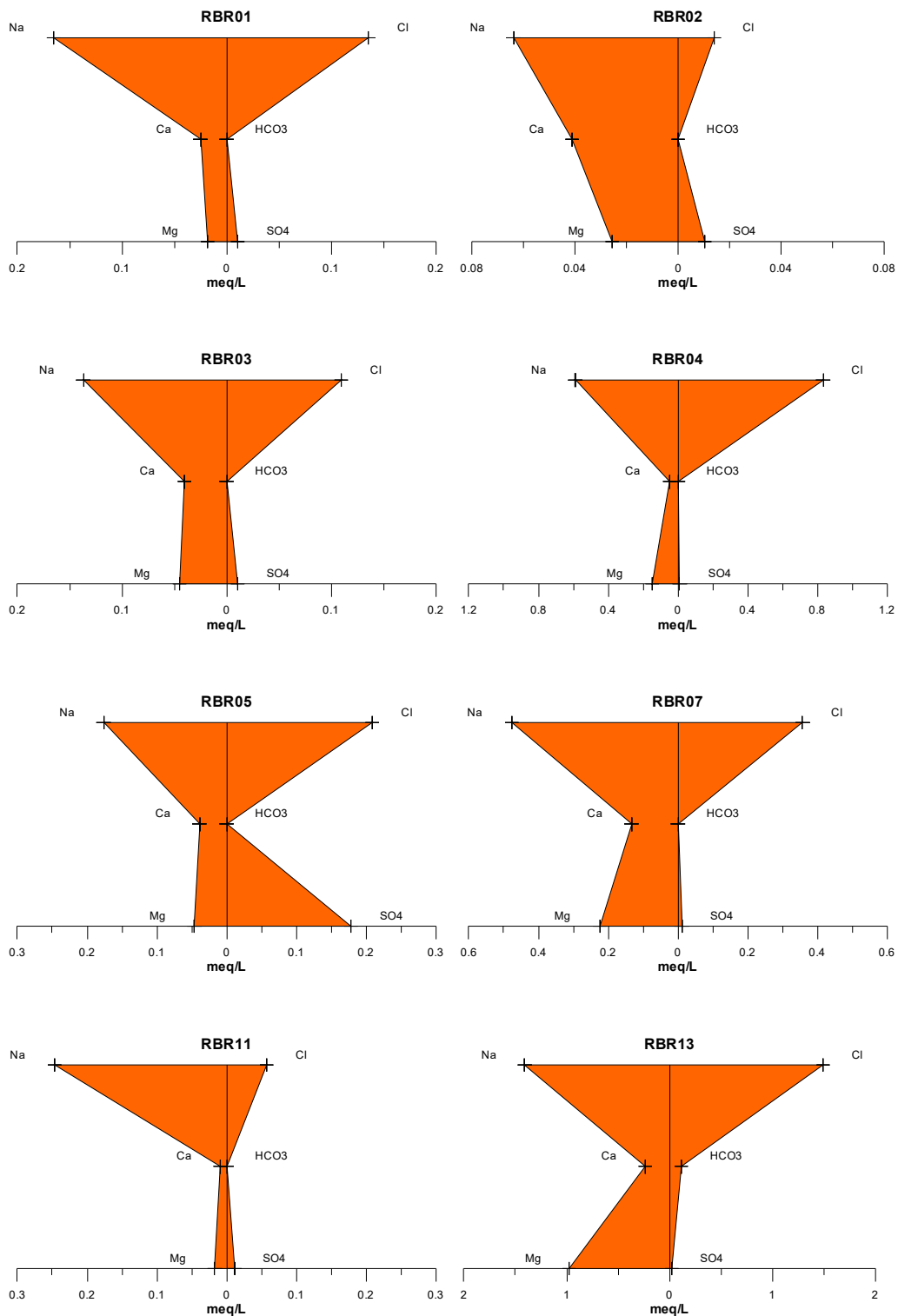
Os resultados da segunda campanha, assim como, a classificação das águas do aquífero Rio Branco, segundo a predominância de íons estão apresentados na **tabela 5.69**.

**Tabela 5.69** - Classificação das Águas do Aquífero Rio Branco, em Rio Branco, de acordo com a predominância de íons - Período seco (outubro de 2012).

Classificação	Poços	%
Água Cloretada Sódica	22	73,3
Água Bicarbonatada Sódica	03	10,0
Água Sulfatada Cálcica	03	10,0
Água Sulfatada Magnésiana	01	3,3
Água Sulfatada Sódica	01	3,3

Analisando os resultados das amostras de Rio Branco, coletadas no período seco, em outubro de 2012, verificou-se que 73,3% (22/30) das águas são classificadas como cloretadas sódicas (**figura 5.58a**); 10% (3/30) bicarbonatadas sódicas (**figura 5.58b**); 10% (3/30) sulfatadas cálcicas (**figura 5.58c**); 3,3% (1/30) sulfatada magnésiana (**figura 5.58d**); e 3,3% (1/30) sulfatada sódica (**figura 5.58e**). Sendo, portanto, classificadas a maioria das águas do Aquífero Rio Branco, em outubro de 2012, como *Cloretadas Sódicas*.

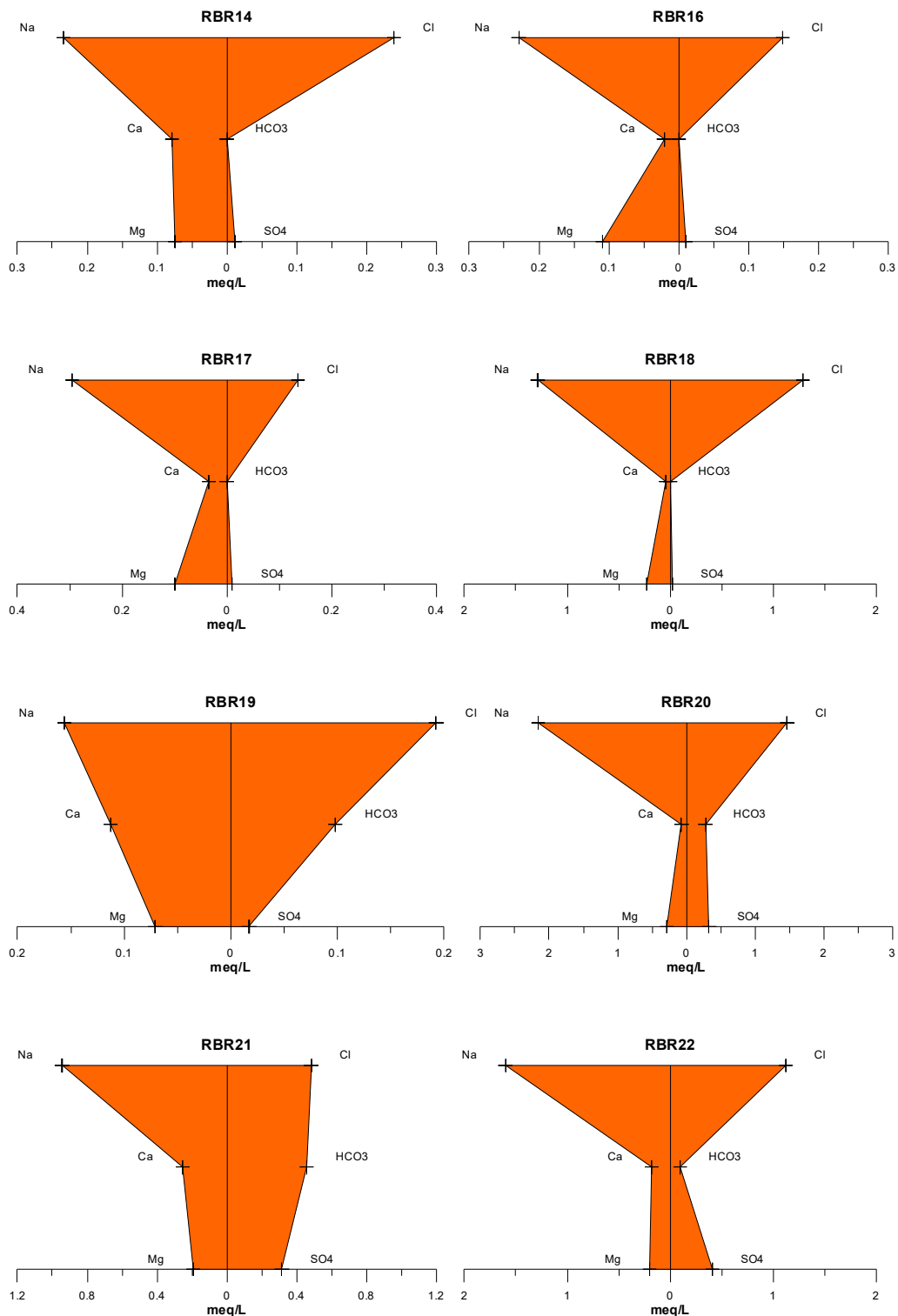
**Aquífero Rio Branco (Águas Cloretadas Sódicas) - outubro de 2012**



**Figura 5.58a** – Águas cloretadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas no período de estiagem em outubro de 2012 no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC.

**Continuação**

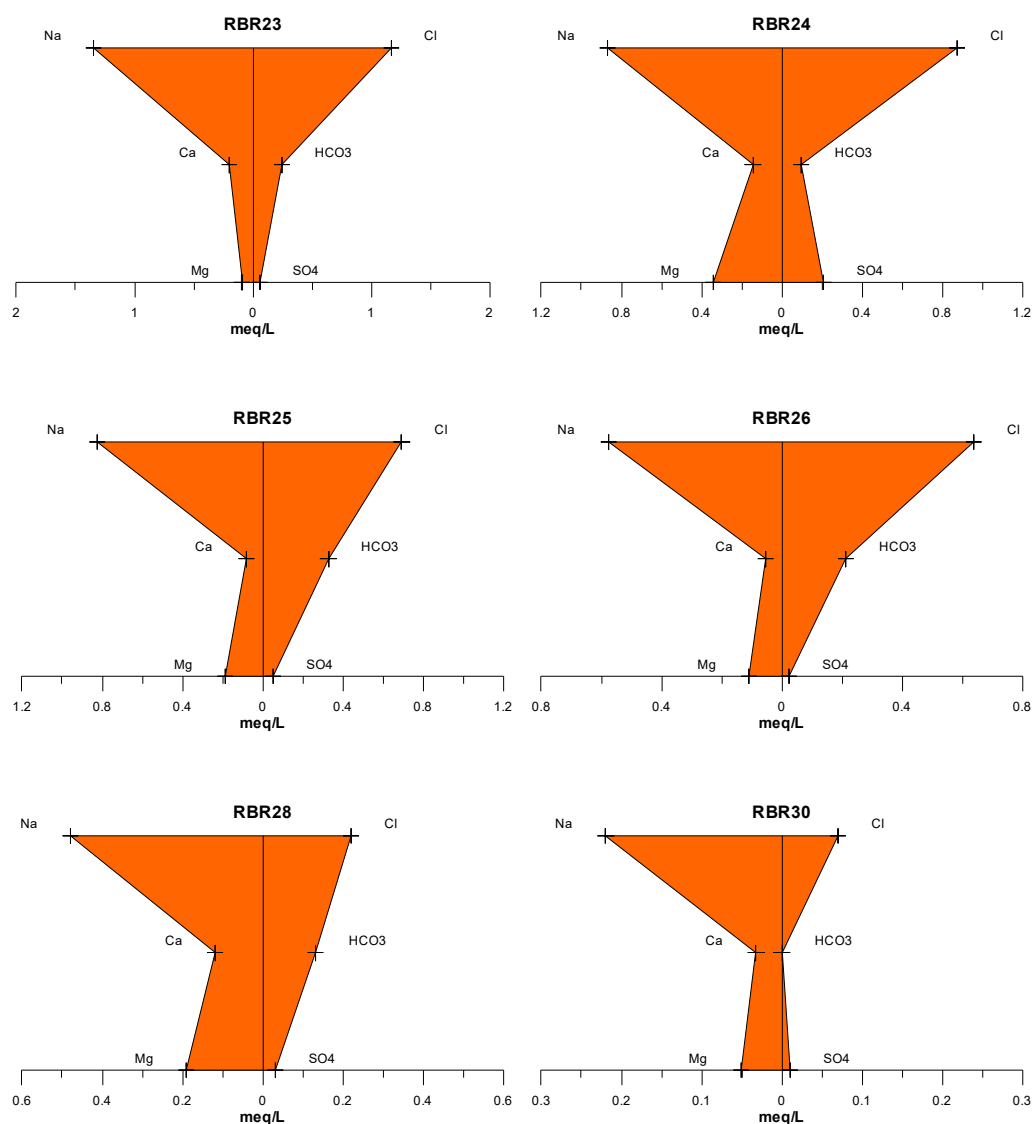
**Aquífero Rio Branco (Águas Cloretadas Sódicas) - outubro de 2012**



**Figura 5.58a** – Águas cloretadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas no período de estiagem em outubro de 2012 no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC (continuação).

**Continuação**

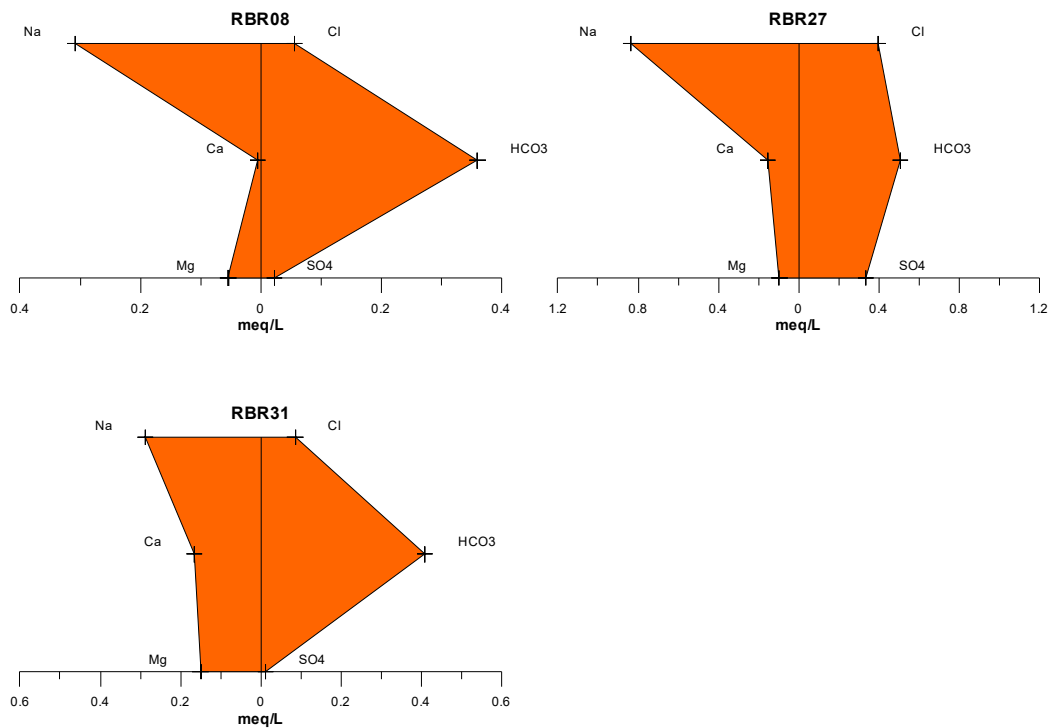
**Aquífero Rio Branco (Águas Cloretadas Sódicas) - outubro de 2012**



**Figura 5.58a** – Águas cloretadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas no período de estiagem em outubro de 2012 no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC (continuação).

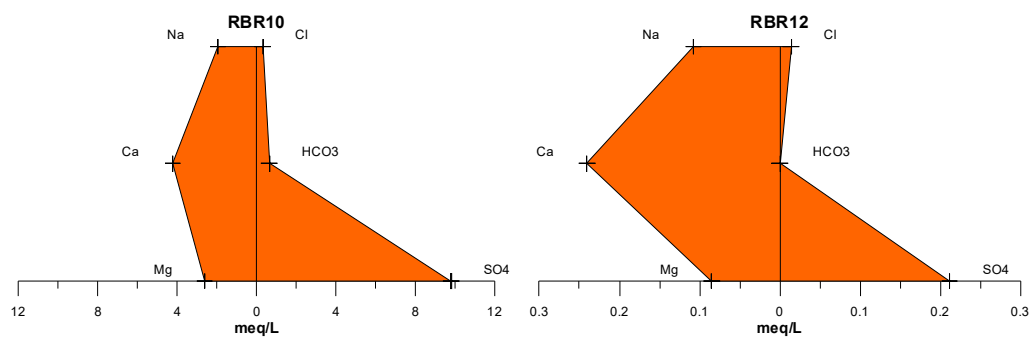


**Aquífero Rio Branco (Águas Bicarbonatadas Sódicas) - outubro de 2012**



**Figura 5.58b** – Águas bicarbonatadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas no período de estiagem em outubro de 2012 no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC.

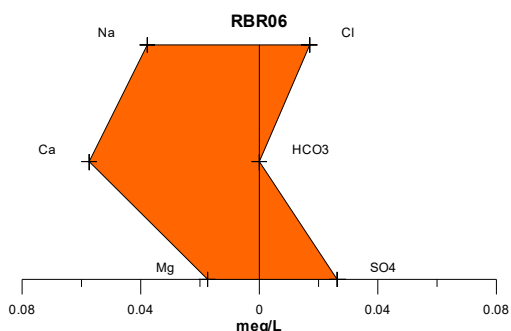
**Aquífero Rio Branco (Águas Sulfatadas Cálcicas) - outubro de 2012**



**Figura 5.58c** – Águas sulfatadas cálcicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletada no período de estiagem, em outubro de 2012, no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC.

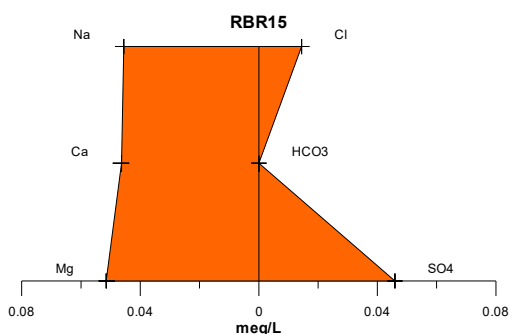
## Continuação

### Aquífero Rio Branco (Águas Sulfatadas Cálcidas) - outubro de 2012



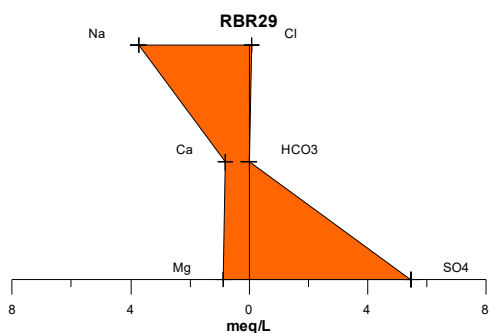
**Figura 5.58c** – Águas sulfatadas cálcicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletada no período de estiagem, em outubro de 2012, no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC (continuação).

### Aquífero Rio Branco (Água Sulfatada Magnésiana) - outubro de 2012



**Figura 5.58d** – Água sulfatada magnésiana classificada segundo o Diagrama de Stiff, com base em amostra de água coletada no período de estiagem em outubro de 2012 no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC.

### Aquífero Rio Branco (Água Sulfatada Sódica) - outubro de 2012



**Figura 5.58e** – Água sulfatada sódica classificada segundo o Diagrama de Stiff, com base em amostra de água coletada no período de estiagem em outubro de 2012 no aquífero Rio Branco, em Rio Branco - AC.

## **5.2.18 – Classificação das Águas Subterrâneas Segundo o Uso**

### **5.2.18.1 – Diagramas de Schoeller-Berkaloff para Consumo Humano**

De acordo com o Diagrama de Schoeller-Berkaloff de classificação das águas para consumo humano, em abril de 2012 (**figura 5.59**), as águas subterrâneas do aquífero Rio Branco mostraram ser de boa potabilidade. As únicas exceções foram os parâmetros sulfato e bicarbonato.

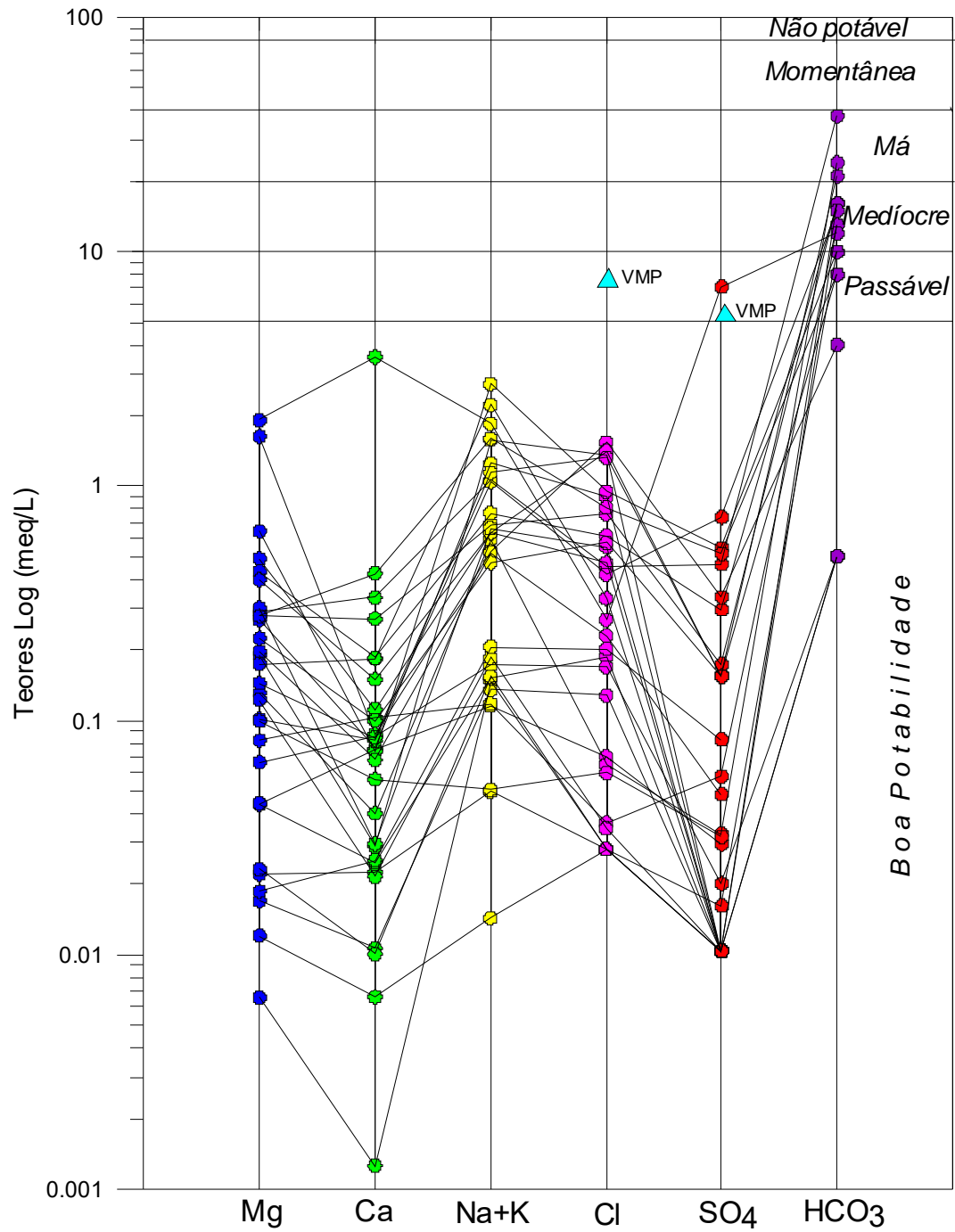
O poço RBR14 obteve no parâmetro sulfato classificação da água passável, e também, ultrapassou o VMP da Portaria MS 2914/2011. Altos teores de sulfato na água são prejudiciais à saúde, e por tal motivo, a Portaria MS estabelece o limite de 250 mg/L como padrão organoléptico de potabilidade humana, sendo assim, os resultados encontrados no poço RBR14 na primeira campanha ultrapassam esse limite e como já foi explicado e ilustrado através da **foto 5.2**, trata-se de uma contaminação pontual produzida provavelmente por uso de fertilizante.

Com relação ao bicarbonato, apesar de alguns poços apresentarem resultados que se enquadram nas classificações passável, medíocre e má, não há restrições desse parâmetro na potabilidade para consumo humano, segundo a Portaria MS 2914/2011 e a resolução CONAMA 396/2008.

Mediante avaliação dos dados coletados em outubro de 2012 (**figura 5.60**), as águas subterrâneas do aquífero Rio Branco são classificadas como de boa potabilidade. O único parâmetro que apresentou resultados na classificação passável foi o sulfato nos poços RBR02 e RBR01. Tais poços, também apresentaram resultados acima do VMP estabelecido pela Portaria MS 2914/2011 e pela Resolução CONAMA 396/2008 não sendo as suas águas indicadas para consumo humano, o que se deve a contaminações de origem antrópica.

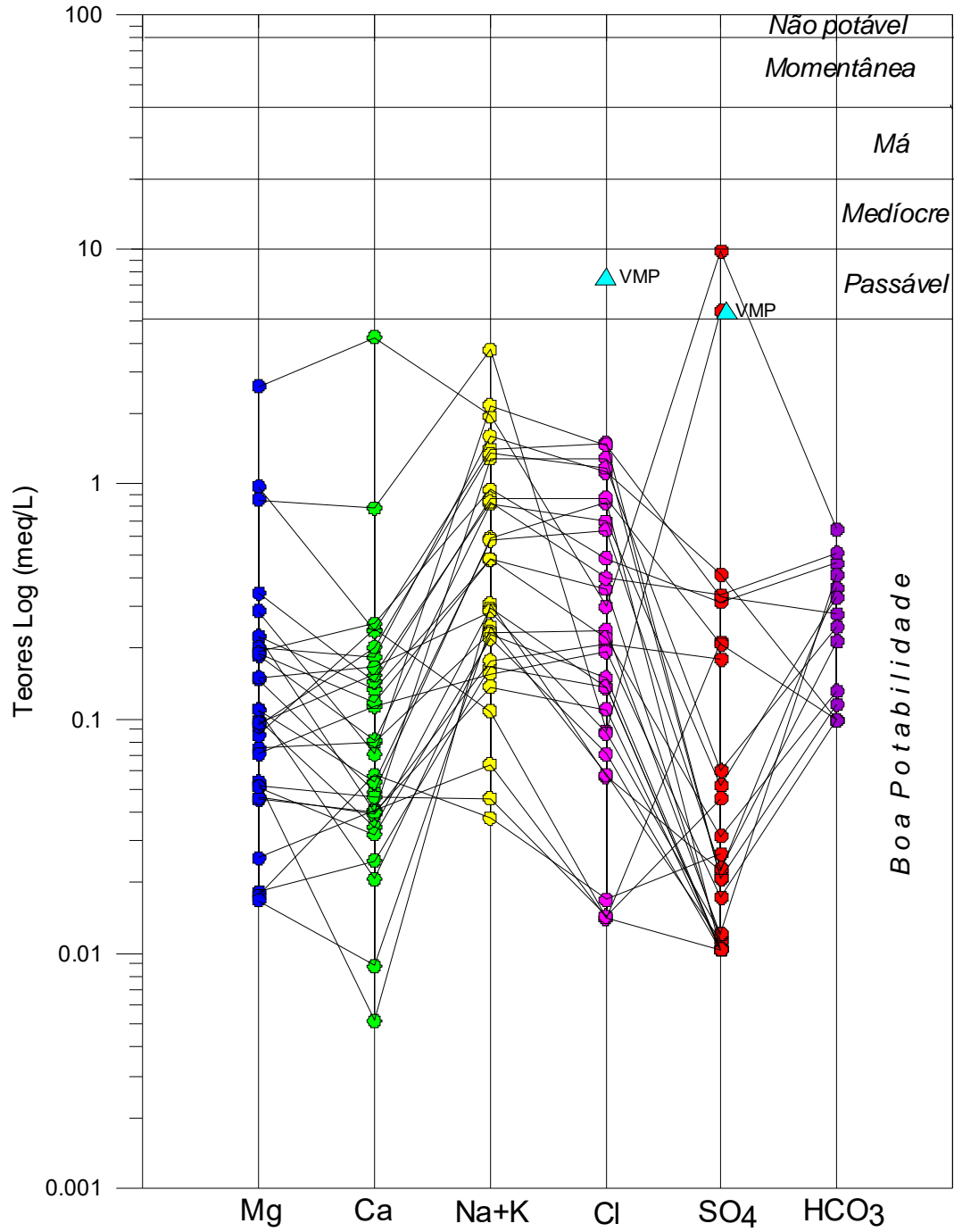
Os demais poços apresentaram resultados de boa potabilidade, indicando que as águas, a menos de contaminações microbiológicas, podem ser usadas para consumo humano sem restrições.

**Aquífero Rio Branco em Rio Branco**  
**Período chuvoso (abril de 2012)**



**Figura 5.59** – Classificação das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, em Rio Branco, no período chuvoso, segundo o Diagrama de Schoeller-Berkaloff.

**Aquífero Rio Branco em Rio Branco**  
**Período seco (outubro de 2012)**



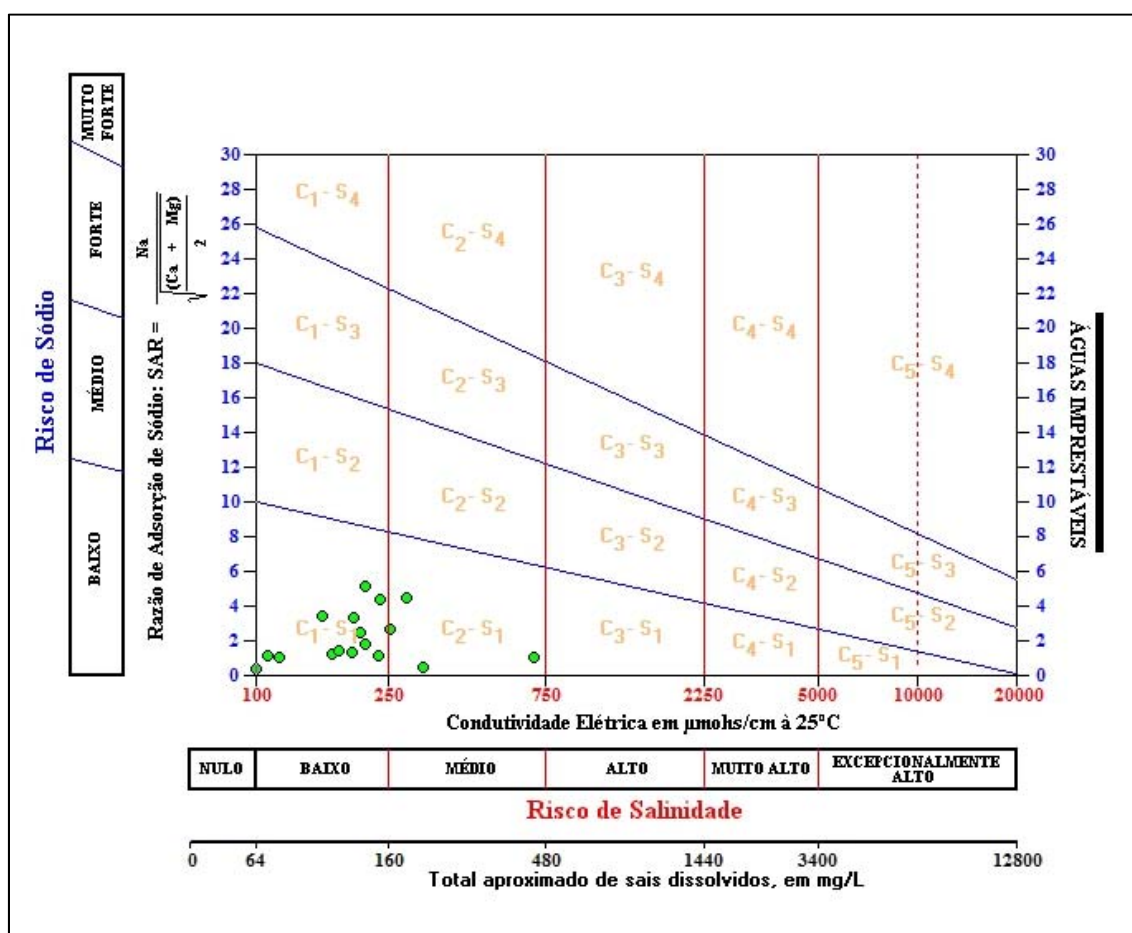
**Figura 5.60** – Classificação das águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, em Rio Branco, no período de estiagem, segundo o Diagrama de Schoeller-Berkaloff.

### 5.2.18.2 – Diagramas de Risco de Sódio e Salinidade para Irrigação

Para a avaliação das águas do Aquífero Rio Branco em Rio Branco quanto ao uso na irrigação foi utilizada a classificação proposta pelo *United States Salinity Laboratory* (USSL), que se baseia na Razão de Adsorção de Sódio (SAR) e na condutividade elétrica da água para classificar as águas em categorias de acordo com a salinidade e o risco de sódio.

#### Período chuvoso

Com base na referida classificação, verificou-se que as amostras coletadas em abril de 2012 apresentaram risco de sódio baixo em 100% dos casos, ou seja, classificação S<sub>1</sub>, que significa águas fracamente sódicas, que podem ser utilizadas em quase todos os solos com fraco risco de formação de teores nocivos de sódio susceptível de troca, servindo para o cultivo de quase todos os vegetais, como pode ser observado na **figura 5.61**.



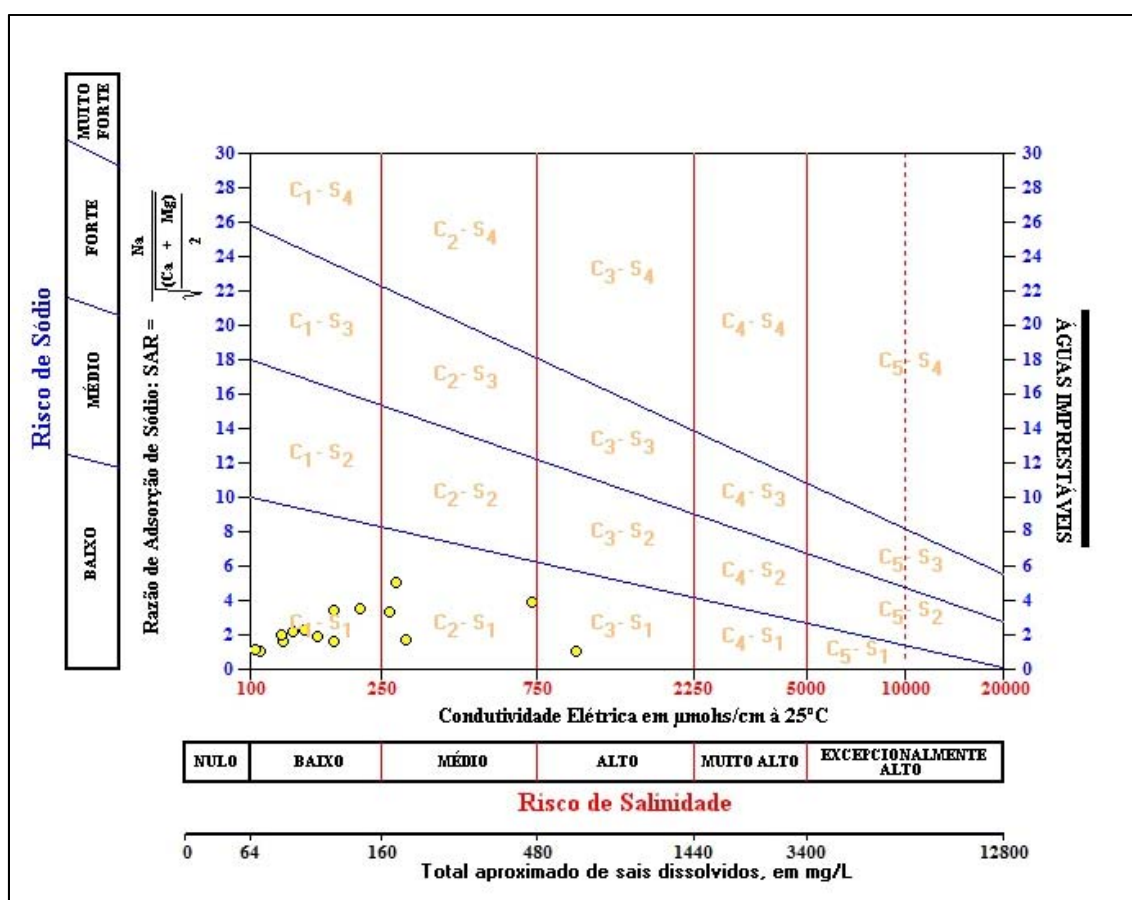
**Figura 5.61** – Classificação das águas do Aquífero Rio Branco, em Rio Branco, para fins de irrigação – Abril de 2012.

Quanto à salinidade, as amostras de abril de 2012, apresentaram em 46,7% dos casos, classificação C<sub>0</sub>, que corresponde a águas de salinidade fraquíssima, que podem ser utilizadas sem restrições para irrigação; enquanto que 40% dos casos, classificação C<sub>1</sub>, indicativa de que são águas de salinidade fraca, que podem ser utilizadas para irrigar a maioria das culturas, na maioria dos solos, com pequeno risco de salinização do solo, exceto se a

permeabilidade do solo for extremamente fraca. Os 13,3% restantes, apresentaram classificação C<sub>2</sub>, ou seja, águas de salinidade média, que devem ser usadas com precaução, podendo ser utilizadas em solos silte-arenosos, siltosos ou areno-argilosos quando houver uma lixiviação moderada do solo (figura 5.61).

### Período de estiagem

Os resultados das amostras coletadas em outubro de 2012 revelaram que em 100% dos casos as águas apresentaram risco de sódio baixo, o que corresponde à classificação S<sub>1</sub>, águas fracamente sódicas que podem ser usadas em quase todos os solos e servem para cultivar boa parte dos vegetais, como indica a figura 5.62.



**Figura 5.62** – Classificação das águas do Aquífero Rio Branco, em Rio Branco, para fins de irrigação – Outubro de 2012.

Com relação à salinidade, as amostras de outubro de 2012 apresentaram em 50% (15/30) dos casos a classificação C<sub>0</sub>, sem risco de salinidade, que podem ser utilizadas sem restrições para irrigação; 33,3% (10/30) dos casos a classificação C<sub>1</sub>, ou seja, águas de baixo risco de salinidade, que podem ser utilizadas para irrigar a maioria das culturas; 13,3% (4/30) a classificação C<sub>2</sub>, com médio risco de salinidade, que devem ser usadas com precaução, podendo ser utilizadas em solos silte-arenosos, siltosos ou areno-argilosos quando houver uma lixiviação moderada do solo; e por fim, um valor (1/30) com classificação C<sub>3</sub>, indicativo de risco alto de salinidade, detectado no poço RBR01 (CE de 992 µS/cm) no qual foi constatada a ocorrência pontual anômala de sulfato, contaminando a água natural, gerando uma água que só

pode ser utilizada em solos bem drenados e para cultivo de plantas de boa tolerância salina.

De modo geral, verifica-se que ambas as campanhas de amostragem apresentaram águas propícias para fins de irrigação, em face dos baixos teores de salinidade e de risco de sódio, o que pode representar uma alternativa local de fonte de renda para a população rural (**tabela 5.70**).

**Tabela 5.70** - Classificação das águas coletadas nas duas campanhas de amostragem de acordo com o risco de salinidade e o risco de sódio, segundo USSL.

Nome	Período chuvoso (abril de 2012)			Período seco (outubro de 2012)		
	Classe USSL	Risco		Classe USSL	Risco	
		Salinidade	Sódio		Salinidade	Sódio
RBR01	C0-S1	Nulo	Baixo	C3-S1	Alto	Baixo
RBR02	C0-S1	Nulo	Baixo	C2-S1	Médio	Baixo
RBR03	C0-S1	Nulo	Baixo	C1-S1	Baixo	Baixo
RBR04	C0-S1	Nulo	Baixo	C0-S1	Nulo	Baixo
RBR05	C1-S1	Baixo	Baixo	C0-S1	Nulo	Baixo
RBR06	C0-S1	Nulo	Baixo	C0-S1	Nulo	Baixo
RBR07	C0-S1	Nulo	Baixo	C0-S1	Nulo	Baixo
RBR08	C0-S1	Nulo	Baixo	C1-S1	Baixo	Baixo
RBR09	C1-S1	Baixo	Baixo	C0-S1	Nulo	Baixo
RBR10	C0-S1	Nulo	Baixo	C0-S1	Nulo	Baixo
RBR11	C0-S1	Nulo	Baixo	C1-S1	Baixo	Baixo
RBR12	C0-S1	Nulo	Baixo	C1-S1	Baixo	Baixo
RBR13	C1-S1	Baixo	Baixo	C2-S1	Médio	Baixo
RBR14	C2-S1	Médio	Baixo	C2-S1	Médio	Baixo
RBR15	C1-S1	Baixo	Baixo	C0-S1	Nulo	Baixo
RBR16	C1-S1	Baixo	Baixo	C1-S1	Baixo	Baixo
RBR17	C2-S1	Médio	Baixo	C0-S1	Nulo	Baixo
RBR18	C1-S1	Baixo	Baixo	C0-S1	Nulo	Baixo
RBR19	C2-S1	Médio	Baixo	C1-S1	Baixo	Baixo
RBR20	C1-S1	Baixo	Baixo	C1-S1	Baixo	Baixo
RBR21	C0-S1	Nulo	Baixo	C1-S1	Baixo	Baixo
RBR22	C1-S1	Baixo	Baixo	C1-S1	Baixo	Baixo
RBR23	C1-S1	Baixo	Baixo	C0-S1	Nulo	Baixo
RBR24	C0-S1	Nulo	Baixo	C1-S1	Baixo	Baixo
RBR25	C0-S1	Nulo	Baixo	C0-S1	Nulo	Baixo
RBR26	C1-S1	Baixo	Baixo	C0-S1	Nulo	Baixo
RBR27	C1-S1	Baixo	Baixo	C0-S1	Nulo	Baixo
RBR28	C2-S1	Médio	Baixo	C0-S1	Nulo	Baixo
RBR29	C1-S1	Baixo	Baixo	C0-S1	Nulo	Baixo
RBR30	C0-S1	Nulo	Baixo	C2-S1	Médio	Baixo



### 5.2.18.3 - Pecuária

A fim de avaliar se as águas coletadas nos trinta poços distribuídos pela área urbana de Rio Branco nos períodos de abril e outubro de 2012 servem para pecuária, empregou-se a metodologia adotada por McKee & Wolf (1963), os quais determinam os limites máximos admissíveis de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) na água para cada tipo de animal, como pode ser observado na **tabela 5.71**.

**Tabela 5.71** – Padrões de STD para uso animal, segundo McKee & Wolf (1963).

Animal	STD (mg/L)
Aves	2.860
Porcos	4.290
Cavalos	6.435
Gado (leite)	7.180
Gado (corte)	10.000
Bodes e Carneiros	12.900

Sendo assim, com base na classificação acima é possível afirmar que as águas em ambos os períodos de coleta podem ser utilizadas para o consumo animal sem restrições, uma vez que os maiores teores encontrados de STD foram de 521 e 815 mg/L, respectivamente, para a 1ª e 2ª campanhas.

### 5.3 – Conclusões Gerais sobre a Qualidade das Águas Subterrâneas do Aquífero Rio Branco, em Rio Branco

O estudo hidrogeoquímico das águas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, indicou que, de forma geral, os teores analisados se encontram em baixíssimas concentrações, devido ao clima chuvoso da Floresta Tropical Amazônica e que os valores extremos encontrados, inclusive acima do VMP estabelecido como de potabilidade pela Portaria MS 2914/2011, assim como, os usos preponderantes da água subterrânea definidos pela Resolução CONAMA 396/2008 se devem exclusivamente a fatores antrópicos.

A modelagem geoestatística dos 20 (vinte) parâmetros físico-químicos analisados nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, na cidade de Rio Branco, permitiu comprovar sem viés ou bias estatístico, a influência da sazonalidade em 75% (15/20) dos referidos parâmetros, com níveis de risco iguais a 50, 20, 10, 5, 2 e 1%, para os quais foram caracterizados com maiores valores:

- ✓ No período chuvoso, 7 (sete) parâmetros: Turbidez, CE, STD, pH, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>;
- ✓ No período seco, 9 (nove) parâmetros: Eh, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Dureza, Fe, Mn.

Em 20% dos parâmetros (4/20) restantes, a resposta do modelo, dependendo do nível de risco, pode ser tomada em mais de um sentido, como por exemplo:

- ✓ Para 4 (quatro) parâmetros: Cor, Temperatura, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> e Amônia o modelo sugere:

- Cor e Amônia<sup>-</sup>, com 50% de risco, não sofrem efeito de sazonalidade e com riscos de 20, 10, 5, 2 e 1%, sofrem efeito, com maiores valores no período chuvoso;
- NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, com 50% de risco, maiores valores no período chuvoso e com riscos de 20, 10, 5, 2 e 1%, maiores valores no período seco;
- Temperatura, com riscos de 50, 20 e 10% os maiores valores seriam encontrados no período seco, e com menores riscos, de 5, 2 e 1%, o modelo sugere que a temperatura é igual em ambos os períodos de coleta.

Como se observa, existe um ligeiro bias estatístico no comportamento dos parâmetros cor, sódio, nitrito e amônia, no tocante ao efeito da sazonalidade. Chama a atenção o fato de que os maiores valores medidos desses parâmetros não se repetem nos mesmos poços nas duas campanhas, como seria de esperar se, de fato, as diferenças fossem devidas apenas à sazonalidade e não, também, a influências, com por exemplo, antrópicas. Mesmo assim, considerou-se válida a influência da sazonalidade sugerida pelo modelo com nível de confiança maior do que 95%, ou seja, com menos de 5% de risco (**item 5.1.10**).

A avaliação dos parâmetros biológicos indicou a presença tanto de Coliformes totais, quanto de *E. Coli*, em ambas as campanhas, o que corresponde à contaminação das águas subterrâneas por fossas sépticas, devido à ausência de sistema de esgotamento sanitário na região, e também pelo fato de que os poços tubulares, em sua maioria são pouco profundos e construídos com técnicas inapropriadas, que deixam os espaços anelares sem a devida proteção sanitária. A ocorrência desses parâmetros biológicos é extremamente preocupante, pois pode ocasionar doenças de veiculação hídrica na população ribeirinha, que utiliza dessas águas para os mais diversos usos, incluindo consumo humano.

Os altos teores de ferro e manganês encontrados nas águas do aquífero Rio Branco se devem a reações de oxi-redução, que sucedem o intemperismo químico regional resultante da alta pluviosidade associada a elevadas temperaturas e acidez das águas, as quais favoreceram a decomposição das rochas ao longo do tempo geológico.

Quanto ao pH *in situ*, os resultados mostram que em ambos os períodos as águas subterrâneas do aquífero Rio Branco, em Rio Branco, se caracterizam como ácidas, mas com uma leve tendência de aumento da acidez no período seco, ao que tudo indica como resultado da presença do gás carbônico, que predomina na forma hidratada como espécie dissolvida na água em relação ao ácido carbônico ( $H_2CO_3$ ) formado através da reação  $CO_2(aq) + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$ .

As amostras analisadas dos metais pesados arsênio, cádmio, cromo e mercúrio apresentaram teores abaixo do limite de detecção, ao passo que as de bário, chumbo, cobre e zinco obtiveram teores abaixo do VMP definido pela Portaria MS 2914/2011 e Resolução CONAMA 396/2008. O níquel foi o único metal pesado que ultrapassou o limite estabelecido pela Resolução CONAMA, no poço RBR19, onde suas águas não seriam recomendadas para consumo humano.

No que se refere às análises de BTEX todas as amostras respeitaram os limites de potabilidade definidos pela Portaria MS 2914/2011 e Resolução CONAMA 396/2008.

Com relação as análises de fenóis, apenas o poço RBR09 apresentou valor superior ao limite permitido para dessedentação animal e recreação, podendo ser utilizado apenas para o consumo humano, segundo os padrões da resolução CONAMA 396/2008.

Os resultados de isótopos ambientais mostraram que a reta de água subterrânea aproxima-se significativamente da Reta Meteorica Mundial (RMM), indicando águas provenientes de recarga de chuvas diretas, com perda de 28% de  $\delta^{18}\text{O}$  por evaporação.

Quanto à classificação das águas subterrâneas de acordo com a composição química é possível verificar que as águas do aquífero Rio Branco em sua maioria são Cloretadas Sódicas e de boa potabilidade, segundo indicação dos diagramas de Piper, Stiff e Schoeller-Berkaloff.

No que concerne à avaliação das águas para irrigação verifica-se que as águas do aquífero Rio Branco, em 96,7% dos casos (29/30), possuem risco de sódio baixo e salinidade que varia de fraquíssima a alta, indicando que as águas, com exceção do poço RBR01, podem ser usadas para o cultivo de boa parte dos vegetais.

As águas podem ser utilizadas para a dessedentação animal sem restrições, haja vista que os teores de STD encontrados em ambas as campanhas foram baixíssimos.

#### **5.4 - Vulnerabilidade Natural do Aquífero Rio Branco**

A avaliação da vulnerabilidade de um aquífero é um tema relativamente complexo e depende do tratamento integrado de diferentes tipos de informação colhidos na área de estudo. Essa vulnerabilidade é função, principalmente, das condições geológicas e hidrogeológicas do próprio aquífero, além da topografia e do tipo de solo. Existem atualmente vários métodos para a avaliação da vulnerabilidade de aquíferos. Alguns métodos foram idealizados para a determinação da vulnerabilidade de um aquífero a qualquer tipo de contaminante, ou seja, a vulnerabilidade geral, enquanto outros podem ser aplicados para se avaliar a vulnerabilidade de um aquífero a contaminantes específicos, tais como, resíduos industriais, resíduos sólidos urbanos, etc.

Por definição, vulnerabilidade é a sensibilidade da qualidade da água subterrânea ante uma carga contaminante imposta, determinada pelas características intrínsecas do aquífero e do seu recobrimento.

Na determinação da vulnerabilidade natural ou intrínseca dos aquíferos, os métodos mais utilizados são o DRASTIC (Aller *et al.*, 1985) e o GOD (Foster & Hirata, 1988).

### 5.4.1 – Método DRASTIC

Foi desenvolvido por Aller *et al.* (1985) para a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) com o objetivo de avaliar a vulnerabilidade intrínseca dos aquíferos. É um dos métodos mais usados, tanto para a avaliação qualitativa quanto para o mapeamento regional, sendo considerado um bom indicador de áreas que necessitam de avaliação hidrogeológica detalhada. Baseia-se na atribuição de pesos (variáveis de 1 a 5) e de índices de classe (variáveis de 1 a 10) de acordo com as características e o comportamento das variáveis consideradas no acrônimo DRASTIC:

**D** – *Depth of water*– profundidade da água freática

**R** – (*net*) *Recharge* – recarga

**A** - *Aquifer media* – litologia do aquífero

**S** – *Soil media*– tipo de solo

**T** – *Topography* – topografia

**I** – *Impact of vadose zone* – litologia da zona não saturada

**C** – (*hydraulic*) *Conductivity* – condutividade hidráulica

A combinação desses parâmetros é feita através de um sistema de atribuição de índices numéricos segundo duas categorias: pesos (de 1 a 5) e classes (de 1 a 10).

A cada um dos sete parâmetros propostos pelo método é atribuído um peso de acordo com a sua influência ou importância relativa à vulnerabilidade. Esses pesos variam de 1 (menor potencial de contaminação) a 5 (maior potencial de contaminação). O maior peso (5) é atribuído à profundidade da água (D) e ao impacto da zona não saturada (I) e o menor (1) à topografia (T). Quando se trata de pesticidas a atribuição dos pesos sofre ligeira modificação (**tabela 5.72**).

**Tabela 5.72** – Ponderação dos parâmetros do método DRASTIC (Aller *et al.* 1987)

PARÂMETRO	SÍMBOLO	PESO	PESO PESTICIDA
Profundidade da água	D	5	5
Recarga	R	4	4
Meio aquífero	A	3	3
Solo	S	2	5
Topografia	T	1	3
Impacto da zona não saturada	I	5	4
Condutividade hidráulica	C	3	2

No sistema de atribuição de índices de classe, indicativos do potencial de contaminação da água subterrânea, as variáveis são classificadas de acordo com a sua natureza em intervalos numéricos (aplicáveis aos parâmetros D, R, T, C) conforme mostra a **tabela 5.73**, ou em tipos de solos e tipos de rochas (aplicáveis aos parâmetros A, S, I), como se vê na **tabela 5.74**.

**Tabela 5.73** – Parâmetros classificados por faixa de variação numérica (D,R,T,C)

D		R		T		C	
PROFUNDIDADE (m)		RECARGA (mm/ano)		TOPOGRAFIA - DECLIVIDADE (m/km)		CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA (m/d)	
Intervalo	classe	Intervalo	classe	Intervalo	classe	Intervalo	Classe
0 – 1,5	10	0 – 50	1	0 -20	10	0,04 – 4	1
1,5 – 5	9	50 – 100	3	20 – 60	9	4 – 12	2
5 – 10	7	100 – 180	6	60 – 120	5	12 – 28	4
10 – 15	5	180 – 250	8	120 – 180	3	28 – 40	6
15 – 23	3	> 250	9	> 180	1	40 – 80	8
23 – 30	2					> 80	10
> 30	1						

O resultado final indicativo da vulnerabilidade de cada domínio hidrogeológico ou área geográfica é um valor numérico compreendido entre 23 e 230, obtido usando a equação seguinte:

$$\text{ÍNDICE DRASTIC} = D_p D_c + R_p R_c + A_p A_c + S_p S_c + T_p T_c + I_p I_c + C_p C_c$$

O subscrito *p* se refere ao “peso” da variável (**tabela 5.72**), enquanto que o subscrito *c* é indicativo da “classe” da variável (**tabelas 5.73 e 5.74**).

**Tabela 5.74** – Parâmetros classificados por tipo de solo ou tipo de rocha (A, S, I).

A			S		I		
MEIO AQUÍFERO			SOLO		MATERIAL DA ZONA NÃO SATURADA		
Tipo de rocha	Classe	Classe típica	Tipo de solo	Classe	Tipo de rocha	Classe	Classe típica
Argila compacta	1 – 3	2	Delgado ou ausente	10	Camada confinante	1	1
Metamórfica/ígnea	2 – 5	3	Cascalho	10	Silte/argila	2 – 6	3
Metamórfica/ ígnea alterada	3 – 5	4	Areia	9	Argilito	2 – 5	3
Tilito	4 – 6	5	Turfa	8	Calcário	2 – 7	6
Intercalações de arenitos, calcários e argilitos	5 – 9	6	Argila expansiva e/ou agregada	7	Arenito	4 – 8	6
Arenito compacto	4 – 9	6	Franco arenoso	6	Intercalações de argilito, calcário, arenito	4 – 8	6
Calcário compacto	4 – 9	8	Franco	5	Areia e cascalho com bastante silte e argila	4 – 8	6
Areia e cascalho	4 - 9	8	Franco siltoso	4	Metamórfica/ígnea	2 – 8	4
Basalto	2 – 10	9	Franco argiloso	3	Areia e cascalho	6 – 9	8
Calcário cárstico	9 - 10	10	Lama, lodo, vasa	2	Basalto	2 – 10	9
			Argila não expansiva e/ou não agregada	1	Carste	8 - 10	10

De acordo com o valor do índice DRASTIC a vulnerabilidade do meio aquífero pode ser classificada em:

<23	23-119	120-149	150-179	180-230
DESPREZÍVEL	BAIXA	MODERADA	ALTA	EXTREMA

Nos mapas as cores correspondentes a esses graus de vulnerabilidade são definidas de maneira a chamar a atenção para as áreas em vermelho.

Este método foi utilizado em Rio Branco por Melo Junior *et al.* (2010), os quais, usando uma recarga de 675 mm/ano, concluíram que em 98% dos pontos amostrais na área do 2º Distrito, a vulnerabilidade do aquífero Rio Branco é **alta**, sendo **moderada** em apenas 2% da área. No âmbito do estudo ANA - PHA a recarga média em Rio Branco foi estimada em 178 mm/ano e disso resulta que o índice DRASTIC tanto no período chuvoso quanto na estiagem (**tabela 5.75**) varia de 128 a 143, configurando a vulnerabilidade do aquífero como **moderada** (**figuras 5.63a e 5.63b**).

### **Descrição do Cálculo do Índice DRASTIC**

O cálculo do índice DRASTIC é feito usando a **equação (5.3)**:

$$\text{ÍNDICE DRASTIC} = D_p D_c + R_p R_c + A_p A_c + S_p S_c + T_p T_c + I_p I_c + C_p C_c \quad (5.3)$$

Como se pode observar, a **equação 5.3** é dada pela soma dos 7 (sete) produtos dos termos correspondentes a cada um dos 7 (sete) símbolos ou letras que compõem o acrônimo DRASTIC. Para cada produto (por exemplo,  $D_p D_c$ ), a letra contém um subscrito  $p$  (obtido da coluna **peso** ou da coluna **peso pesticida**, conforme for o caso, na **tabela 5.72**) e um subscrito  $c$  (obtido da coluna **classe**, conforme mostrado nas **tabelas 5.73 e 5.74**).

No caso de Rio Branco, para as 7 (sete) diferentes letras, os pesos e as classes selecionadas foram:

- D → independente de efeito pesticida, o valor de  $D_p$ , ou seja, do peso da profundidade da água é igual a 5, conforme **tabela 5.72**. O valor de  $D_c$ , ou seja, da classe da profundidade da água é selecionado verificando, na respectiva coluna **intervalo** da **tabela 5.73**, em qual dos intervalos se encontra a profundidade medida do nível estático de cada poço, na primeira e na segunda campanha e daí anotando o valor da classe correspondente. Por exemplo, para uma profundidade no intervalo de 1,5 a 5 m,  $D_c = 9$ . Assim sendo, o produto  $D_p D_c = 5 \times 9 = 45$  como pode ser observado na **tabela 5.75**, para as profundidades do nível da água situadas nessa faixa.
- R → independente de efeito pesticida, o valor de  $R_p$ , ou seja, do peso da recarga é igual a 4, conforme **tabela 5.72**. O valor de  $R_c$ , ou seja, da classe da recarga é selecionado verificando na respectiva coluna **intervalo** da **tabela 5.73**, em qual dos intervalos se encontra a recarga estimada e daí anotando o valor da classe correspondente. Por exemplo, a recarga estimada foi de 178 mm/ano e, portanto, esse valor se encontra no intervalo de 100 a 180 mm/ano, que corresponde à classe  $R_c = 6$ . Assim sendo o produto  $R_p R_c = 4 \times 6 = 24$ , como pode ser observado na **tabela 5.75**.
- A → independente de efeito pesticida, o valor de  $A_p$ , ou seja, do peso do meio aquífero, é igual a 3, conforme **tabela 5.72**. O valor de  $A_c$ , ou seja, da classe do meio aquífero é selecionado verificando na respectiva coluna **tipo de rocha** da **tabela 5.73**, em qual dos tipos se enquadra a litologia da região e daí anotando o valor da classe correspondente. Por exemplo, em Rio Branco a litologia é caracterizada por intercalações de arenitos e argilitos, que se enquadram nas classes de 5 a 9 e correspondem à classe típica  $A_c = 6$ . Assim sendo o produto  $A_p A_c = 3 \times 6 = 18$ , como pode ser observado na **tabela 5.75**.

- S → O valor de  $S_p$ , ou seja, do peso do solo depende do efeito pesticida, que quando presente é igual a 5 e no caso de Rio Branco não existe e por isso é igual a 2, conforme **tabela 5.72**. O valor de  $S_c$ , ou seja, da classe do solo é selecionado verificando na respectiva coluna **tipo de solo** da **tabela 5.74**, em qual dos tipos se enquadra o solo da região e daí anotando o valor da classe correspondente. Por exemplo, em Rio Branco o solo pode ser considerado franco siltoso que se enquadra na classe  $S_c=4$ . Assim sendo o produto  $S_p S_c = 2 \times 4 = 8$ , como pode ser observado na **tabela 5.75**.
- T → O valor de  $T_p$ , ou seja, do peso da topografia depende do efeito pesticida, que quando presente é igual a 3 e no caso de Rio Branco não existe e por isso é igual a 1, conforme **tabela 5.72**. O valor de  $T_c$ , ou seja, da classe da topografia (declividade em m/km) é selecionado verificando na respectiva coluna **intervalo** da **tabela 5.73**, em qual dos intervalos se encontra a declividade estimada e daí anotando o valor da classe correspondente. Por exemplo, a declividade geral em Rio Branco foi enquadrada na faixa de 0 a 20 m/km, que corresponde à classe  $T_c=10$ . Assim sendo o produto  $T_p T_c = 1 \times 10 = 10$ , como pode ser observado na **tabela 5.75**.
- I → O valor de  $I_p$ , ou seja, do peso do impacto da zona não saturada depende do efeito pesticida, que quando presente é igual a 4 e no caso de Rio Branco não existe e por isso é igual a 5, conforme **tabela 5.72**. O valor de  $I_c$ , ou seja, da classe do impacto da zona não saturada é selecionado verificando na respectiva coluna **tipo de rocha** da **tabela 5.74**, em qual dos tipos se enquadra a litologia da região e daí anotando o valor da classe correspondente. Por exemplo, em Rio Branco a litologia é caracterizada por ocorrência de areia e cascalho com bastante silte e argila, que se enquadram nas classes de 4 a 8, que corresponde à classe típica  $I_c=6$ . Assim sendo o produto  $I_p I_c = 5 \times 6 = 30$ , como pode ser observado na **tabela 5.75**.
- C → O valor de  $C_p$ , ou seja, do peso da condutividade hidráulica depende do efeito pesticida, que quando presente é igual a 2 e no caso de Rio Branco não existe e por isso é igual a 3, conforme **tabela 5.72**. O valor de  $C_c$ , ou seja, da classe da condutividade hidráulica é selecionado verificando na respectiva coluna **intervalo** da **tabela 5.73**, em qual dos intervalos se encontra a condutividade hidráulica estimada e daí anotando o valor da classe correspondente. Por exemplo, a condutividade hidráulica estimada (0,26 m/dia) se encontra no intervalo de 0,04 a 4 m/dia, que corresponde à classe  $C_c=1$ . Assim sendo o produto  $C_p C_c = 3 \times 1 = 3$ , como pode ser observado na **tabela 5.75**.



**Tabela 5.75 – Índice DRASTIC (128 a 143) indicativo de vulnerabilidade moderada do aquífero Rio Branco no período chuvoso de abril de 2012 e de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Rio Branco – AC.**

Poço	X	Y	Z	Profundidade da d'água (m)		Pesos x Índices de classe								Índice DRASTIC	
				abr/12	out/12	5xD1	5xD2	4xR	3xA	2xS	1xT	5xI	3xC	Chuvoso	Estiagem
RBR01	-67,785531	-10,010523	146	1,5	3,4	50	45	24	18	8	10	30	3	143	138
RBR02	-67,788259	-10,002946	142	4,2	5,8	45	35	24	18	8	10	30	3	138	128
RBR03	-67,794349	-10,008891	149	2,0	2,0	45	45	24	18	8	10	30	3	138	138
RBR04	-67,807964	-9,972968	143	1,4	2,8	50	45	24	18	8	10	30	3	143	138
RBR05	-67,809738	-9,989333	142	2,1	3,4	45	45	24	18	8	10	30	3	138	138
RBR06	-67,818441	-9,981705	148	2,4	4,9	45	45	24	18	8	10	30	3	138	138
RBR07	-67,799978	-10,068249	137	2,9	3,5	45	45	24	18	8	10	30	3	138	138
RBR08	-67,779945	-10,006334	135	1,9	3,2	45	45	24	18	8	10	30	3	138	138
RBR09	-67,774081	-10,003310	136	1,0	3,0	50	45	24	18	8	10	30	3	143	138
RBR10	-67,829604	-9,982124	142	4,3	4,2	45	45	24	18	8	10	30	3	138	138
RBR11	-67,825744	-9,992935	133	1,9	2,8	45	45	24	18	8	10	30	3	138	138
RBR12	-67,812936	-10,018010	150	3,0	5,1	45	35	24	18	8	10	30	3	138	128
RBR13	-67,818416	-10,003534	134	1,4	2,5	50	45	24	18	8	10	30	3	143	138
RBR14	-67,801696	-10,027898	145	2,0	3,6	45	45	24	18	8	10	30	3	138	138
RBR15	-67,826282	-10,000433	143	3,6	6,8	45	35	24	18	8	10	30	3	138	128
RBR16	-67,818211	-9,992257	137	0,9	1,7	50	45	24	18	8	10	30	3	143	138
RBR17	-67,782193	-10,022465	136	6,1	7,1	35	35	24	18	8	10	30	3	128	128
RBR18	-67,774806	-10,016904	135	3,7	5,2	45	35	24	18	8	10	30	3	138	128
RBR19	-67,805655	-10,010722	137	3,9	5,0	45	45	24	18	8	10	30	3	138	138
RBR20	-67,841323	-9,972833	142	2,3	5,9	45	35	24	18	8	10	30	3	138	128
RBR21	-67,794726	-9,988510	135	2,9	3,9	45	45	24	18	8	10	30	3	138	138
RBR22	-67,796055	-9,996726	137	4,3	5,7	45	35	24	18	8	10	30	3	138	128
RBR23	-67,770728	-10,009474	142	2,0	4,0	45	45	24	18	8	10	30	3	138	138
RBR24	-67,800767	-9,980249	140	3,5	2,9	45	45	24	18	8	10	30	3	138	138
RBR25	-67,806152	-9,996979	145	1,0	1,3	50	50	24	18	8	10	30	3	143	143
RBR26	-67,835730	-9,996098	144	2,8	5,4	45	35	24	18	8	10	30	3	138	128
RBR27	-67,794028	-10,048877	137	1,7	1,5	45	50	24	18	8	10	30	3	138	143
RBR28	-67,786481	-9,965901	133	2,1	3,7	45	45	24	18	8	10	30	3	138	138
RBR29	-67,794773	-9,980472	143	5,3	7,5	35	35	24	18	8	10	30	3	128	128
RBR30	-67,832080	-10,039780	137	2,7	5,7	45	35	24	18	8	10	30	3	138	128

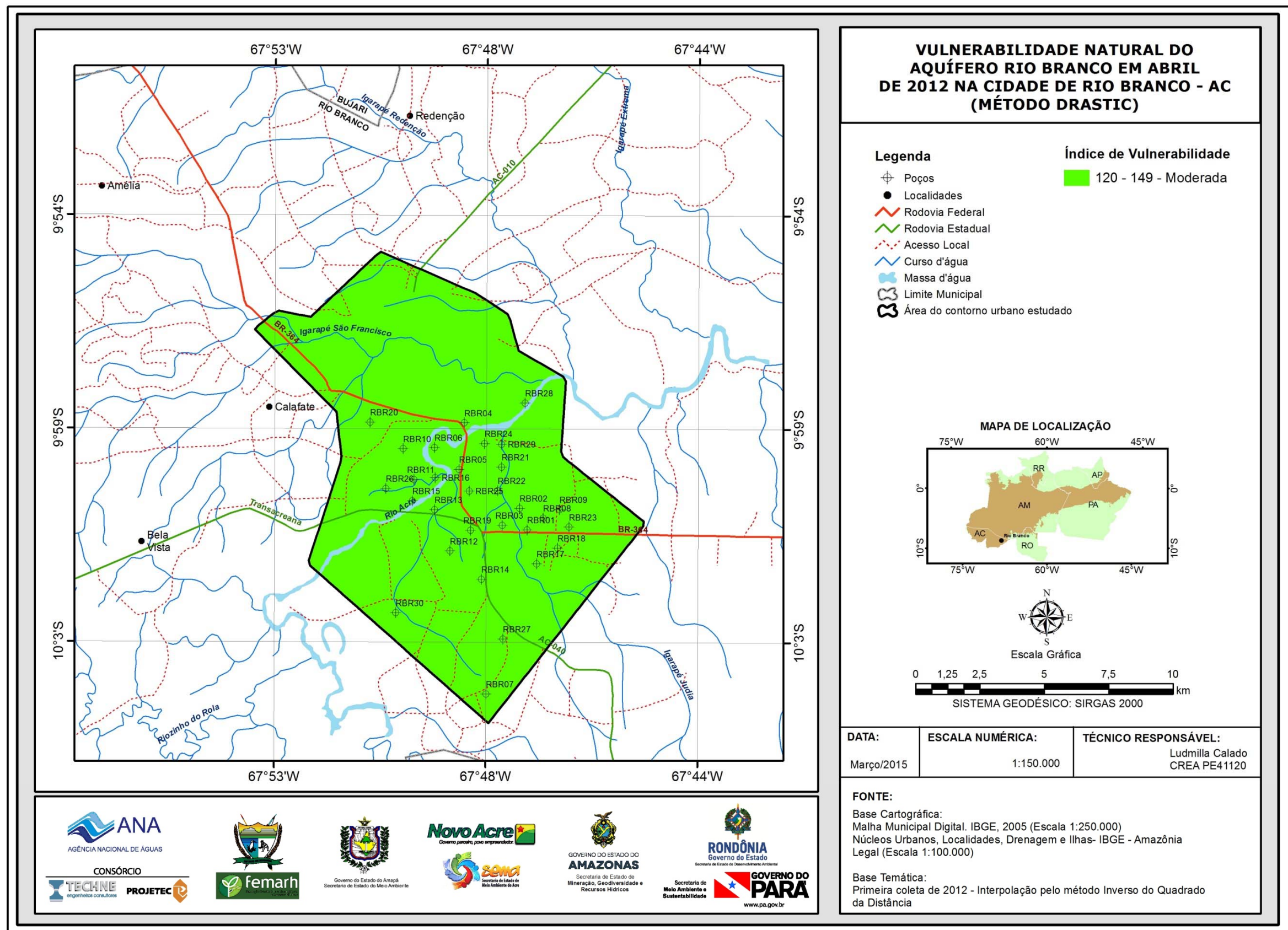


Figura 5.63a – Zoneamento da vulnerabilidade do aquífero Rio Branco na zona urbana de Rio Branco, na coleta de abril de 2012 – Método DRASTIC.

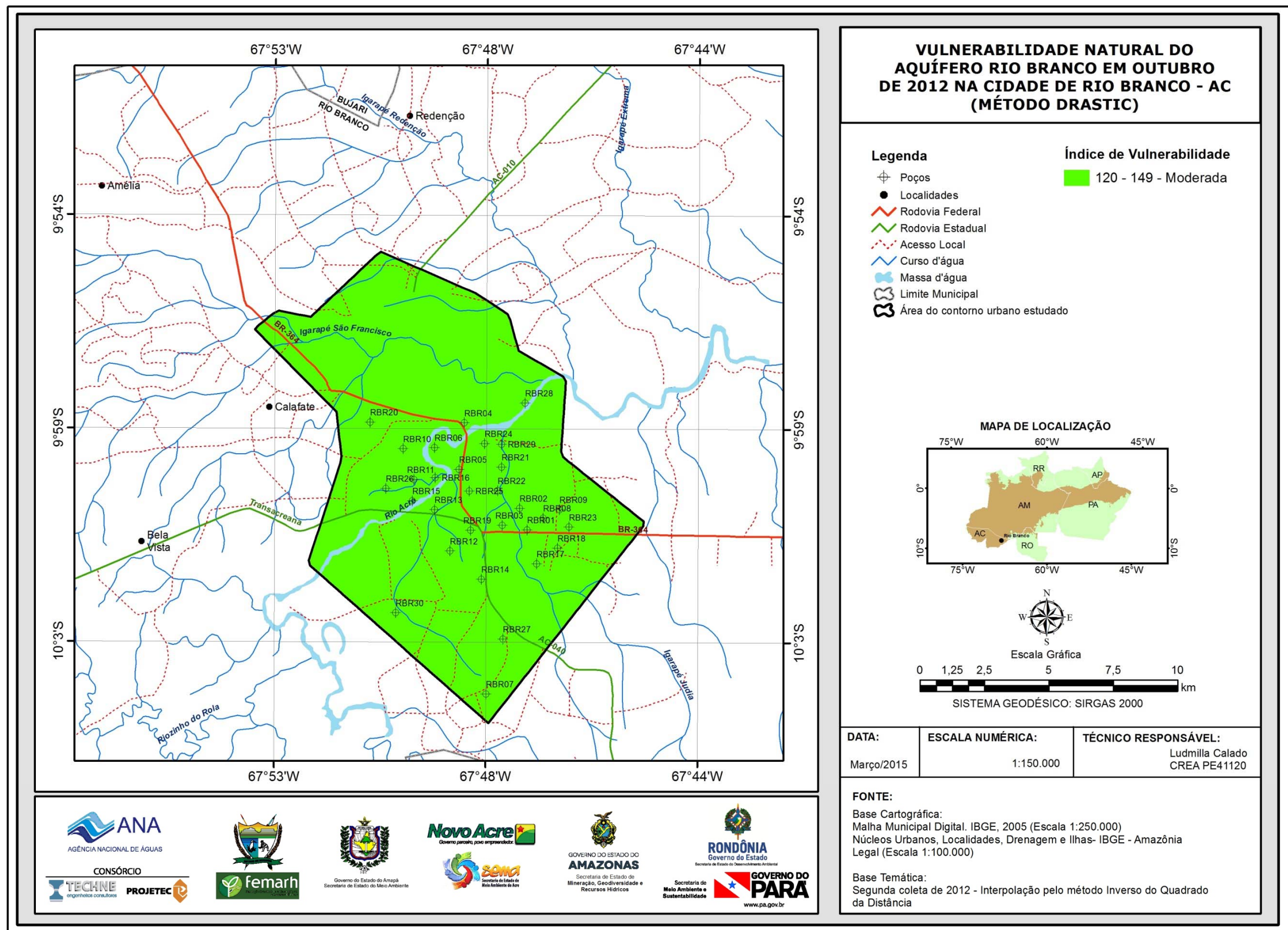
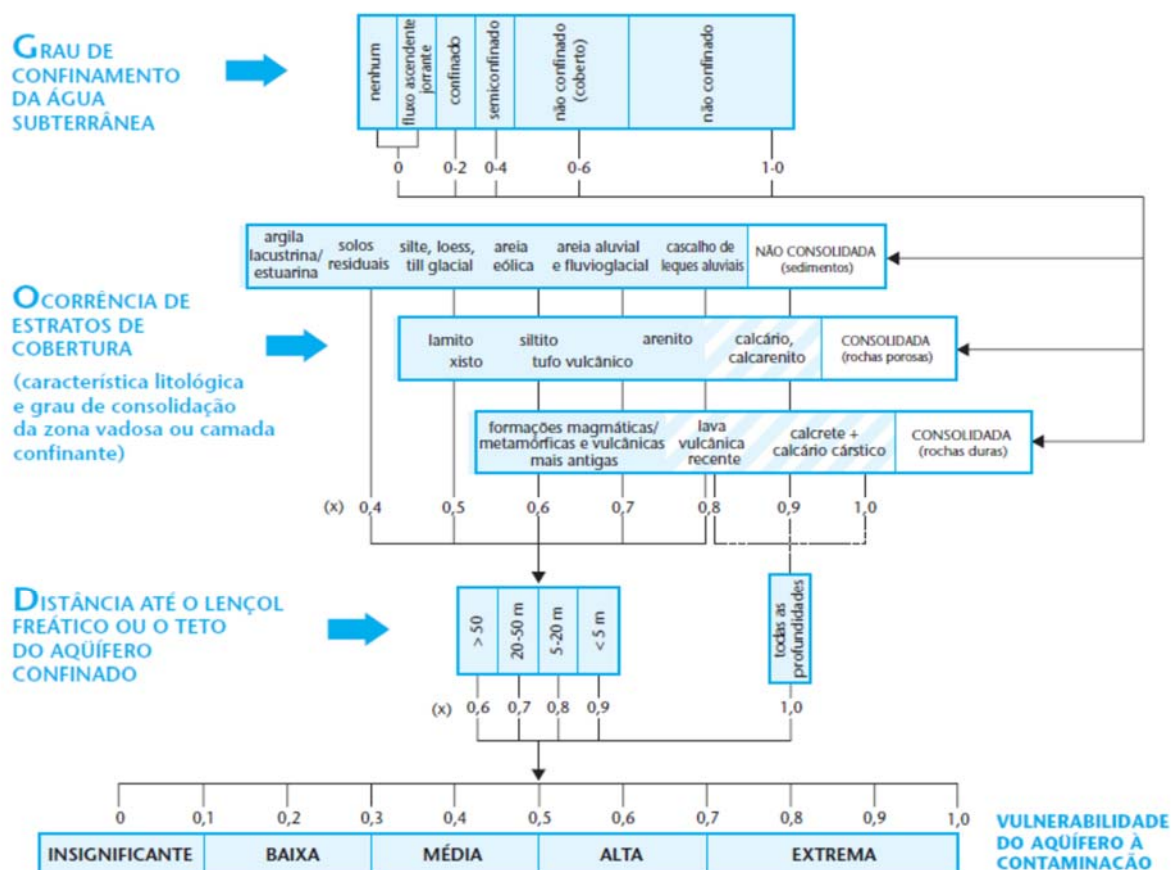


Figura 5.63b – Zoneamento da vulnerabilidade do aquífero Rio Branco na zona urbana de Rio Branco, na coleta de outubro de 2012 – Método DRASTIC.

### 5.4.2 – Método GOD

Outro método mais simples e mais adequado para estudos de reconhecimento e avaliações regionais, é o GOD (Foster & Hirata, 1988), que utiliza como parâmetros para a avaliação da vulnerabilidade apenas três características envolvendo o aquífero e seu recobrimento (**figura 5.64**): **Groundwater occurrence** – Tipo de aquífero; **Overall Aquifer Class** – Litologia do aquífero; e **Depth** – Profundidade da água do aquífero.



**Figura 5.64** – Sistema GOD para avaliação da vulnerabilidade do aquífero à contaminação (Foster & Hirata, 1988).

O procedimento recomendado pelo método GOD para a estimativa da vulnerabilidade natural de um aquífero à contaminação envolve três estágios distintos:

- Primeiro: avaliar o parâmetro **G** com base na condição hidráulica da água subterrânea, ou seja, de acordo com o tipo de aquífero (**tabela 5.76**).
- Segundo: avaliar o parâmetro **O** de acordo com a ocorrência dos estratos de cobertura da zona saturada do aquífero e natureza da sua litologia, conforme **tabela 5.77**.
- Terceiro: estimar o parâmetro **D** considerando a profundidade até a superfície freática (**tabela 5.78**).

**Tabela 5.76** – Valores para o parâmetro G do índice GOD (Foster, 1987).

Parâmetro G (ocorrência de águas subterrâneas)	Valor
Nenhum	0,0
Confinado artesianosurgente (não drenante)	0,1
Confinado não surgente (não drenante)	0,2
Confinado drenante coberto (semi-confinado)	0,3
Confinado drenante (semi-confinado)	0,4
Não confinado coberto (freático)	0,6
Não confinado (freático)	1

**Tabela 5.77** – Valores para o parâmetro O do índice GOD (Foster, 1987).

Parâmetro O (Classificação do material sobre o aquífero)	Valor
<b>Rochas não consolidadas</b>	
Solos residuais (argila, argila siltosa, silte argiloso)	0,4
Aluviões siltosos	0,5
Areias eólicas	0,6
Areias e cascalheiras aluvionares e fluviais	0,7
Cascalheiras coluvionares	0,8
<b>Rochas consolidadas (Rochas Porosas)</b>	
Argilitos	0,5
Siltitos	0,5
Tufos vulcânicos	0,7
Arenitos	0,8
Calcários e calcarenitos	0,9
<b>Rochas consolidadas (Rochas Duras)</b>	
Xistos	0,5
Formações ígneas/metamórficas	0,6
Lavas vulcânicas recentes	0,8
Outros calcários	1,0

**Tabela 5.78** – Valores para o parâmetro D do índice GOD (Foster, 1987).

Parâmetro D (Profundidade da água subterrânea)	Valor
> 50 m	0,6
20-50 m	0,7
5 -20 m	0,8
< 5 m	0,9

### Descrição do Cálculo do Índice GOD

O cálculo do índice GOD é feito usando a **equação (5.4)**:

$$\text{INDICE GOD} = G \times O \times D \quad (5.4)$$

No caso de Rio Branco, para as 3 (três) diferentes letras ou símbolos do acrônimo GOD, os valores a elas relacionados, foram:

- G → O aquífero Rio Branco é do tipo livre (não confinado ou freático), o que indica, conforme **tabela 5.76** para esse parâmetro o valor  $G = 1$ .
- O → A litologia do aquífero é representada por aluviões siltosas, o que permite selecionar da **tabela 5.77** o valor  $O = 0,5$ .
- D → Com o valor da profundidade do nível de água do aquífero Rio Branco, medido nas campanhas de campo, se pode selecionar na **tabela 5.78**, o respectivo intervalo e nele o valor de  $D$  correspondente. Por exemplo, para uma profundidade no intervalo de 5 a 20 m, o valor  $D = 0,8$ . No caso de Rio Branco, o parâmetro  $D$  variou entre 0,9 (níveis estáticos < 5 m) e 0,8 (níveis estáticos  $\geq 5$  e níveis estáticos < 20 m).

O resultado do produto destes três parâmetros em termos qualitativos define o índice de vulnerabilidade, segundo a **tabela 5.79** em: extrema, alta, média, baixa e insignificante.

**Vulnerabilidade baixa** - significa que o aquífero é vulnerável a apenas compostos extremamente móveis e persistentes, como sais, nitratos e alguns solventes organo-sintéticos.

**Vulnerabilidade média** - o aquífero é susceptível a contaminantes moderadamente móveis e persistentes, como hidrocarbonetos halogenados ou não e alguns metais pesados. Sais menos solúveis são também incluídos nesse grupo.

**Vulnerabilidade alta** - indica aquífero vulnerável a muitos contaminantes, exceto aqueles que são muito absorvíveis e/ou facilmente transformáveis.

**Vulnerabilidade extrema** - aplicável ao aquífero que possui sensibilidade para contaminantes degradáveis, como bactérias e vírus, sendo vulnerável a maioria dos contaminantes da água com um impacto relativamente rápido em muitos cenários de poluição.

**Tabela 5.79** – Índices GOD e classes de vulnerabilidade.

Índice GOD	Grau de vulnerabilidade
0,7 -1,0	Extrema
0,5 - 0,7	Alta
0,3 - 0,5	Média
0,1 - 0,3	Baixa
0,0 - 0,1	Insignificante

Os valores desses símbolos e do produto dos mesmos, representando o índice GOD são mostrados na **tabela 5.80**, na qual se pode verificar que o referido índice variou em ambas as coletas (abril e outubro de 2012), na estreita faixa de 0,40 a 0,45.

**Tabela 5.80** - Parâmetros para avaliação do Índice de Vulnerabilidade do aquífero Rio Branco em Rio Branco (método GOD).

Poço	X	Y	Z	Profundidade do nível d'água		Índices					
				NE1	NE2	G	O	D (IV1) *	D(IV2) **	IV1	IV2
RBR01	-67,78553	-10,01052	146	1,54	3,43	1	0,5	0,9	0,9	0,45	0,45
RBR02	-67,78826	-10,00295	142	4,22	5,75	1	0,5	0,9	0,8	0,45	0,40
RBR03	-67,79435	-10,00889	149	2,04	2,04	1	0,5	0,9	0,9	0,45	0,45
RBR04	-67,80796	-9,97297	143	1,40	2,76	1	0,5	0,9	0,9	0,45	0,45
RBR05	-67,80974	-9,98933	142	2,12	3,35	1	0,5	0,9	0,9	0,45	0,45
RBR06	-67,81844	-9,98171	148	2,42	4,89	1	0,5	0,9	0,9	0,45	0,45
RBR07	-67,79998	-10,06825	137	2,92	3,51	1	0,5	0,9	0,9	0,45	0,45
RBR08	-67,77995	-10,00633	135	1,88	3,24	1	0,5	0,9	0,9	0,45	0,45
RBR09	-67,77408	-10,00331	136	1,00	3,00	1	0,5	0,9	0,9	0,45	0,45
RBR10	-67,82960	-9,98212	142	4,27	4,24	1	0,5	0,9	0,9	0,45	0,45
RBR11	-67,82574	-9,99294	133	1,86	2,79	1	0,5	0,9	0,9	0,45	0,45
RBR12	-67,81294	-10,01801	150	3,00	5,10	1	0,5	0,9	0,8	0,45	0,40
RBR13	-67,81842	-10,00353	134	1,44	2,47	1	0,5	0,9	0,9	0,45	0,45
RBR14	-67,80170	-10,02790	145	2,00	3,63	1	0,5	0,9	0,9	0,45	0,45
RBR15	-67,82628	-10,00043	143	3,55	6,76	1	0,5	0,9	0,8	0,45	0,40
RBR16	-67,81821	-9,99226	137	0,87	1,65	1	0,5	0,9	0,9	0,45	0,45
RBR17	-67,78219	-10,02247	136	6,10	7,07	1	0,5	0,8	0,8	0,40	0,40
RBR18	-67,77481	-10,01690	135	3,74	5,18	1	0,5	0,9	0,8	0,45	0,40
RBR19	-67,80566	-10,01072	137	3,90	5,01	1	0,5	0,9	0,8	0,45	0,40
RBR20	-67,84132	-9,97283	142	2,26	5,89	1	0,5	0,9	0,8	0,45	0,40
RBR21	-67,79473	-9,98851	135	2,86	3,86	1	0,5	0,9	0,9	0,45	0,45
RBR22	-67,79606	-9,99673	137	4,25	5,69	1	0,5	0,9	0,8	0,45	0,40
RBR23	-67,77073	-10,00947	142	2,00	3,98	1	0,5	0,9	0,9	0,45	0,45
RBR24	-67,80077	-9,98025	140	3,49	2,90	1	0,5	0,9	0,9	0,45	0,45
RBR25	-67,80615	-9,99698	145	1,00	1,31	1	0,5	0,9	0,9	0,45	0,45
RBR26	-67,83573	-9,99610	144	2,79	5,44	1	0,5	0,9	0,8	0,45	0,40
RBR27	-67,79403	-10,04888	137	1,69	1,45	1	0,5	0,9	0,9	0,45	0,45
RBR28	-67,78648	-9,96590	133	2,11	3,65	1	0,5	0,9	0,9	0,45	0,45
RBR29	-67,79477	-9,98047	143	5,25	7,51	1	0,5	0,8	0,8	0,40	0,40
RBR30	-67,83208	-10,03978	137	2,70	5,69	1	0,5	0,9	0,8	0,45	0,40

\*D (IV1) = valor do parâmetro D usado no cálculo do índice de vulnerabilidade da primeira campanha (IV1).

\*\*D (IV2) = valor do parâmetro D usado no cálculo do índice de vulnerabilidade da segunda campanha (IV2).

### **Zoneamento da Vulnerabilidade do Aquífero Rio Branco – Método GOD**

A distribuição espacial da vulnerabilidade natural do aquífero Rio Branco na cidade de Rio Branco pode ser visualizada nas **figuras 5.65a e 5.65b**, respectivamente para os períodos de chuva (abril de 2012) e de estiagem (outubro de 2012). Nota-se que, em ambas as coletas, os índices encontrados, compreendidos entre 0,4 a 0,45, estão situados dentro do intervalo de (0,30 a 0,50), definido no método GOD como de **vulnerabilidade média**.

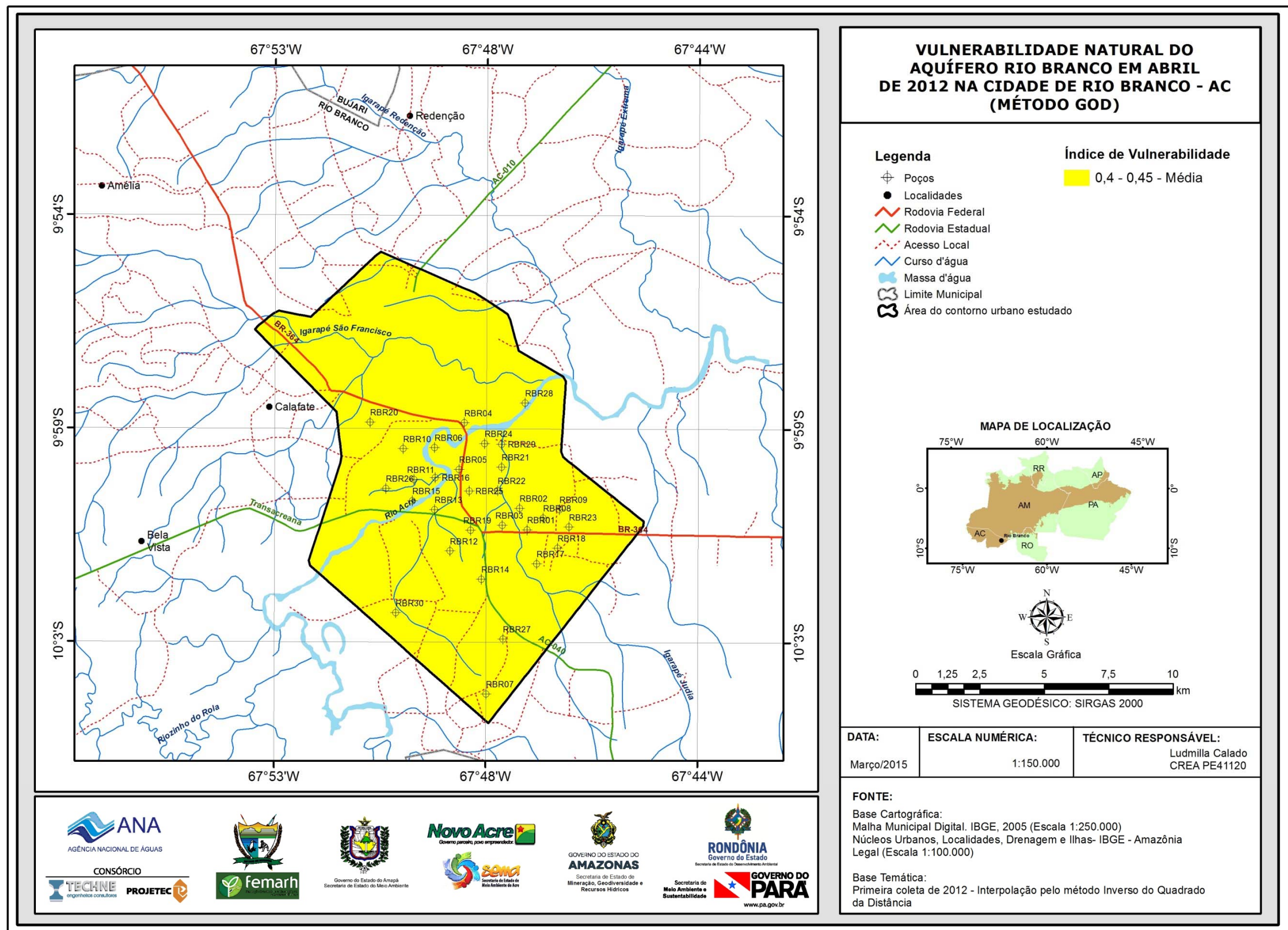


Figura 5.65a – Zoneamento da vulnerabilidade do aquífero Rio Branco na zona urbana de Rio Branco, na coleta de abril de 2012 - Método GOD.



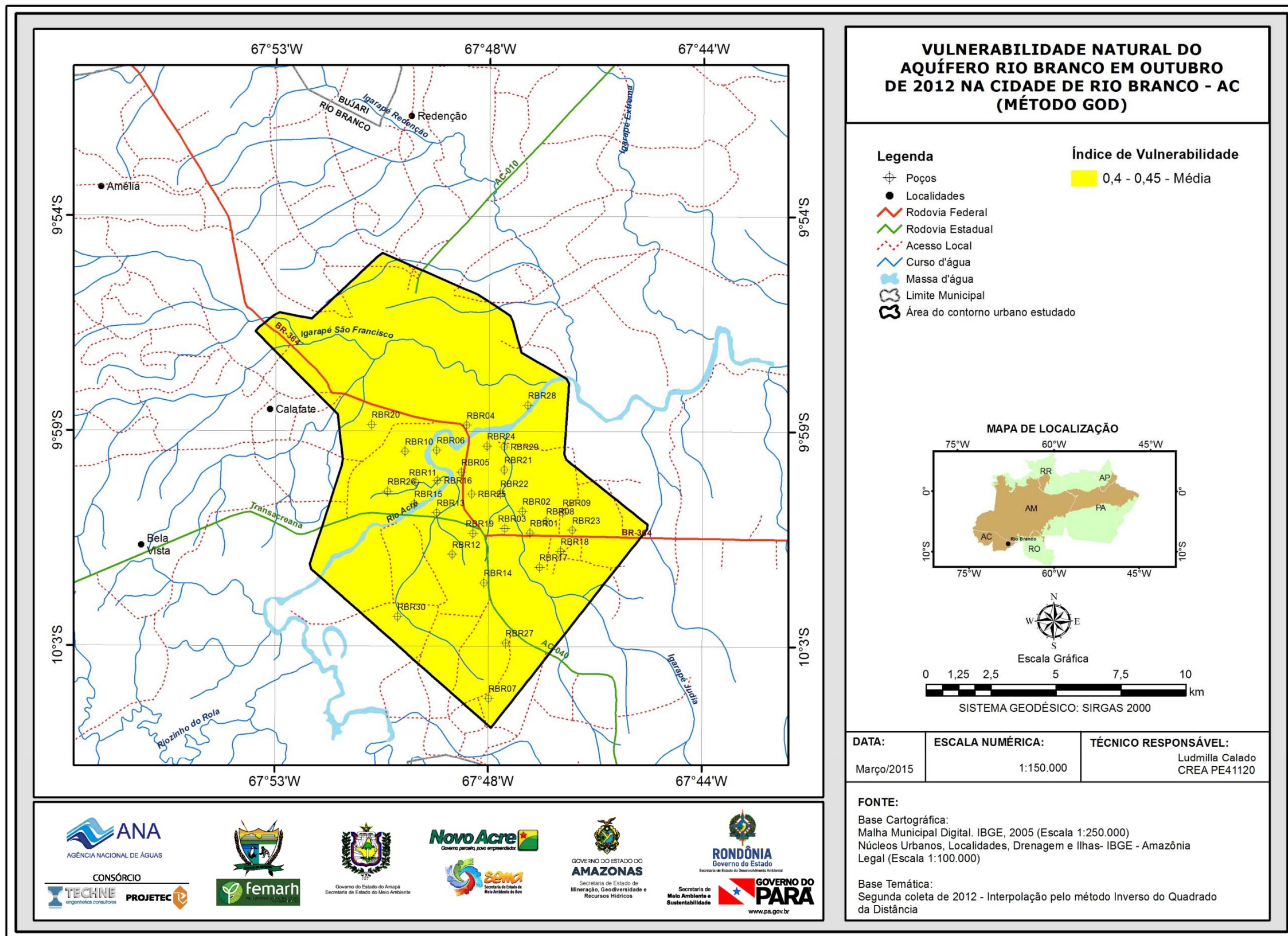


Figura 5.65b – Zoneamento da vulnerabilidade do aquífero Rio Branco na cidade de Rio Branco, na coleta de outubro de 2012 - Método GOD.

### ***Conclusão sobre a vulnerabilidade natural***

Em ambas as coletas, os índices de vulnerabilidade obtidos de acordo com os métodos de interpretação utilizados permitiram classificar a vulnerabilidade do aquífero Rio Branco como **moderada** pelo método DRASTIC e como **média** pelo método GOD.

Tudo indica, no caso do aquífero Rio Branco, que essa classificação se justifica em face da presença abundante de silte e argila na parte superior. Por outro lado acredita-se que o risco potencial de contaminação é alto, sobretudo por infiltrações através dos espaços anelares de poços tubulares rasos construídos sem a devida proteção sanitária. O fato é que a área de estudo está localizada em região bastante urbanizada, desprovida de esgotamento sanitário e ausente de planejamento quanto ao uso e ocupação do solo, fatores estes que contribuem para o aumento da carga contaminante local, o que requer medidas de gestão, de modo a preservar esse manancial para as gerações futuras.

## **6 – Referências Bibliográficas**

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2002.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: Disponibilidade Hídrica**. Brasília: ANA, 2013. 65p.

ALLER, L.; BENNETT, T.; LEHR, J.H.; PETTY, R.J. Drastic: A standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings. **United States Environmental Protection Agency (EPA)**, USA, 600/2-85/018, 1985.

APPELO, C. A. J.; POSTMA, D. **Geochemistry, groundwater and pollution**. USA: CRC Press, 1993, 536p.

BARCELONA, M. J.; GIBB, J. P.; HELFRICH, J. A.; Garske, E. E. Practical Guide for Ground-Water Sampling. **Illinois State Water Survey Champaign**, Illinois - USA, 1985.

BATU, V. **Aquifer Hydraulics: A Comprehensive Guide to Hydrogeologic Data Analysis**. USA: John Wiley & Sons, 1998. 752p.

BOHN, H. L. Redox potentials. *Soil Science*, vol. 112, nº 1, p.39-45, 1970.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Resolução CONAMA nº 396, de 03 de abril de 2008**. Brasília, DF, Diário oficial da União nº 66, de 07 de abril de 2008, Seção 1, páginas 64-68.

BRITO, F. V.; OLIVEIRA, A. S.; NEVES, H. C.; AZEVEDO, J. A. T.; BHERING, D. L.; REIS, S. M.; MACHADO, M. C. S.; AZEVEDO, G. C.; CARVALHAES, G. K. Estudo da Contaminação de Águas Subterrâneas por BTEX oriundas de postos de distribuição no Brasil. In: 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 2005, Salvador – BA. **Anais**. Salvador: Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP) e UNIFACS, 2005.

CAMPOS, T. S.; ROHLFS, D. B. Avaliação dos valores de nitrato em águas subterrâneas e sua correlação com atividades antrópicas no município de Águas Lindas de Goiás. In: V Mostra de Produção Científica da Pós-Graduação Lato Sensu da PUC Goiás, 2010, São Paulo - SP. **Anais**. São Paulo: PUC, 2010.

CELLIGOI, A. Considerações sobre análises químicas de águas subterrâneas. **Revista Geografia**, Londrina, vol. 8, n. 1, p. 91-97, 1999.

CLARK, I.; FRITZ, P. **Environmental Isotopes in hydrogeology**. USA: Lewis Publishers, 1997. 328p.

COLVARA, J. G.; LIMA, A. S.; SILVA, W. P. Avaliação da contaminação de água subterrânea em poços artesianos no sul do Rio Grande do Sul. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, II SSA, 2009.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo - Série Relatórios - Apêndice A: Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem.** São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2009. 43p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Ficha de Informação Toxicológica: Fenol.** São Paulo: Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental, 2010.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Ficha de Informação Toxicológica: Níquel e seus compostos.** São Paulo: Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental, 2012.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Ficha de Informação Toxicológica: Zinco.** São Paulo: Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental, 2012.

COOPER, H. H. Jr.; JACOB, C. E. A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarizing well field story. **Transactions Am. Geophysical Union**, USA, vol. 27, p.526-534, 1946.

COSTA, M. R. M.; ÁVILA, P. F. **Geoquímica das águas subterrâneas: Parte I: Reações de equilíbrio: conceitos teóricos e exercícios de aplicação.** Vila Real: UTAD, 2010.

CRAIG, H. Isotopic Variations in Meteoric Waters. *Science*, New Series, vol. 133, nº 3465, p.1702-1703, 1961.

CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M. R. **Hidrologia Subterrânea.** Madrid: Omega, vol. 2, 1983. 2359p.

DEUTSCH, C.V.; JOURNEL, A. G. GSLIB. **Geostatistical Software Library and User's Guide.** Oxford University Press, 1998. 1 CD-ROM.

ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos de Limnologia.** Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602p.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. (Org.). **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações.** Rio de Janeiro: CPRM-UFPE, 2000. 391p. 2ª Edição.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. (Org.). **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações.** Rio de Janeiro: CPRM – LABHID, 2008. 812p. 3ª Edição.

FELGUEIRAS, C. A. Modelagem ambiental com tratamento de incertezas em sistemas de informação geográfica: o paradigma geoestatístico por indicação. 1999. 212p. **Tese de Doutorado em Computação Aplicada** - INPE, São José dos Campos, 1999.

FERREIRA, A.; OLIVEIRA, M. Unidade panorama: uma sedimentação fossilífera pós mioceno no rio Acre - AC. CPRM: 2008. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/evento\\_1344.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/evento_1344.pdf)>. Acesso em: 30 maio 2013.

FETTER, C. W. **Applied Hydrogeology**. New York: Prentice Hall, 1994. 691p.

FORTUNATO, J. M. **Comportamento dos íons chumbo, cobre, níquel e zinco em área de manguezal associado a antigo lixão no município de Santos - SP**. 2009. 64 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Instituto de Geociências - USP, São Paulo, 2009.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. **Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data**. Lima: Pan American center for sanitary engineering and environmental sciences (CEPIS), 1988. 88 p.

FOSTER, S. S. D. Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. In: VAN DUIJVANBOODEN, W.; VAN WAEGENINGH, H. G. (Eds.). **Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollution, Proceedings and Information**. Nº. 38 of the International Conference held in the Netherlands, in 1987, TNO Committee on Hydrological Research, Delft, The Netherlands.

FREEZE, R. A.; Cherry, J. A. **Groundwater**. USA: Prentice Hall, 1979. 604p.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS - FUNCEME. **Software Qualigraf**, 2010.

GOOVAERTS, P. **Applied Geostatistics Series: Geostatistics for Natural Resources Evaluation**. New York: Oxford, 1997. 489p.

GUEDES, E. E. V. Fundamentação metodológica e primeiros estudos sobre deposição úmica em Rio Branco, Acre, Brasil. 2007. 52p. **Dissertação de mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais** - UFAC, Rio Branco - Acre, 2007.

HEALY, R.W.; COOK, P.G. Using groundwater levels to estimate recharge. **Hydrogeology Journal**, 10(1):91-109. 2002.

HEM, J. D. Restraints on dissolved ferrous iron imposed by bicarbonate, redox potential, and pH. **U.S. Geological Survey Water-Supply Paper**, 1459-B, p.33-55, 1960.

HEM, J. D. **Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water**. USA: U.S. Geological Survey, Water Supply Paper 2254, 1985. 248p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo demográfico de 2010**. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 30 maio 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Normais Climatológicas do Brasil: 1961-1990**. Brasília: INMET, 2009. 465p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Dados da Base do INMET**.

KAUFMAN, S.; LIBBY, W. F. The natural distribution of tritium. **Phys. Review**, vol. 93, nº 6, p.1337-1344, 1954.

KAO, C. M.; WANG, C. C. Control of BTEX Migration by Intrinsic Bioremediation at a Gasoline Spill Site. **Water Research**, vol. 34, n.13, p. 3413-3423, 2000.

KEITH, L. H. **Compilation of Epa's Sampling and Analysis Methods**. USA: CRC Press, 1996. 1696p.

KUNTASAL, O. O.; KARMAN, D.; WANG, D.; TUNCEL, S. G.; TUNCEL, G. Determination of volatile organic compounds in different microenvironments by multibed adsorption and short-path thermal desorption followed by gas chromatographic-mass spectrometric analysis. **Journal of Chromatography**, vol.1099, n.1-2, p.43-54, 2005.

LENZI, E.; FAVERO, L. O. B.; LUCHESE, E. B. **Introdução à Química da Água: Ciência, vida e sobrevivência**. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

LIMA, H. N.; MELLO, J. W. V.; SCHAEFER, C. E. G. R.; KER, J. C. Dinâmica da mobilização de elementos em solos da Amazônia submetidos à inundação. **Revista Acta Amazônica**, Manaus - AM, vol.35, nº 3, p.317-330, 2005.

LOGAN, J. **Interpretação de análises químicas d'água**. Recife: U.S Agency for International Development - USAID, 1965. 67p.

LOPES, F. C. C.; LIMA, J. R.; LIMA, J. O. G.; FRANÇA, A. M. M.; LOIOLA, H. G.; LEITÃO, J. C. Comportamento anual da alcalinidade em águas subterrâneas de Crateús - CE. In: 5º Congresso Norte-Nordeste de Química & 3º Encontro Norte-Nordeste de Ensino de Química, 2013, Natal - RN. **Anais**. Natal: UFRN, 2013.

MCKEE, J. E.; WOLF, H. W. Water Quality Criteria. **State Water Quality Control Board**, Sacramento, California, Pub. 3-A, 1963.

MANOEL FILHO, J. **Modernas Técnicas de Avaliação e Produção de Água Subterrânea**. Recife: UFPE, 2007. 88p.

MELIAN R.; MIRLEAN, N.; GOURIEV, A.; MORARU, K.; RADSTAKE, F. Ground Water Quality and Rural Drinking-Water Supply in the Republic Moldova. **Hydrogeology Journal**, vol.7, n.2, p.188-196, 1999.

MELLO, F. A. F.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R. I.; NETTO, A. C.; KIEHL, J. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Ed. Distribuidora, 1984. 400p.

MELO JR, H. R.; MARMOS, J. L. **Avaliação Hidrogeológica do Município de Rio Branco - Acre: Relatório Final**. Porto Velho: Serviço Geológico do Brasil (CPRM) - Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial (DHT), 2006.

MELO JR, H. R.; ROSA FILHO, S. F.; KUNZLER, J. C. S. **Modelo de Gestão do Aquífero Rio Branco**. Porto Velho: Serviço Geológico do Brasil (CPRM), 2010. 118p.

MERKEL, B. J.; FRIEDRICH, B. P. **Groundwater geochemistry: a Practical Guide to Modeling of Natural and Contaminated Aquatic Systems**. USA: Springer, 2008. 230p.

METCALF & Eddy, Inc. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse**. New York: McGraw-Hill, 1991.

NARCISO, M. G.; GOMES, L. P. Qualidade da água subterrânea para abastecimento público na Serra das Areias, Aparecida de Goiânia - GO. **Revista Técnica da Sanepar**, Curitiba, vol.21, nº 21, p.4-18, 2004.

NEUMAN, S. P. **Analysis of pumping test data from anisotropic unconfined aquifers considering delayed gravity response**. USA: Water Resources Research, vol. 11, nº 1, p.329-342, 1975.

NIELSEN, D. M.; NIELSEN, G. L. **The Essential Handbook of Ground-water Sampling**. New York: CRC Press, 2007. 310 p.

OBIEFUNA, G. I.; SHERIFF, A. Assessment of Shallow Ground Water Quality of Pindiga Gombe Area, Yola Area, NE, Nigeria for Irrigation and Domestic Purposes. **Research Journal of Environmental and Earth Sciences**, vol.3, p.131-141, 2011.

OLIVEIRA, M.; FERREIRA, A. Unidade Panorama: uma sedimentação fossilífera pós mioceno no rio Acre – AC. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 2008, Curitiba - PR. **Anais**. Curitiba: SBG, 2008.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2011. 67p.

PEREIRA FILHO, I. A.; SOBRINHO, J. B.; CRUZ, J. C.; KARAM, D.; COELHO, A. M. **Insumos e Equipamentos**. Brasília: Agência Embrapa de Informação Tecnológica - AGEITEC, 2011. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01\\_25\\_16\\_8200511158.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_25_16_8200511158.html)>. Acesso em: 22 abril 2014.



PEREIRA, S.; CAVALCANTE, I. N.; GOMES, D. F.; GOMES, M. C. R.; MOURA, I. B. M. A qualidade das águas subterrâneas na porção Oeste da faixa costeira do município de Fortaleza, Ceará. In: XV CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2008, Natal - RN. **Anais**. Natal: ABAS, 2008. p.1-16.

PIVELI, R. P. **Curso: Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos - Aula 6: características químicas das águas: pH, acidez, alcalinidade e dureza**. São Paulo: LEB - ESALQ - USP, 2004. Disponível em: <<http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb360/Fasciculo%206%20-%20Alcalinidade%20e%20Acidez.pdf>>. Acesso em: 16 abril 2014.

POHLING, R. **Reações químicas na análise de água**. Fortaleza: Arte Visual, 2009.

PROJETO RADAMBRASIL. **Folha SC-19, Rio Branco**. Brasília: Ministério das Minas e Energia, 1976.

PULS, R. W.; BARCELONA, M. J. Filtration of groundwater samples for metals analyses. **Hazardous Waste and Hazardous Materials**, vol. 6, nº4, p.385-393, 1989.

RESENDE, A. V. **Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2002. 29p.

SCHMIDT, C. A. B. **Remediação in situ de solos e águas subterrâneas contaminados por líquidos orgânicos não miscíveis em água (NAPLs). Série Temática: Resíduos Sólidos e Geotecnia Ambiental – Volume 1**. Rio de Janeiro: COAMB / FEN / UERJ / 2010. 62 p.

SCHOELLER, H. **Géochimie des Eaux Souterraines**. Paris: Revue de l'Institut Français du Pétrol, vol. 10, p. 230-244, 1955.

SCHOELLER, H. **Les Eaux Souterraines**. Paris: Masson, 1962. 642p.

SCHWARZBACH, M. S. R.; MORANDI, I. C. Avaliação da variabilidade temporal das características físicoquímicas das águas subterrâneas dos poços tubulares profundos do município de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. In: 1st Joint World Congress on Groundwater, 2000, Fortaleza – CE. **Anais**. Fortaleza: ABAS, 2000. p.1-18.

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais do Estado do Acre – SEMA-AC. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre: Fase II - Documento Síntese – Escala 1:250.000**. Rio Branco: SEMA-AC, 2006. 354p.

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais - SEMA. **Caracterização Socioambiental das Bacias Hidrográficas do Estado do Acre: Rio Branco - Acre**. Rio Branco: SEMA, 2008. 374p.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo: Folha SC-19, Rio Branco**. 2004.

SILVA, F. A. S. ASSISTAT: versão 7.7. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2012.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, vol.8, n.4, p.1019-1028, 2003.

SNOEYINK, V. L.; JENKINS, D. **Water Chemistry**. New York: John Wiley & Sons, 1980. 463p.

SZIKSZAY, M. **Geoquímica das Águas**. São Paulo: Scielo. Boletim IG-USP, Série Didática, nº 5, p.1-166, 1993. Disponível em: <<http://pgegeo.igc.usp.br/pdf/bigsd/n5/01.pdf>>. Acesso em: 08 maio 2014.

TEIXEIRA, I. E. M. Águas da formação Açú. In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2002, Florianópolis - SC. **Anais**. Florianópolis: ABAS, 2002. p.1-25.

TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 568p.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE - Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 124p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Vol. 1**. Belo Horizonte: Editora Universitária, 2005. vol. 1. 452p.

YIN, L.; HU, G.; HUANG, D.W.; DONG, J.; WANG, X.; LI, H. Groundwater recharge estimation in the Ordos Plateau, China: comparison of methods. **Hydrogeology Journal** 19(8):1563:1575.

ZOBY, J. L. G. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. **Revista Águas Subterrâneas**, Natal, Supl. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2008.

## **7 – Anexos**

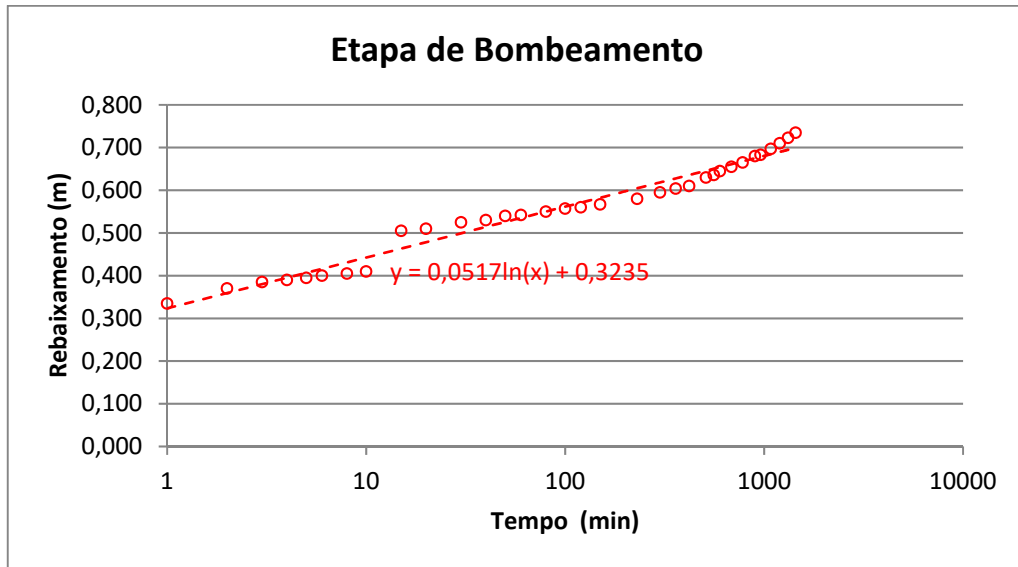
## **7.1 – Testes de Bombeamento – Planilhas, Gráficos e Valores Obtidos de T, K, S**

## 7.1.1 – Dados do Poço RBR19 – Rio Branco – AC.

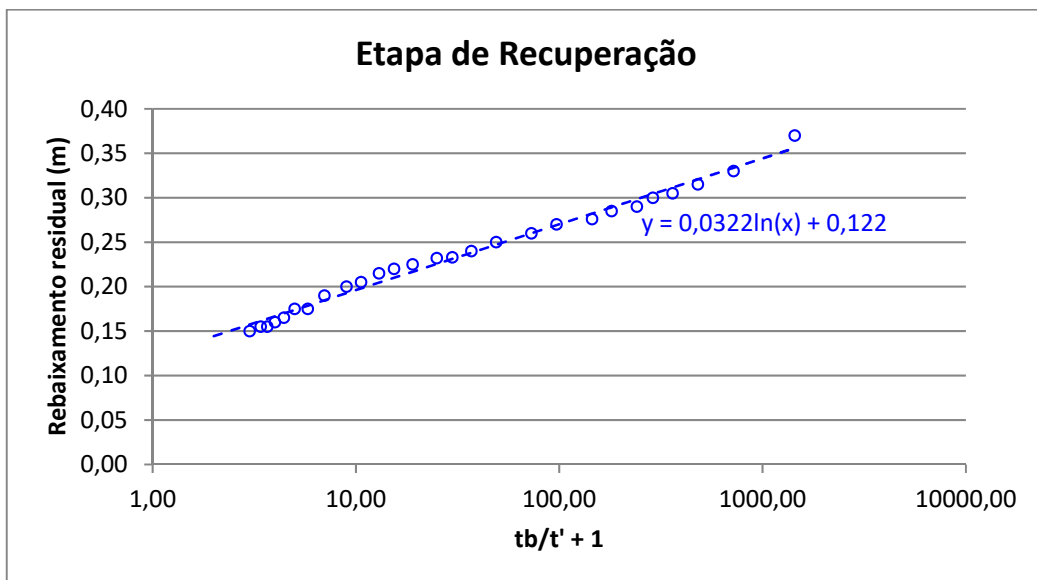
### 7.1.1.1 – Planilha

ENSAIO DE BOMBEAMENTO									
REFERÊNCIA DO POÇO: RBR19			PROF.: 11 m			EQUIP.: B.inj. Schneider, 1,0 CV			
MUNICÍPIO: Rio Branco			N.E.: 2,76 m			AQÜÍFERO: Rio Branco			
ESTADO: Acre			N.D.: 3,495 m			EMPRESA:			
LOCAL: Estrada do Amapá			Q: 1,52 m <sup>3</sup> /h			DATA INÍCIO: 29/07/2012			
PROPRIETÁRIO: Corpo de Bombeiros			Q/s: 2,89 m <sup>3</sup> /h/m			DATA TÉRMINO: 30/07/2012			
GPS:	UTM_E:	630.909,38	UTM_N:	8.893.153,67	ALTITUDE:	142,16			
REBAIXAMENTO					RECUPERAÇÃO				
HORA	t (min)	N.D. (m)	s (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Q/s (m <sup>3</sup> /h/m)	t' (min)	N.D. (m)	s (m)	tb/t' + 1
08:01	1	3,095	0,335	1,53	4,58	1	3,13	0,37	1441,00
08:02	2	3,13	0,370	1,53	4,14	2	3,09	0,33	721,00
08:03	3	3,145	0,385	1,53	3,98	3	3,08	0,32	481,00
08:04	4	3,15	0,390	1,53	3,93	4	3,07	0,31	361,00
08:05	5	3,155	0,395	1,53	3,88	5	3,06	0,30	289,00
08:06	6	3,16	0,400	1,53	3,83	6	3,05	0,29	241,00
08:08	8	3,165	0,405	1,53	3,79	8	3,05	0,29	181,00
08:10	10	3,17	0,410	1,53	3,74	10	3,04	0,28	145,00
08:15	15	3,265	0,505	1,53	3,04	15	3,03	0,27	97,00
08:20	20	3,27	0,510	1,55	3,04	20	3,02	0,26	73,00
08:30	30	3,285	0,525	1,56	2,98	30	3,01	0,25	49,00
08:40	40	3,29	0,530	1,57	2,97	40	3,00	0,24	37,00
08:50	50	3,3	0,540	1,57	2,91	50	2,99	0,23	29,80
09:00	60	3,302	0,542	1,57	2,90	60	2,99	0,23	25,00
09:20	80	3,31	0,550	1,52	2,76	80	2,99	0,23	19,00
09:40	100	3,317	0,557	1,52	2,72	100	2,98	0,22	15,40
10:00	120	3,32	0,560	1,52	2,71	120	2,98	0,22	13,00
10:30	150	3,327	0,567	1,55	2,73	150	2,97	0,21	10,60
11:50	230	3,34	0,580	1,50	2,59	180			9,00
13:00	300	3,355	0,595	1,50	2,52	240	2,95	0,19	7,00
14:00	360	3,364	0,604	1,50	2,49	300	2,94	0,18	5,80
15:00	420	3,37	0,610	1,52	2,49	360			5,00
16:30	510	3,39	0,630	1,52	2,41	420	2,93	0,17	4,43
17:19	559	3,396	0,636	1,52	2,38	480	2,92	0,16	4,00
18:00	600	3,405	0,645	1,52	2,35	540	2,92	0,16	3,67
19:25	685	3,415	0,655	1,52	2,31	600			3,40
21:00	780	3,425	0,665	1,52	2,28	720	2,91	0,15	3,00
23:00	900	3,44	0,680	1,52	2,23	720			3,00
00:00	960	3,443	0,683	1,52	2,22				
02:00	1080	3,457	0,697	1,52	2,17				
04:00	1200	3,47	0,710	1,52	2,13				
06:00	1320	3,483	0,723	1,52	2,10				
08:00	1440	3,495	0,735	1,52	2,07				
TÉCNICO RESPONSÁVEL: Edilton Carneiro Feitosa									

**7.1.1.2 – Gráficos e Parâmetros Hidráulicos Obtidos no Poço RBR19 – Rio Branco – AC, supondo o aquífero confinado (Cooper & Jacob, 1946).**



7.1.1.2a – Curva de rebaixamento do poço RBR19 durante o bombeamento.



7.1.1.2b - Recuperação do poço RBR19, após o bombeamento.

7.1.1.2c - Parâmetros obtidos pelo método de Cooper & Jacob (1946)

Valores encontrados para T, K, S no ponto RBR19 – Rio Branco – AC.

Etapas	b (m)	T			K			S
		m <sup>2</sup> /s	m <sup>2</sup> /h	m <sup>2</sup> /dia	m/s	m/h	m/dia	
Rebaixamento	5	6,49E-04	2,34	56,08	8,65E-05	0,31	11,22	1,68E-04
Recuperação	5	1,04E-03	3,75	90,04	2,206E-05	0,50	18,00	
<b>Média</b>	<b>5</b>	<b>8,46E-04</b>	<b>3,04</b>	<b>73,06</b>	<b>5,43E-05</b>	<b>0,41</b>	<b>14,61</b>	<b>1,68E-04</b>

**7.1.1.3 – Gráficos e Parâmetros Hidráulicos Obtidos no poço RBR19 Rio Branco – AC, supondo o aquífero do tipo livre, homogêneo e anisotrópico (Neuman, 1975).**

Poço	Trecho Tipo	t (min)	s (m)	ts	ty	SD	ℓ
RBR19	A	4	0,40	7	-	1,2	0,2
RBR19	B	160	0,57	-	0,1	1,4	0,2

Parâmetros obtidos da família de curvas Tipo A (gráfico 7.1.1.3a):

$$T = \frac{4,22 \times 10^{-4} \times 1,2}{4\pi \times 0,40} = 1,01 \times 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{s} = 8,7 \text{ m}^2 / \text{dia} \rightarrow K = \frac{T}{b} = \frac{8,7}{10} = 0,87 \text{ m} / \text{dia}$$

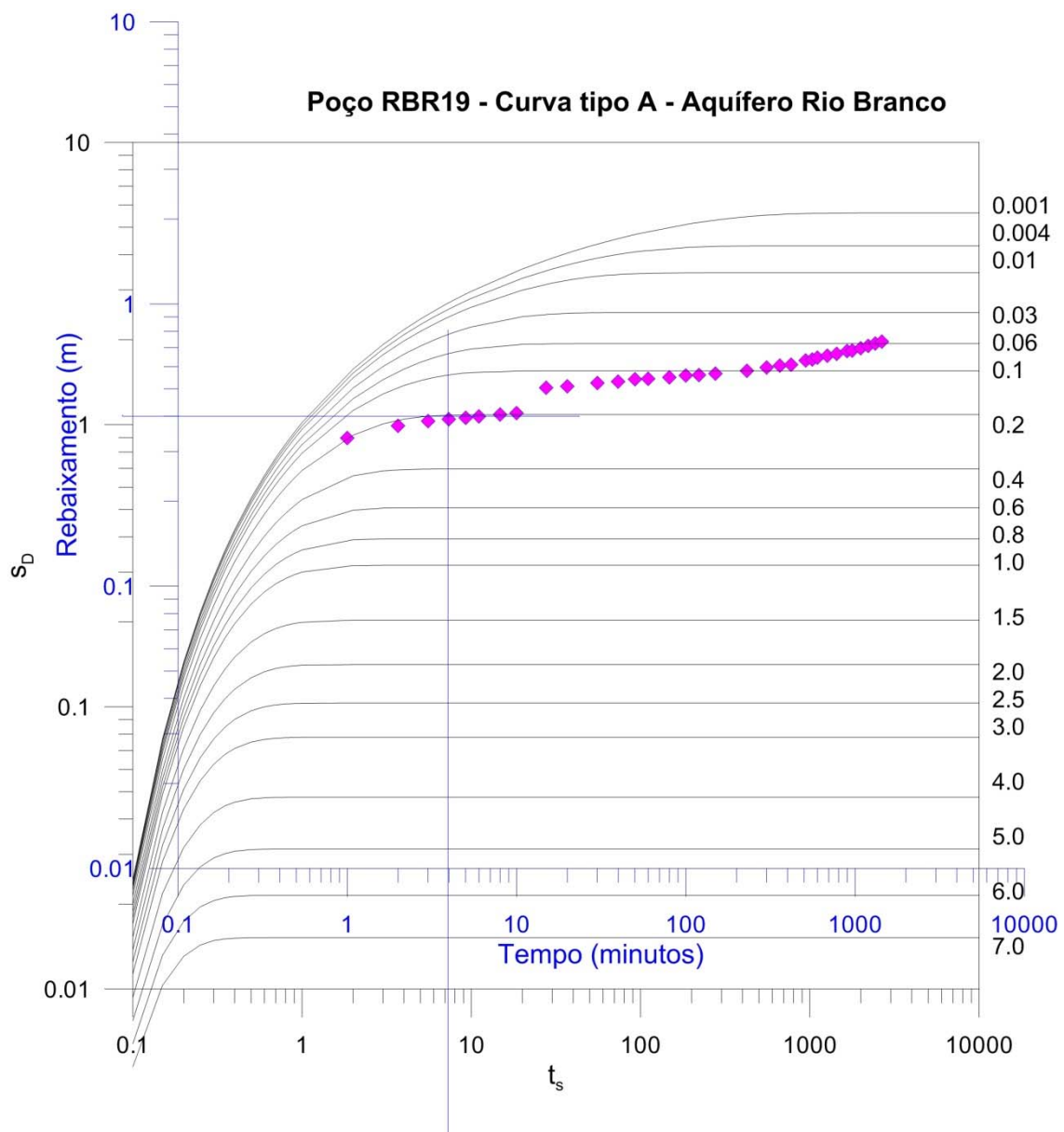
$$S = \frac{Tt}{t_s r^2} = \frac{1,01 \times 10^{-4} \times 4 \times 60}{7 \times 10^2} = 3,45 \times 10^{-5}$$

Parâmetros obtidos da família de curvas Tipo B (gráfico 7.1.1.3b)

$$T = \frac{4,22 \times 10^{-4} \times 1,4}{4\pi \times 0,57} = 8,25 \times 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{s} = 7,1 \text{ m}^2 / \text{dia} \rightarrow K = \frac{T}{b} = \frac{7,1}{10} = 0,71 \text{ m} / \text{dia}$$

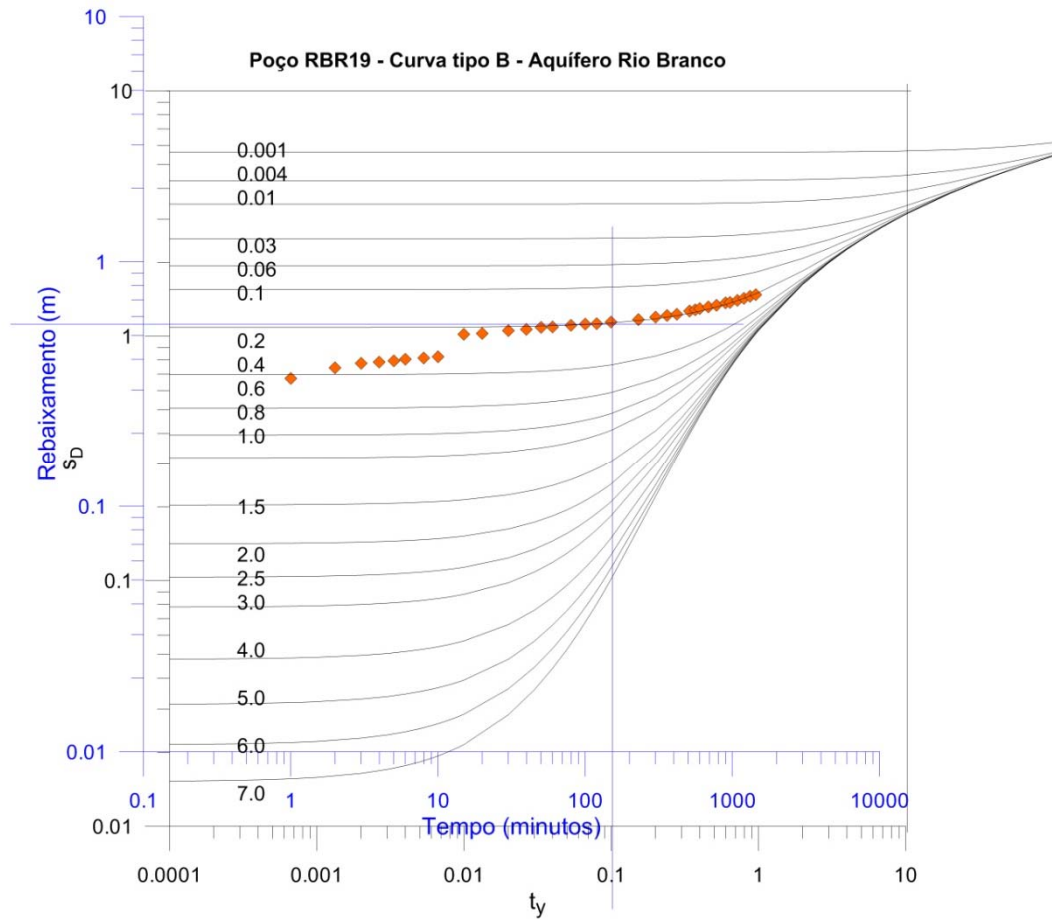
$$S_y = \frac{Tt}{t_y r^2} = \frac{8,25 \times 10^{-5} \times 160 \times 60}{0,1 \times 10^2} = 0,08$$

$$\text{Anisotropia: } K_D = \frac{K_v}{K_h} = \beta \left( \frac{b}{r} \right)^2 = 0,2 \times \left( \frac{10}{10} \right)^2 = 0,2$$



7.1.1.3a – Trecho inicial da curva de rebaixamento do poço RBR19, superposta à curva padrão Tipo A de Neuman para tempos curtos (antes da drenagem gravitacional) com  $\beta=0,2$ .





7.1.1.3b – Trecho da curva de rebaixamento do poço RBR19, superposto à curva padrão Tipo B de Neuman para tempos longos (com drenagem gravitacional) e  $\beta=0.2$ .

7.1.1.3c - Resultados encontrados no poço RBR19 supondo o aquífero do tipo livre, anisotrópico com poços totalmente penetrantes e com drenagem retardada.

PARÂMETROS TESTE RBR19	Símbolo	Unidade	Curva Tipo	
			A	B
Vazão	Q	m <sup>3</sup> /dia	36	36
Rebaixamento	s	m	0,39	0,64
Tempo do rebaixamento	t	dia	0,007	0,313
Distância do poço bombeado*	r	m	10	10
Rebaixamento adimensional	SD	adim	1,2	1,4
Tempo adimensional antes da drenagem retardada ts	ts	adim	7,0	-
Tempo adimensional com drenagem retardada ty	ty	adim	-	0,1
Fator de drenagem retardada	$f$	adim	0,2	0,2
Coefficiente de transmissividade	T	m <sup>2</sup> /dia	8,7	7,1
Coefficiente de armazenamento	S	adim	3,45E-05	-
Porosidade efetiva	Sy	adim	-	0,08
Espessura do aquífero	b	m	10	10
Condutividade hidráulica horizontal	Kh	m/dia	0,87	0,71
Grau de anisotropia do aquífero	KD	adim	1/5	1/5
Condutividade hidráulica vertical	Kv	m/dia	0,17	0,44

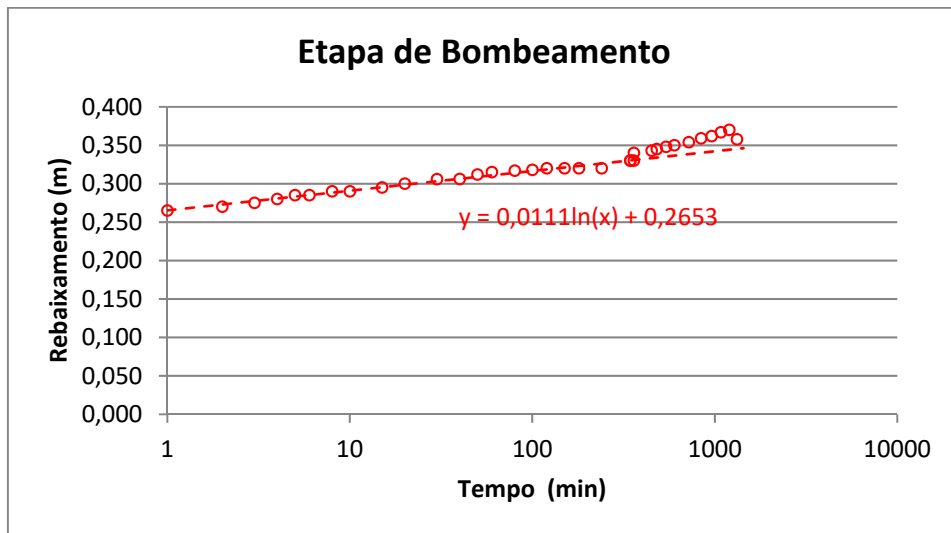
Os resultados sugerem que o aquífero livre Rio Branco tem comportamento de homogêneo e anisotrópico, com drenagem gravitacional, no poço RBR19.

## 7.1.2 – Dados do Poço RBR01 – Rio Branco – AC.

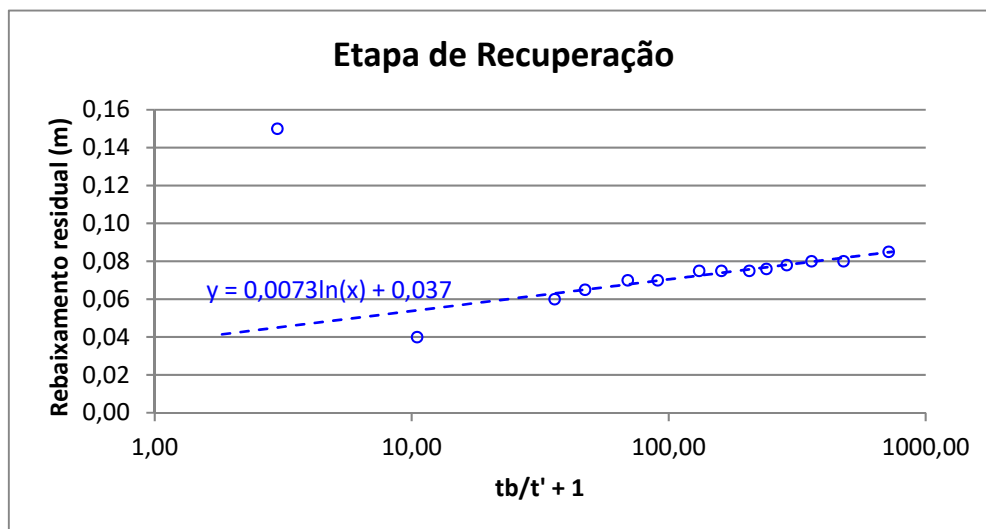
### 7.1.2.1 – Planilha

ENSAIO DE BOMBEAMENTO									
REFERÊNCIA DO POÇO: RBR01			PROF.: 11 m			EQUIPAMENTO: B.cent. Schneider, 1/3 CV			
MUNICÍPIO: Rio Branco			N.E.: 4,75 m			AQÜÍFERO: Rio Branco			
ESTADO: Acre			N.D.: 4,95 m			EMPRESA:			
LOCAL: Belo Jardim I			Q: 1,29 m <sup>3</sup> /h			DATA INÍCIO: 29/07/2012			
PROPRIETÁRIO: José Wilson R. da Cunha			Q/s: 3,9 m <sup>3</sup> /h/m			DATA TÉRMINO: 30/07/2012			
GPS:	UTM_E:	633.143,20	UTM_N:	8.893.159,77	ALTITUDE: 150,81				
REBAIXAMENTO					RECUPERAÇÃO				
HORA	t (min)	N.D. (m)	s (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Q/s (m <sup>3</sup> /h/m)	t' (min)	N.D. (m)	s (m)	tb/t' + 1
11:01	1	5,015	0,265	1,45	5,47	2	4,84	0,09	718,50
11:02	2	5,02	0,270	1,45	5,37	3	4,83	0,08	479,33
11:03	3	5,025	0,275	1,45	5,27	4	4,83	0,08	359,75
11:04	4	5,03	0,280	1,45	5,18	5	4,83	0,08	288,00
11:05	5	5,035	0,285	1,40	4,91	6	4,83	0,08	240,17
11:06	6	5,035	0,285	1,40	4,91	7	4,83	0,08	206,00
11:08	8	5,04	0,290	1,40	4,83	9	4,83	0,08	160,44
11:10	10	5,04	0,290	1,40	4,83	11	4,83	0,08	131,45
11:15	15	5,045	0,295	1,33	4,50	16	4,82	0,07	90,69
11:20	20	5,05	0,300	1,33	4,43	21	4,82	0,07	69,33
11:30	30	5,056	0,306	1,30	4,26	31	4,82	0,07	47,29
11:40	40			1,30		41	4,81	0,06	36,00
11:50	50	5,062	0,312	1,30	4,17	51			29,14
12:00	60	5,065	0,315	1,30	4,13	61			24,52
12:20	80	5,067	0,317	1,30	4,11	81			18,72
12:40	100	5,068	0,318	1,30	4,10	101			15,21
13:00	120	5,07	0,320	1,30	4,07	121			12,86
13:30	150			1,30		151	4,79	0,04	10,50
14:00	180	5,07	0,320	1,30	4,07	241	4,74		6,95
15:00	240	5,07	0,320	1,26	3,92	275	4,79		6,22
16:44	344	5,08	0,330	1,26	3,81	381			4,77
17:00	360	5,08	0,330	1,26	3,81	425			4,38
18:30	450	5,09	0,340	1,25	3,68	545			3,63
19:00	480	5,093	0,343	1,25	3,65	665			3,16
20:00	540	5,095	0,345	1,25	3,63	785			2,83
21:00	600	5,098	0,348	1,25	3,59	600			3,40
23:00	720	5,1	0,350	1,25	3,57	720	2,91	0,15	3,00
01:00	840	5,104	0,354	1,25	3,53	720			3,00
03:00	960	5,109	0,359	1,25	3,48				
05:00	1080	5,112	0,362	1,25	3,46				
07:00	1200	5,117	0,367	1,25	3,41				
09:00	1320	5,12	0,370	1,26	3,40				
10:55	1435	4,95	0,200	0,63	3,15				
TÉCNICO RESPONSÁVEL: Edilton Cameiro Feitosa									

**7.1.2.2 – Gráficos e Parâmetros Hidráulicos Obtidos no Poço RBR01 – Rio Branco – AC, supondo o aquífero confinado (Cooper & Jacob, 1946).**



7.1.2.2a - Rebaixamento do poço RBR01, pelo bombeamento.



7.1.2.2b - Recuperação do poço RBR01, após o bombeamento.

7.1.2.2c - Parâmetros obtidos pelo método de Cooper & Jacob (1946)

Valores encontrados para T, K, S no ponto RBR01 – Rio Branco – AC.

Étapas	ho (m)	T			K			S
		m <sup>2</sup> /s	m <sup>2</sup> /h	m <sup>2</sup> /dia	m/s	m/h	m/dia	
Rebaixamento	5,0	2,55E-03	9,16	219,95	5,626E-05	0,20	43,99	8,71E-03
Recuperação	5,0	3,87E-03	13,94	334,45	8,555E-05	0,31	66,89	
<b>Média</b>	<b>5,0</b>	<b>3,21E-03</b>	<b>11,55</b>	<b>277,02</b>	<b>7,09E-05</b>	<b>0,26</b>	<b>55,44</b>	<b>8,71E-03</b>

**7.1.2.3 – Gráficos e Parâmetros Hidráulicos Obtidos no ponto RBR01 Rio Branco – AC, supondo o aquífero do tipo livre, homogêneo e anisotrópico (Neuman, 1975).**

Poço	Trecho Tipo	t min	s (m)	ts	ty	SD	f
RBR01	A	10	0,28	9	-	0,32	1
RBR01	B	280	0,32	-	0,02	0,40	1

Parâmetros obtidos da família de curvas Tipo A (gráfico 7.1.2.3a)

$$T = \frac{3,47 \times 10^{-4} \times 1,2}{4\pi \times 0,29} = 1,14 \times 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{s} = 9,87 \text{ m}^2 / \text{dia} \rightarrow K = \frac{9,87}{10} = 0,99 \text{ m} / \text{dia}$$

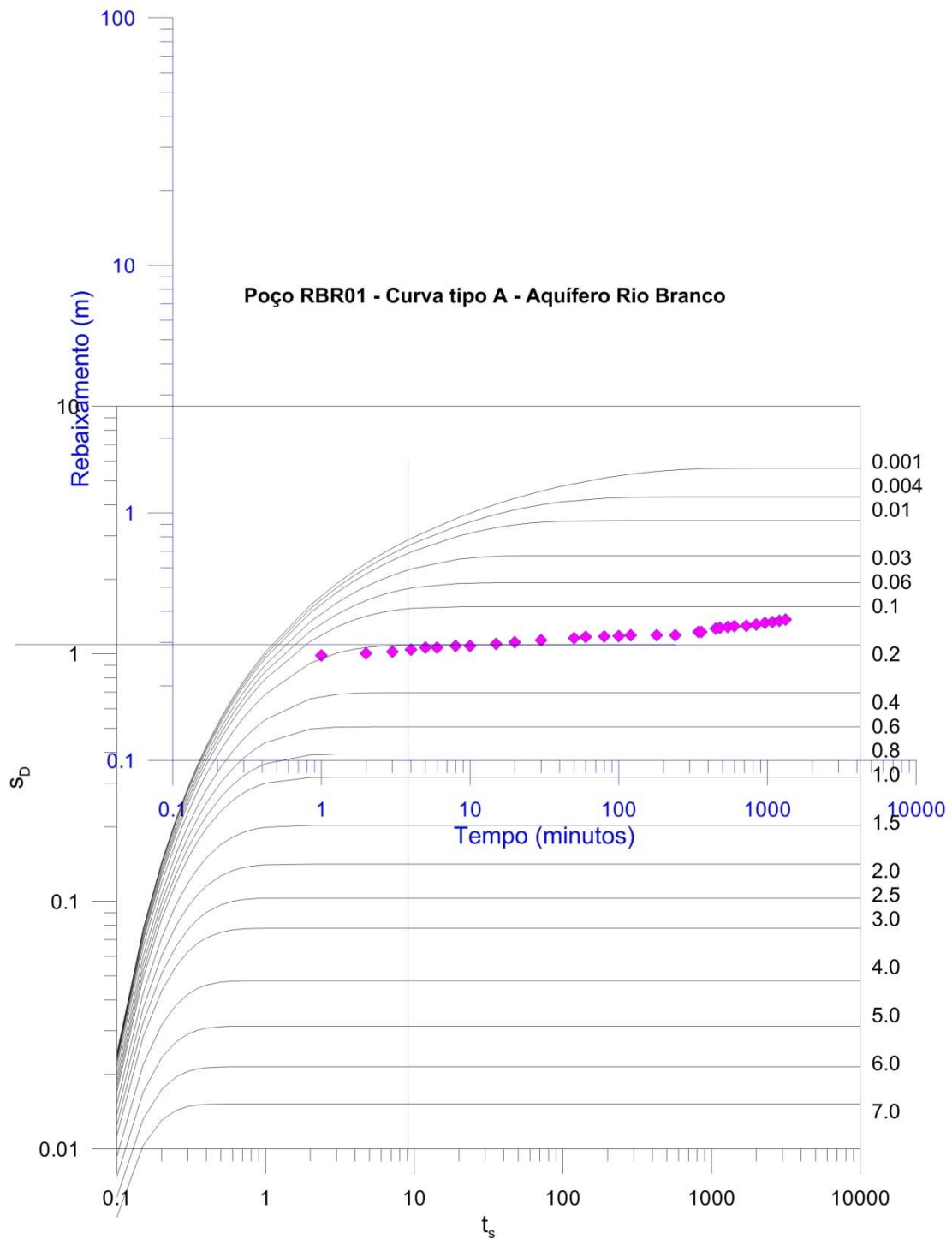
$$S = \frac{Tt}{t_s r^2} = \frac{1,14 \times 10^{-4} \times 4 \times 60}{9 \times 10^2} = 3,05 \times 10^{-5}$$

Parâmetros obtidos da família de curvas Tipo B (gráfico 7.1.2.3b)

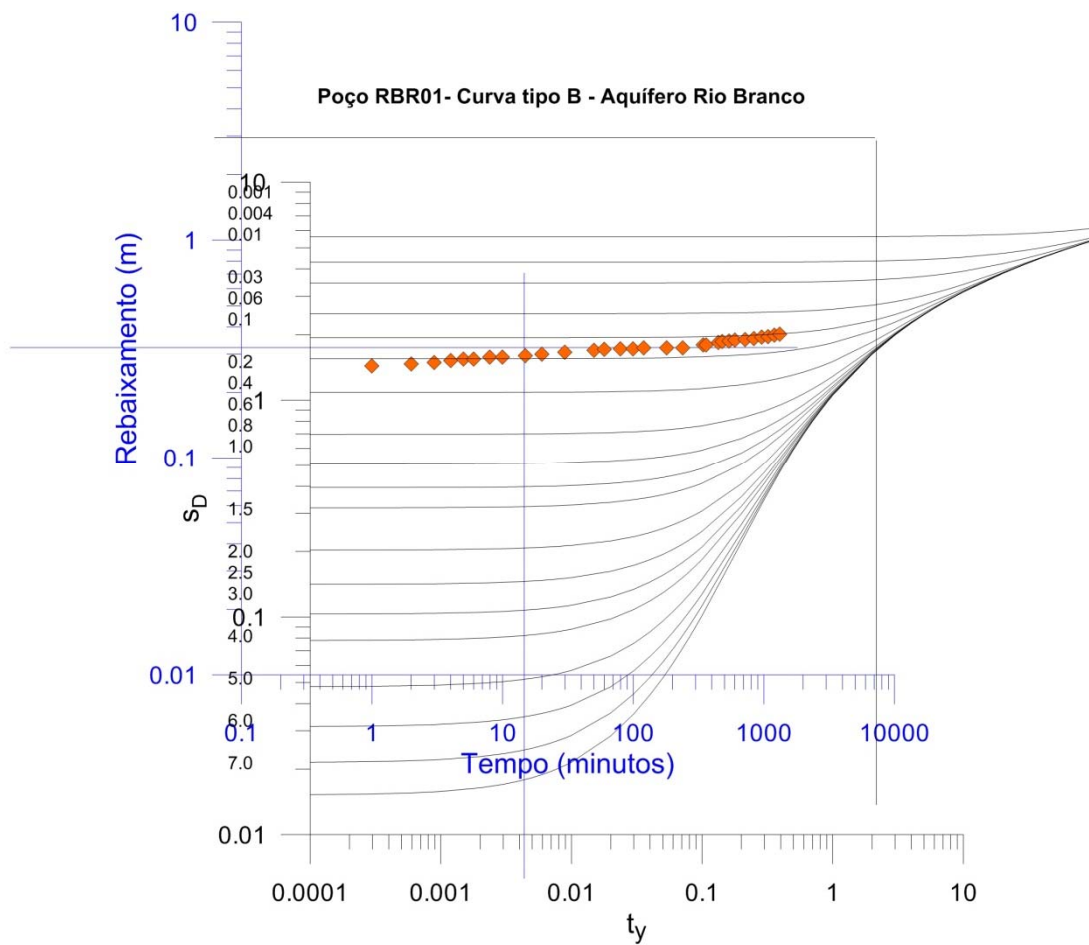
$$T = \frac{3,47 \times 10^{-4} \times 1,3}{4\pi \times 0,32} = 1,12 \times 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{s} = 9,69 \text{ m}^2 / \text{dia} \rightarrow K = \frac{9,69}{10} = 0,97 \text{ m} / \text{dia}$$

$$S_y = \frac{Tt}{t_y r^2} = \frac{1,12 \times 10^{-4} \times 50 \times 60}{0,02 \times 10^2} = 0,17$$

$$\text{Anisotropia: } K_D = \frac{K_v}{K_h} = \beta \left( \frac{b}{r} \right)^2 = 0,2 \times \left( \frac{10}{10} \right)^2 = 0,2$$



7.1.2.3a – Curva de rebaixamento do ponto RBR01, superposta à curva padrão Tipo A de Neuman (antes da drenagem retardada) com  $\beta=0.2$ .



7.1.2.3b – Curva de rebaixamento do ponto RBR01, superposta à curva padrão Tipo B de Neuman (com drenagem retardada) e  $\beta=0.2$ .

7.1.2.3c - Resultados encontrados no ponto RBR01 supondo o aquífero do tipo livre, anisotrópico com poços totalmente penetrantes e com drenagem retardada.

PARÂMETROS TESTE RBR01	Símbolo	Unidade	Curva Tipo	
			A	B
Vazão	Q	m <sup>3</sup> /dia	30	30
Rebaixamento	s	m	0,29	0,32
Tempo do rebaixamento	t	dia	0,003	0,111
Distância do poço bombeado*	r	m	10	10
Rebaixamento adimensional	S <sub>D</sub>	adim	1,2	1,3
Tempo adimensional antes da drenagem retardada	ts	adim	9	-
Tempo adimensional durante drenagem retardada	ty	adim	-	0,02
Fator de drenagem retardada	$f$	adim	0,2	0,2
Coefficiente de transmissividade	T	m <sup>2</sup> /dia	9,87	9,69
Coefficiente de armazenamento	S	adim	3,05E-05	-
Porosidade efetiva	Sy	adim	-	0,17
Espessura do aquífero	b	m	10	10
Condutividade hidráulica horizontal	Kh	m/dia	0,99	0,97
Grau de anisotropia do aquífero	KD	adim	1/5	1/5
Condutividade hidráulica vertical	Kv	m/dia	0,20	0,19

Os resultados sugerem que o aquífero livre Rio Branco tem comportamento de homogêneo e anisotrópico, com drenagem gravitacional, no ponto RBR01.



## **7.2 – Dados dos Poços Cadastrados pela ANA-PHA e Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 em Rio Branco**

**7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 506 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Rio Branco**

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 506 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Rio Branco.

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
1	RB003	ANA	Alcir de Lima Neri	Rio Branco	AC	67° 51' 39,519" W	9° 57' 9,715" S	12	0,05	100	-	-	1,3	Bombeando	0,5	-	Doméstico	Fibra de vidro
2	RB014	ANA	Francisco de Oliveira Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 5,324" W	9° 58' 39,954" S	10	0,24	100	-	-	1,3	Bombeando	0,33	Injetora	Doméstico	Fibra de vidro
3	RB007	ANA	Maria do Socorro Nobre Valente	Rio Branco	AC	67° 51' 31,799" W	9° 56' 32,902" S	7	0,15	100	-	-	1,3	Bombeando	2	-	Doméstico	Fibra de vidro
4	RB009	ANA	Maria Eunice Viana da Silva	Rio Branco	AC	67° 51' 41,670" W	9° 56' 36,549" S	8	0,19	100	-	-	1,3	Bombeando	0,42	-	Doméstico	Fibra de vidro
5	RB005	ANA	Maria Rosimeire dos Reis Magalhães	Rio Branco	AC	67° 51' 39,859" W	9° 57' 6,298" S	12	0,11	100	-	-	1,3	Bombeando	0,17	Injetora	Doméstico	Fibra de vidro
6	RB010	ANA	Regiane Silveira	Rio Branco	AC	67° 47' 58,238" W	9° 59' 49,691" S	9,5	0,28	100	-	-	1,3	Bombeando	1	-	Doméstico	Fibra de vidro
7	RB004	ANA	Valéria Braga Marques	Rio Branco	AC	67° 51' 38,567" W	9° 57' 9,614" S	9	0,37	100	-	-	1,3	Bombeando	1	-	Doméstico	Fibra de vidro
8	RBR19	ANA	Corpo de Bombeiros	Rio Branco	AC	67° 48' 20,358" W	10° 0' 38,601" S	11	0,34	200	-	-	1,4	Bombeando	5	Injetora	Público	Metal
9	RB001	ANA	Suberman Madeira G. Filis	Rio Branco	AC	67° 54' 44,957" W	9° 53' 29,024" S	31	0,28	100	-	-	1,4	Bombeando	1	Injetora	Doméstico	Fibra de vidro
10	RB012	ANA	Faculdade SINAL	Rio Branco	AC	67° 46' 53,678" W	10° 1' 7,454" S	12	0,05	100	-	-	1,5	Bombeando	-	-	-	Fibra de vidro
11	RB055	ANA	Eliel Araújo da Silva	Rio Branco	AC	67° 47' 23,226" W	10° 0' 26,121" S	11	0,2	100	-	-	1,79	Bombeando	1	Injetora	Consumo e Doméstico	Fibra de vidro
12	RB083	ANA	Maria de Fátima Alves Pereira	Rio Branco	AC	67° 49' 26,796" W	9° 59' 7,784" S	11	0,15	150	-	-	1,8	Bombeando	0,33	Injetora	Doméstico	Fibra de vidro
13	RB096	ANA	Regina Rodrigues	Rio Branco	AC	67° 48' 22,467" W	9° 59' 42,518" S	12	0,1	100	-	-	1,8	Bombeando	0,5	Injetora	Doméstico	Fibra de vidro
14	RB090	ANA	Zefereno Ramos Monteiro	Rio Branco	AC	67° 47' 59,263" W	9° 58' 36,058" S	9,5	0,1	100	-	-	2,12	Bombeando	2	Injetora	Doméstico	Fibra de vidro
15	RB024	ANA	Emílio Augusto Sampaio	Rio Branco	AC	67° 47' 28,009" W	10° 0' 20,507" S	11	0,15	100	-	-	2,3	Bombeando	1	Injetora	Doméstico	Fibra de vidro
16	RB078	ANA	Evandro Correa da Silva	Rio Branco	AC	67° 49' 50,240" W	10° 0' 40,678" S	10	0,3	100	-	-	3	Bombeando	0,5	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro e Amianto
17	RB079	ANA	Chagas Silva de Souza	Rio Branco	AC	67° 49' 38,914" W	10° 0' 30,156" S	12	0,3	100	-	-	3,2	Bombeando	-	Injetora	-	-
18	RB021	ANA	Raimundo Nonato Quintela	Rio Branco	AC	67° 48' 46,569" W	10° 1' 4,835" S	10	0,1	100	-	-	4	Bombeando	3	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro
19	RB087	ANA	Janeide Santos de Freitas	Rio Branco	AC	67° 47' 45,796" W	9° 59' 48,213" S	12	0,35	100	-	-	4,4	Bombeando	2	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro
20	RB053	ANA	Fabiana Reis dos Santos	Rio Branco	AC	67° 47' 39,658" W	10° 0' 32,008" S	10	0,15	100	-	-	4,7	Bombeando	1	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro
21	RB043	ANA	Márcio José Laguna	Rio Branco	AC	67° 46' 42,489" W	10° 0' 38,375" S	10	0,4	100	-	-	4,7	Bombeando	1	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro
22	RB072	ANA	Tupinambás De Santana Lima	Rio Branco	AC	67° 47' 52,937" W	9° 58' 14,713" S	11	0,3	100	-	-	4,7	Bombeando	1	Centrífuga	Doméstico	Amianto
23	RB100	ANA	Adeir Quinhelato	Rio Branco	AC	67° 47' 41,012" W	9° 59' 18,637" S	12	0,35	150	-	-	4,8	Bombeando	1	Centrífuga	Consumo e Doméstico	Fibra de vidro
24	RB088	ANA	Edival Lopes Diniz	Rio Branco	AC	67° 49' 50,925" W	9° 59' 56,147" S	9	0,2	100	-	-	4,8	Bombeando	0,5	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro
25	RB098	ANA	Gleidson Bezerra Laureano	Rio Branco	AC	67° 47' 41,184" W	9° 58' 49,698" S	11	0,2	100	-	-	4,8	Bombeando	6	Injetora	Doméstico	Fibra de vidro
26	RB091	ANA	Maria Flora Pinheiro	Rio Branco	AC	67° 48' 0,883" W	9° 58' 33,004" S	11,5	0,25	100	-	-	4,8	Bombeando	2	Centrífuga	Doméstico	Amianto
27	RB040	ANA	José Alves	Rio Branco	AC	67° 46' 30,348" W	10° 0' 26,970" S	11	0,25	100	-	-	5	Bombeando	0,5	Centrífuga	Consumo e Doméstico	Fibra de vidro
28	RB039	ANA	Maria Cilene Sombra Ferreira	Rio Branco	AC	67° 46' 14,622" W	10° 0' 34,106" S	11	0,3	100	-	-	5	Bombeando	0,25	Centrífuga	Consumo e Doméstico	Fibra de vidro
29	RB011	ANA	Prefeitura Municipal de Rio Branco	Rio Branco	AC	67° 47' 4,640" W	10° 0' 51,771" S	30	0,15	150	-	-	5	Bombeando	10	Submersa	-	Concreto
30	RB025	ANA	José Cavalcante Damasceno	Rio Branco	AC	67° 49' 21,900" W	9° 57' 0,481" S	8	0,25	150	-	-	5,2	Bombeando	0,33	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 506 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Rio Branco (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
31	RB059	ANA	Raimundo Nunes de Oliveira	Rio Branco	AC	67° 48' 31,249" W	9° 59' 29,984" S	10	0,3	100	-	-	5,4	Bombeando	0,5	Centrífuga	Doméstico	Amianto
32	RB051	ANA	Aclemar Afonso Rocha da Silva	Rio Branco	AC	67° 47' 0,524" W	10° 0' 28,285" S	13	0,1	100	-	-	5,5	Bombeando	4	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro
33	RB036	ANA	Carlos Ribeiro de Carvalho	Rio Branco	AC	67° 48' 2,762" W	9° 58' 48,897" S	7	0,4	150	-	-	5,8	Bombeando	2	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro
34	RB037	ANA	Francisco Ribeiro dos Santos	Rio Branco	AC	67° 48' 4,030" W	9° 58' 43,628" S	9	0,3	100	-	-	6	Bombeando	4	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro
35	RB093	ANA	Janilson da Silva	Rio Branco	AC	67° 49' 55,116" W	9° 59' 41,154" S	9,5	0,1	100	-	-	6	Bombeando	0,33	Centrífuga	Doméstico	Amianto
36	RB038	ANA	Maria Antonia da Silva Menezes	Rio Branco	AC	67° 47' 41,730" W	9° 59' 1,940" S	11,5	0,1	100	-	-	6	Bombeando	2	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro
37	RB047	ANA	Maria Elbinéia Feitosa	Rio Branco	AC	67° 46' 29,301" W	10° 1' 0,854" S	8	0,05	100	-	-	6	Bombeando	1	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro
38	RB033	ANA	José Ricardo de Freitas	Rio Branco	AC	67° 49' 55,489" W	10° 2' 23,209" S	18	0,1	150	-	-	6,2	Bombeando	12	Centrífuga	Comércio	Fibra de vidro
39	RB022	ANA	Dídimo Corrêa da Silva	Rio Branco	AC	67° 47' 38,501" W	10° 2' 55,955" S	8	0,1	100	-	-	6,4	Bombeando	3	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro
40	RB049	ANA	Elinalva dos Santos	Rio Branco	AC	67° 46' 38,501" W	10° 0' 51,056" S	10	0,1	100	-	-	6,4	Bombeando	0,5	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro
41	RB070	ANA	Maria das Graças Araújo	Rio Branco	AC	67° 47' 29,085" W	9° 58' 9,060" S	11	0,3	100	-	-	6,4	Bombeando	0,33	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro
42	RB089	ANA	Reaias Gomes Rebolças	Rio Branco	AC	67° 50' 8,630" W	9° 59' 45,954" S	11	0,4	100	-	-	6,4	Bombeando	2	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro
43	RB062	ANA	Sebastião Barbosa de Lima	Rio Branco	AC	67° 48' 51,374" W	9° 58' 46,141" S	12	0,4	100	-	-	6,4	Bombeando	0,5	Injetora	Doméstico	Fibra de vidro
44	RB035	ANA	Vanusa Barbosa Da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 5,615" W	9° 58' 40,996" S	12	0,2	100	-	-	6,7	Bombeando	0,25	Centrífuga	Doméstico	Amianto
45	RB046	ANA	André Pontes de Oliveira	Rio Branco	AC	67° 46' 46,653" W	10° 0' 49,133" S	7	0,05	100	-	-	7	Bombeando	1	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro
46	RB082	ANA	Ângela Maria Oliveira da Silva	Rio Branco	AC	67° 49' 5,559" W	9° 59' 32,125" S	12	0,35	100	-	-	7	Bombeando	0,5	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro
47	RB099	ANA	Ercílio Cândido Brasil	Rio Branco	AC	67° 47' 37,007" W	9° 59' 9,313" S	11	0,3	100	-	-	7	Bombeando	0,33	Injetora	Consumo e Doméstico	Fibra de vidro
48	RB084	ANA	Francisco Oliveira da Silva	Rio Branco	AC	67° 49' 20,817" W	9° 59' 26,742" S	13	0,1	100	-	-	7	Bombeando	1	Centrífuga	Doméstico	Amianto
49	RB075	ANA	Janaina Patricia Picolo	Rio Branco	AC	67° 45' 32,753" W	10° 1' 7,805" S	10	0,3	100	-	-	7	Bombeando	0,5	Centrífuga	Consumo e Doméstico	Fibra de vidro
50	RB097	ANA	Leoci Maia Vasconcelos	Rio Branco	AC	67° 48' 23,525" W	9° 59' 40,764" S	10	0,35	100	-	-	7	Bombeando	0,5	Injetora	Doméstico	Fibra de vidro
51	RB095	ANA	Maria Perpétua da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 22,148" W	9° 59' 49,126" S	13	0,15	100	-	-	7	Bombeando	1	Centrífuga	Consumo e Doméstico	Fibra de vidro
52	RB086	ANA	Maria do Carmo dos Santos	Rio Branco	AC	67° 49' 34,616" W	10° 0' 1,558" S	12	0,15	100	-	-	7,1	Bombeando	0,25	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro e Amianto
53	RB048	ANA	Ademar Colombo	Rio Branco	AC	67° 46' 27,507" W	10° 0' 48,835" S	11	0,1	100	-	-	7,4	Bombeando	1	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro
54	RB069	ANA	Francisco Inácio Gonçalves de Melo	Rio Branco	AC	67° 47' 11,331" W	9° 57' 57,244" S	12	0,1	100	-	-	7,4	Bombeando	1	Centrífuga	Doméstico	Metal
55	RB067	ANA	Pedro Licínio de Moura	Rio Branco	AC	67° 48' 28,669" W	9° 58' 22,686" S	19	0,8	100	-	-	7,4	Bombeando	2	Injetora	Doméstico	Fibra de vidro
56	RB068	ANA	Valdir Cavalcante	Rio Branco	AC	67° 47' 29,947" W	9° 58' 15,736" S	12	0,45	100	-	-	7,4	Bombeando	1	Injetora	Doméstico	Amianto
57	RB002	ANA	Castro da Silva Lima	Rio Branco	AC	67° 50' 28,762" W	9° 58' 22,198" S	12	0,05	100	-	-	7,5	Bombeando	0,25	-	Doméstico	Fibra de vidro
58	RB006	ANA	Clodomir Teixeira Lima	Rio Branco	AC	67° 51' 38,975" W	9° 56' 46,665" S	9	0,3	100	-	-	7,5	Bombeando	0,5	Injetora	Doméstico	Amianto
59	RB052	ANA	Francisca Chagas Ferreira	Rio Branco	AC	67° 47' 17,733" W	10° 0' 10,606" S	11	0,25	100	-	-	7,5	Bombeando	0,33	Injetora	Doméstico	Amianto
60	RB041	ANA	Nanci Passos Pereira	Rio Branco	AC	67° 46' 26,693" W	10° 0' 11,916" S	11	0,15	100	-	-	7,5	Bombeando	1	Centrífuga	Consumo e Doméstico	Fibra de vidro

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 506 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Rio Branco (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
61	RB023	ANA	Raimundo Norato Ferreira	Rio Branco	AC	67° 48' 6,107" W	10° 1' 40,434" S	12	0,2	100	-	-	7,5	Bombeando	1,5	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro
62	RB056	ANA	Rute Alves Rodrigues	Rio Branco	AC	67° 48' 35,056" W	9° 59' 21,599" S	12	0,1	100	-	-	7,5	Bombeando	2	Injetora	Doméstico	Fibra de vidro
63	RB042	ANA	Rafael Ferreira Filho	Rio Branco	AC	67° 46' 16,693" W	10° 0' 24,836" S	12	0,35	100	-	-	7,7	Bombeando	1	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro e Amianto
64	RB076	ANA	Felipe dos Santos Moura	Rio Branco	AC	67° 45' 32,244" W	10° 0' 54,652" S	10	0,15	100	-	-	7,8	Bombeando	2	Centrífuga	Consumo e Doméstico	Fibra de vidro e Amianto
65	RB045	ANA	Anilton Barreto	Rio Branco	AC	67° 46' 55,894" W	10° 1' 20,874" S	15	0,2	100	-	-	8	Bombeando	5	Injetora	Doméstico	Fibra de vidro
66	RB020	ANA	Natal Pereira de Oliveira	Rio Branco	AC	67° 49' 38,758" W	10° 2' 26,600" S	11	0,55	100	-	-	10	Bombeando	8	Centrífuga	Comércio	Fibra de vidro
67	RB026	ANA	Samia Esther Gouveia	Rio Branco	AC	67° 49' 11,866" W	9° 57' 5,752" S	8,5	0,3	100	-	-	10	Bombeando	1,5	Injetora	Doméstico	Concreto
68	RB031	ANA	Isaias de Souza	Rio Branco	AC	67° 47' 51,174" W	10° 1' 55,419" S	11	0,25	100	-	-	15	Bombeando	4	Centrífuga	Comércio	Fibra de vidro
69	RB015	ANA	Honda	Rio Branco	AC	67° 48' 22,564" W	9° 59' 7,035" S	32	0,25	150	-	-	16,8	Bombeando	10	Centrífuga	Limpeza	Metal
70	1100000469	CPRM	7 BEC	Rio Branco	AC	67° 59' 00" W	09° 59' 00" S	150	-	152	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento múltiplo	-
71	1100000470	CPRM	7 BEC	Rio Branco	AC	67° 47' 59" W	09° 58' 59" S	150	-	152	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento múltiplo	-
72	1100000922	CPRM	Adaci da Silva de Assis	Rio Branco	AC	67° 48' 12" W	10° 01' 56" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
73	1100000950	CPRM	Adeildes Fernandes da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 13" W	10° 01' 53" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
74	1100000085	CPRM	Adelino Nogueira da Costa	Rio Branco	AC	67° 48' 11" W	10° 01' 46" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
75	1100000128	CPRM	Adelino Nogueira da Costa	Rio Branco	AC	67° 48' 11" W	10° 01' 46" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
76	1100000990	CPRM	Adelino Nogueira da Costa	Rio Branco	AC	67° 48' 11" W	10° 01' 46" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
77	1100001025	CPRM	Ademir S. Rocha	Rio Branco	AC	67° 47' 37" W	10° 02' 30" S	9	-	-	-	-	-	Abandonado	-	-	-	-
78	1100001026	CPRM	Ademir S. Rocha	Rio Branco	AC	67° 47' 37" W	10° 02' 30" S	9	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
79	1100001027	CPRM	Ademir S. Rocha	Rio Branco	AC	67° 47' 38" W	10° 02' 30" S	9	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
80	1100001028	CPRM	Ademir S. Rocha	Rio Branco	AC	67° 47' 37" W	10° 02' 31" S	9	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
81	1100000147	CPRM	Adriana da Silva Batista	Rio Branco	AC	67° 48' 16" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
82	1100001009	CPRM	Adriana da Silva Batista	Rio Branco	AC	67° 48' 17" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	-	-
83	1100000090	CPRM	Airton Barbosa Gonçalves	Rio Branco	AC	67° 48' 14" W	10° 01' 47" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
84	1100000091	CPRM	Airton Barbosa Gonçalves	Rio Branco	AC	67° 48' 15" W	10° 01' 47" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
85	1100000127	CPRM	Airton Barbosa Gonçalves	Rio Branco	AC	67° 48' 13" W	10° 01' 47" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
86	1100000944	CPRM	Airton Barbosa Gonçalves	Rio Branco	AC	67° 48' 11" W	10° 01' 53" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
87	1100000988	CPRM	Airton Barbosa Gonçalves	Rio Branco	AC	67° 48' 14" W	10° 01' 47" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
88	1100000989	CPRM	Airton Barbosa Gonçalves	Rio Branco	AC	67° 48' 13" W	10° 01' 47" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
89	1100000052	CPRM	Aldenice Nobre de Souza	Rio Branco	AC	67° 48' 15" W	10° 01' 44" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
90	1100000055	CPRM	Alesson Bruno Lima da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 15" W	10° 01' 42" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 506 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Rio Branco (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
91	110000089	CPRM	Alzeneide Pereira de Castro	Rio Branco	AC	67° 48' 12" W	10° 01' 48" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
92	110000125	CPRM	Alzeneide Pereira de Castro	Rio Branco	AC	67° 48' 12" W	10° 01' 48" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Centrífuga	-	-
93	1100000986	CPRM	Alzeneide Pereira de Castro	Rio Branco	AC	67° 48' 12" W	10° 01' 48" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
94	1100000054	CPRM	Alzenira Javier Almeida	Rio Branco	AC	67° 48' 13" W	10° 01' 43" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Centrífuga	-	-
95	RB044	ANA	Alzira Galvão Alves Campos	Rio Branco	AC	67°46'47,802" W	10° 0' 22,802" S	12	0,2	100	-	-	-	Bombeando	3	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro
96	110000152	CPRM	Amelia Rodrigues de Aguiar	Rio Branco	AC	67° 48' 23" W	10° 01' 50" S	-	-	1000	-	-	-	-	-	Sarilho	-	-
97	1100001014	CPRM	Amelia Rodrigues de Aguiar	Rio Branco	AC	67° 48' 19" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	-	-
98	110000103	CPRM	Ana Bezerra de Jesus	Rio Branco	AC	67° 48' 13" W	10° 01' 52" S	-	-	1000	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
99	1100000964	CPRM	Ana Bezerra de Jesus	Rio Branco	AC	67° 48' 14" W	10° 01' 52" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	110000146	CPRM	Ana Carneiro Farias	Rio Branco	AC	67° 48' 20" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Centrífuga	-	-
101	1100001008	CPRM	Ana Carneiro Farias	Rio Branco	AC	67° 48' 14" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	-	-
102	1100000071	CPRM	Andre Martins de Paula	Rio Branco	AC	67° 48' 10" W	10° 01' 43" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
103	1100001093	CPRM	Andre Martins de Paula	Rio Branco	AC	67° 48' 10" W	10° 01' 43" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
104	1100000940	CPRM	Anita Jardim Medeiros	Rio Branco	AC	67° 48' 10" W	10° 01' 52" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
105	1100000094	CPRM	Antonia Andrade da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 06" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Centrífuga	-	-
106	1100000955	CPRM	Antonia Andrade da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 06" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Centrífuga	-	-
107	1100000073	CPRM	Antonia Aurinete Barroso Nezes	Rio Branco	AC	67° 48' 09" W	10° 01' 42" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
108	1100001089	CPRM	Antonia Aurinete Barroso Nezes	Rio Branco	AC	67° 48' 09" W	10° 01' 42" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
109	1100000997	CPRM	Antonia d Souza Nascimento	Rio Branco	AC	67° 48' 14" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
110	110000135	CPRM	Antonia de Souza Nascimento	Rio Branco	AC	67° 48' 05" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Sarilho	-	-
111	1100001001	CPRM	Antonia Gonzalves da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 16" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
112	110000139	CPRM	Antonio Gonçalves da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 21" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
113	RB092	ANA	Antônio Massan	Rio Branco	AC	67° 50' 1,414" W	10° 0' 1,653" S	11	0,82	100	-	-	-	Bombeando	0,5	Centrífuga	Doméstico	Amianto
114	RB060	ANA	Antonio Pires da Silva	Rio Branco	AC	67°48'36,486" W	9° 59' 7,508" S	11	0,25	100	-	-	-	Bombeando	2	Centrífuga	Doméstico	Amianto
115	1100000932	CPRM	Antonio Rodrigues Pedrosa	Rio Branco	AC	67° 48' 19" W	10° 01' 48" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
116	RB013	ANA	Assis Francisco dos Santos	Rio Branco	AC	67°46'57,366" W	10° 0' 56,171" S	12	0,44	100	-	-	-	Bombeando	1	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro
117	110000104	CPRM	Assis Nogueira Leite	Rio Branco	AC	67° 48' 14" W	10° 01' 53" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 506 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Rio Branco (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
118	1100000965	CPRM	Assis Nogueira Leite	Rio Branco	AC	67° 48' 15" W	10° 01' 53" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
119	1100001087	CPRM	Casa Fechada	Rio Branco	AC	67° 48' 07" W	10° 01' 43" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
120	1100000110	CPRM	Claudinise dos Santos	Rio Branco	AC	67° 48' 03" W	10° 01' 47" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
121	1100000971	CPRM	Claudinise dos Santos	Rio Branco	AC	67° 48' 03" W	10° 01' 47" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
122	1100000072	CPRM	Cleudo Bandeira de Paula	Rio Branco	AC	67° 48' 09" W	10° 01' 43" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Centrífuga	-	-
123	1100001092	CPRM	Cleudo Bandeira de Paula	Rio Branco	AC	67° 48' 09" W	10° 01' 43" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
124	1100000912	CPRM	Congregação Cristã Do Brasil	Rio Branco	AC	67° 48' 03" W	10° 01' 56" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
125	1100001084	CPRM	Cristina Albuquerque de Lima	Rio Branco	AC	67° 48' 07" W	10° 01' 39" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
126	1100001042	CPRM	Darcy N. Souza	Rio Branco	AC	67° 46' 42" W	10° 00' 33" S	12	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
127	1100000069	CPRM	Daria Bandeira de Paula	Rio Branco	AC	67° 48' 11" W	10° 01' 43" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
128	1100001095	CPRM	Daria Bandeira de Paula	Rio Branco	AC	67° 48' 12" W	10° 01' 43" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
129	1100000120	CPRM	Diogenes Moreno da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 13" W	10° 01' 48" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
130	1100000981	CPRM	Diogenes Moreno da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 10" W	10° 01' 48" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Compressor	-	-
131	1100000109	CPRM	Edimar Barreto da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 15" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Centrífuga	-	-
132	1100000970	CPRM	Edimar Barreto da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 12" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Compressor	-	-
133	RB032	ANA	Edimar Pasquim	Rio Branco	AC	67°47'51,151" W	10°1'43,765" S	13	0,1	100	-	-	-	Bombeando	1,5	Centrífuga	Comércio	Fibra de vidro
134	1100000133	CPRM	Edivaldo Gonçalves	Rio Branco	AC	67° 48' 20" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
135	1100000995	CPRM	Edivaldo Gonzalves	Rio Branco	AC	67° 48' 05" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
136	1100000934	CPRM	Elaine Cristina Cruz da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 06" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
137	1100000107	CPRM	Elane Rodrigues da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 13" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Sarilho	-	-
138	1100000968	CPRM	Elane Rodrigues da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 11" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
139	1100000106	CPRM	Elizanira Rodrigues da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 09" W	10° 01' 51" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
140	1100000967	CPRM	Elizanira Rodrigues da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 11" W	10° 01' 51" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
141	1100000941	CPRM	Elvira Correia da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 09" W	10° 01' 53" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
142	1100000154	CPRM	Elzian da Silva Andrade	Rio Branco	AC	67° 48' 01" W	10° 01' 40" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Sarilho	-	-
143	1100001016	CPRM	Elzian da Silva Andrade	Rio Branco	AC	67° 48' 01" W	10° 01' 40" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
144	1100000938	CPRM	Emilsem Paim de Carvalho	Rio Branco	AC	67° 48' 09" W	10° 01' 52" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 506 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Rio Branco (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
145	1100000004	CPRM	Engenhacre Ltda	Rio Branco	AC	67° 48' 17" W	10° 01' 44" S	9,5	-	-	3,72	9	1,06	Bombeando	-	-	-	-
146	1100000134	CPRM	Eugenia Pereira da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 01" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
147	1100000996	CPRM	Eugenia Pereira da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 01" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
148	1100000951	CPRM	Eunice Ribeiro Cavalcante	Rio Branco	AC	67° 48' 06" W	10° 01' 54" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
149	RB008	ANA	Evandro da Silva	Rio Branco	AC	67° 51' 36,294" W	9°56'33,829" S	7,5	0,1	100	-	-	-	Bombeando	1,5	-	Doméstico	Fibra de vidro
150	1100000029	CPRM	Fábrica Bramila - ME	Rio Branco	AC	67° 48' 10" W	10° 01' 44" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
151	1100000030	CPRM	Fábrica Bramila - ME	Rio Branco	AC	67° 48' 13" W	10° 01' 45" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
152	1100000031	CPRM	Fábrica Bramila - ME	Rio Branco	AC	67° 48' 11" W	10° 01' 44" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
153	1100000032	CPRM	Fábrica Bramila - ME	Rio Branco	AC	67° 48' 19" W	10° 01' 44" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
154	1100000033	CPRM	Fábrica Bramila - ME	Rio Branco	AC	67° 48' 22" W	10° 01' 43" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
155	1100000034	CPRM	Fábrica Bramila - ME	Rio Branco	AC	67° 48' 14" W	10° 01' 45" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
156	1100000035	CPRM	Fábrica Bramila - ME	Rio Branco	AC	67° 48' 23" W	10° 01' 43" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
157	1100000036	CPRM	Fábrica Bramila - ME	Rio Branco	AC	67° 48' 20" W	10° 01' 44" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
158	1100000037	CPRM	Fábrica Bramila - ME	Rio Branco	AC	67° 48' 20" W	10° 01' 42" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Centrifuga	-	-
159	1100000038	CPRM	Fábrica Bramila - ME	Rio Branco	AC	67° 48' 14" W	10° 01' 41" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
160	1100000039	CPRM	Fábrica Bramila - ME	Rio Branco	AC	67° 48' 15" W	10° 01' 41" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
161	1100000040	CPRM	Fábrica Bramila - ME	Rio Branco	AC	67° 48' 10" W	10° 01' 41" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Centrifuga	-	-
162	1100000041	CPRM	Fábrica Bramila - ME	Rio Branco	AC	67° 48' 21" W	10° 01' 42" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
163	1100000042	CPRM	Fábrica Bramila - ME	Rio Branco	AC	67° 48' 10" W	10° 01' 42" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
164	1100000043	CPRM	Fábrica Bramila - ME	Rio Branco	AC	67° 48' 22" W	10° 01' 42" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Centrifuga	-	-
165	1100000044	CPRM	Fábrica Bramila - ME	Rio Branco	AC	67° 48' 07" W	10° 01' 43" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
166	1100000045	CPRM	Fábrica Bramila - ME	Rio Branco	AC	67° 48' 06" W	10° 01' 43" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
167	1100000046	CPRM	Fábrica Bramila - ME	Rio Branco	AC	67° 48' 06" W	10° 01' 41" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
168	1100000047	CPRM	Fábrica Bramila - ME	Rio Branco	AC	67° 48' 07" W	10° 01' 41" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
169	1100000048	CPRM	Fábrica Bramila - ME	Rio Branco	AC	67° 48' 08" W	10° 01' 41" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
170	1100000049	CPRM	Fábrica Bramila - ME	Rio Branco	AC	67° 48' 06" W	10° 01' 39" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 506 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Rio Branco (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
171	1100000050	CPRM	Fábrica Bramila - ME	Rio Branco	AC	67° 48' 04" W	10° 01' 46" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Centrífuga	-	-
172	1100001118	CPRM	Fazenda João Luiz	Rio Branco	AC	67° 50' 50" W	10° 02' 51" S	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
173	1100000143	CPRM	Fernanda Mesquita Souza	Rio Branco	AC	67° 48' 03" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
174	1100001005	CPRM	Fernanda Mesquita Souza	Rio Branco	AC	67° 48' 04" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	-	-
175	1100000927	CPRM	Francinete Bispo Falcão	Rio Branco	AC	67° 48' 15" W	10° 01' 55" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
176	1100000086	CPRM	Francisca Amaral de Moura	Rio Branco	AC	67° 48' 12" W	10° 01' 47" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
177	1100000126	CPRM	Francisca Amaral de Moura	Rio Branco	AC	67° 48' 15" W	10° 01' 47" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
178	1100000987	CPRM	Francisca Amaral de Moura	Rio Branco	AC	67° 48' 12" W	10° 01' 47" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
179	1100000111	CPRM	Francisca Barroso de Almeida	Rio Branco	AC	67° 48' 04" W	10° 01' 47" S	-	-	1000	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
180	1100000928	CPRM	Francisca Bispo Falcão	Rio Branco	AC	67° 48' 16" W	10° 01' 55" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
181	1100000151	CPRM	Francisca De Souza Batista	Rio Branco	AC	67° 48' 25" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
182	1100001013	CPRM	Francisca de Souza Batista	Rio Branco	AC	67° 48' 17" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	-	-
183	1100000947	CPRM	Francisca Maria Goes da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 06" W	10° 01' 53" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
184	1100000067	CPRM	Francisca Pereira de Souza	Rio Branco	AC	67° 48' 12" W	10° 01' 42" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
185	1100001097	CPRM	Francisca Pereira de Souza	Rio Branco	AC	67° 48' 12" W	10° 01' 42" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
186	1100000064	CPRM	Francisca Ramos	Rio Branco	AC	67° 48' 16" W	10° 01' 42" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Centrífuga	-	-
187	1100001102	CPRM	Francisca Ramos	Rio Branco	AC	67° 48' 16" W	10° 01' 42" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
188	1100000068	CPRM	Francisca Rosiene Araujo Lima	Rio Branco	AC	67° 48' 19" W	10° 01' 42" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Centrífuga	-	-
189	1100001099	CPRM	Francisca Rosiene Araujo Lima	Rio Branco	AC	67° 48' 13" W	10° 01' 42" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
190	1100000150	CPRM	Francisco Alves dos Santos	Rio Branco	AC	67° 48' 22" W	10° 01' 50" S	-	-	1000	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
191	1100001012	CPRM	Francisco Alves dos Santos	Rio Branco	AC	67° 48' 18" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	-	-
192	RB085	ANA	Francisco Amâncio Lopes	Rio Branco	AC	67° 49' 58,441" W	10° 0' 15,803" S	12	0,25	100	-	-	-	Bombeando	-	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro
193	1100000061	CPRM	Francisco Assis de Castro	Rio Branco	AC	67° 48' 14" W	10° 01' 39" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 506 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Rio Branco (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
194	1100000972	CPRM	Francisco Barroso de Almeida	Rio Branco	AC	67° 48' 04" W	10° 01' 47" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
195	1100000093	CPRM	Francisco Barroso dos Santos	Rio Branco	AC	67° 48' 06" W	10° 01' 52" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
196	1100000954	CPRM	Francisco Barroso dos Santos	Rio Branco	AC	67° 48' 11" W	10° 01' 54" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Centrifuga	-	-
197	1100000099	CPRM	Francisco David de Oliveira	Rio Branco	AC	67° 48' 10" W	10° 01' 52" S	-	-	1000	-	-	-	-	-	-	-	-
198	1100000960	CPRM	Francisco David de Oliveira	Rio Branco	AC	67° 48' 06" W	10° 01' 52" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Centrifuga	-	-
199	1100000074	CPRM	Francisco Galdino de Oliveira	Rio Branco	AC	67° 48' 08" W	10° 01' 45" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
200	1100001088	CPRM	Francisco Galdino de Oliveira	Rio Branco	AC	67° 48' 08" W	10° 01' 45" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
201	1100000158	CPRM	Francisco Marcelo de Souza Lindoso	Rio Branco	AC	67° 48' 03" W	10° 01' 53" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
202	1100001020	CPRM	Francisco Marcelo de Souza Lindoso	Rio Branco	AC	67° 48' 03" W	10° 01' 53" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
203	1100000918	CPRM	Francisco Mendes Cruz	Rio Branco	AC	67° 48' 04" W	10° 01' 57" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
204	1100000914	CPRM	Francisco Sampaio Albuquerque	Rio Branco	AC	67° 48' 05" W	10° 01' 55" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
205	1100000005	CPRM	Gelo Sul Ltda	Rio Branco	AC	67° 47' 23" W	10° 00' 36" S	12	-	-	-	-	-	Bombeando	-	Injetora	-	-
206	1100000006	CPRM	Gelo Sul Ltda	Rio Branco	AC	67° 47' 28" W	10° 00' 36" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Sarilho	-	-
207	1100000007	CPRM	Gelo Sul Ltda	Rio Branco	AC	67° 47' 29" W	10° 00' 36" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
208	1100000008	CPRM	Gelo Sul Ltda	Rio Branco	AC	67° 47' 26" W	10° 00' 36" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
209	1100000009	CPRM	Gelo Sul Ltda	Rio Branco	AC	67° 47' 23" W	10° 00' 38" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
210	1100000010	CPRM	Gelo Sul Ltda	Rio Branco	AC	67° 47' 21" W	10° 00' 36" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
211	1100000011	CPRM	Gelo Sul Ltda	Rio Branco	AC	67° 47' 22" W	10° 00' 36" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
212	1100000012	CPRM	Gelo Sul Ltda	Rio Branco	AC	67° 47' 20" W	10° 00' 36" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
213	1100000013	CPRM	Gelo Sul Ltda	Rio Branco	AC	67° 47' 20" W	10° 00' 35" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
214	1100000014	CPRM	Gelo Sul Ltda	Rio Branco	AC	67° 47' 24" W	10° 00' 37" S	12	-	-	-	-	-	Bombeando	-	Sarilho	-	-
215	1100000130	CPRM	Gesina Figueiredo da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 17" W	10° 01' 47" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
216	1100000992	CPRM	Gesina Figueiredo da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 16" W	10° 01' 47" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
217	1100000082	CPRM	Giselda Cavalcante Costet de Manascheville	Rio Branco	AC	67° 48' 13" W	10° 01' 44" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
218	1100001098	CPRM	Giselda Cavalcante Costet de Manascheville	Rio Branco	AC	67° 48' 13" W	10° 01' 44" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
219	1100000079	CPRM	Glauce da Silva Lima	Rio Branco	AC	67° 48' 12" W	10° 01' 44" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Centrifuga	-	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 506 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Rio Branco (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
220	1100001096	CPRM	Glauce da Silva Lima	Rio Branco	AC	67° 48' 12" W	10° 01' 44" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
221	1100000920	CPRM	Hilma Nascimento Diogenes	Rio Branco	AC	67° 48' 10" W	10° 01' 55" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
222	1100000165	CPRM	I. Smangoszevski	Rio Branco	AC	67° 48' 06" W	10° 01' 40" S	11	-	203	4,65	10,32	13,74	Bombeando	-	Sarilho	-	-
223	1100000166	CPRM	I. Smangoszevski	Rio Branco	AC	67° 48' 07" W	10° 01' 40" S	12	-	203	3,68	11,37	14,88	Bombeando	-	Sarilho	-	-
224	1100000167	CPRM	I. Smangoszevski	Rio Branco	AC	67° 48' 08" W	10° 01' 40" S	12	-	203	4,65	11,13	8,16	Bombeando	-	Submersa	-	-
225	1100000168	CPRM	I. Smangoszevski	Rio Branco	AC	67° 48' 09" W	10° 01' 40" S	12	-	203	4,65	10,97	15,85	Bombeando	-	Centrífuga	-	-
226	1100000169	CPRM	I. Smangoszevski	Rio Branco	AC	67° 48' 10" W	10° 01' 40" S	9	-	203	-	-	-	Bombeando	-	Sarilho	-	-
227	1100001074	CPRM	I. Smangoszevski	Rio Branco	AC	67° 48' 06" W	10° 01' 40" S	10,82	-	-	4,65	10,32	13,74	Bombeando	-	-	-	-
228	1100001075	CPRM	I. Smangoszevski	Rio Branco	AC	67° 48' 07" W	10° 01' 40" S	12	-	-	3,68	11,37	14,88	Bombeando	-	Submersa	-	-
229	1100001076	CPRM	I. Smangoszevski	Rio Branco	AC	67° 48' 08" W	10° 01' 40" S	12	-	-	4,65	11,13	8,16	Bombeando	-	Submersa	-	-
230	1100001077	CPRM	I. Smangoszevski	Rio Branco	AC	67° 48' 09" W	10° 01' 40" S	12	-	-	4,65	10,97	15,85	Bombeando	-	Injetora	-	-
231	1100001078	CPRM	I. Smangoszevski	Rio Branco	AC	67° 48' 10" W	10° 01' 40" S	9	-	-	3,5	8,07	-	Bombeando	-	-	-	-
232	1100000468	CPRM	INFRAERO	Rio Branco	AC	67° 48' 00" W	09° 59' 00" S	178	-	152	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento múltiplo	-
233	1100000925	CPRM	Iraídes Conceição Torres de Farias	Rio Branco	AC	67° 48' 07" W	10° 01' 54" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
234	1100000137	CPRM	Irene Batista de Moura	Rio Branco	AC	67° 48' 19" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
235	1100000999	CPRM	Irene Batista de Moura	Rio Branco	AC	67° 48' 15" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
236	RB017	ANA	Irene Pereira	Rio Branco	AC	67°49'23,973" W	10° 0' 11,287" S	12	0,15	100	-	-	-	Bombeando	2	Injetora	Doméstico	Amianto
237	1100000924	CPRM	Isac Freitas	Rio Branco	AC	67° 48' 07" W	10° 01' 56" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
238	RB027	ANA	Ítalo Nascimento	Rio Branco	AC	67°49' 46,576" W	9° 58' 55,646" S	9	0,1	100	-	-	-	Bombeando	0,5	Centrífuga	Doméstico	Amianto
239	RB064	ANA	Ivaldo Pessoa de Lima	Rio Branco	AC	67° 49' 6,386" W	9° 58' 54,137" S	12	0,4	100	-	-	-	Bombeando	5	Centrífuga	Doméstico	Amianto
240	1100000926	CPRM	Jacira da Costa Pinheiro	Rio Branco	AC	67° 48' 14" W	10° 01' 55" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
241	1100000115	CPRM	Jairo Medina	Rio Branco	AC	67° 48' 09" W	10° 01' 48" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
242	1100000976	CPRM	Jairo Medina	Rio Branco	AC	67° 48' 07" W	10° 01' 48" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Compressor	-	-
243	1100001079	CPRM	Janara Montes de Freitas	Rio Branco	AC	67° 48' 04" W	10° 01' 35" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
244	1100000057	CPRM	Joaci Vasconcelos De Lima	Rio Branco	AC	67° 48' 13" W	10° 01' 42" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
245	RB077	ANA	Jorge da Silva	Rio Branco	AC	67° 50' 0,535" W	10° 0' 36,547" S	11	0,3	100	-	-	-	Bombeando	1,5	Injetora	Consumo e Doméstico	Fibra de vidro

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 506 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Rio Branco (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
246	1100000153	CPRM	José do Socorro Andrade da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 01" W	10° 01' 48" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
247	1100001015	CPRM	José do Socorro Andrade da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 01" W	10° 01' 48" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
248	1100000929	CPRM	José Evangelista Soares de Arruda	Rio Branco	AC	67° 48' 08" W	10° 01' 54" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
249	RB016	ANA	José Mário Gonçalves Campos	Rio Branco	AC	67° 48' 25,313" W	9° 59' 9,584" S	18	0,3	150	-	-	-	Bombeando	-	Injetora	Doméstico	-
250	1100000100	CPRM	José Osias Lemos	Rio Branco	AC	67° 48' 07" W	10° 01' 52" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Centrífuga	-	-
251	1100000961	CPRM	José Osias Lemos	Rio Branco	AC	67° 48' 07" W	10° 01' 52" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
252	1100000108	CPRM	José Rodrigues de Lima	Rio Branco	AC	67° 48' 10" W	10° 01' 51" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
253	1100000969	CPRM	José Rodrigues de Lima	Rio Branco	AC	67° 48' 12" W	10° 01' 51" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Compressor	-	-
254	1100000917	CPRM	José Soares de Souza	Rio Branco	AC	67° 48' 08" W	10° 01' 55" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
255	1100000943	CPRM	José Wilibaldo Savino Carvalho	Rio Branco	AC	67° 48' 10" W	10° 01' 53" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
256	RBR01	ANA	José Wilson R. da Cunha	Rio Branco	AC	67° 47' 7,911" W	10° 0' 37,882" S	11	0,35	100	-	-	-	Bombeando	0,67	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro
257	1100000066	CPRM	Joséneide de Souza Maia	Rio Branco	AC	67° 48' 18" W	10° 01' 42" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Nao equipado	-	-
258	1100001101	CPRM	Joséneide de Souza Maia	Rio Branco	AC	67° 48' 15" W	10° 01' 42" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
259	1100000095	CPRM	Josuita Fleuri Costa	Rio Branco	AC	67° 48' 23" W	10° 01' 51" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
260	1100000956	CPRM	Josuita Fleuri Costa	Rio Branco	AC	67° 48' 06" W	10° 01' 51" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
261	RB019	ANA	Júlio dsa Silva	Rio Branco	AC	67° 47' 53,018" W	9° 59' 49,216" S	10	0,1	100	-	-	-	Bombeando	2	-	Comércio	Fibra de vidro
262	1100000078	CPRM	Jusilene de Oliveira Castro	Rio Branco	AC	67° 48' 11" W	10° 01' 45" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Centrífuga	-	-
263	1100000911	CPRM	Jusilene de Oliveira Castro	Rio Branco	AC	67° 48' 11" W	10° 01' 45" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
264	1100001091	CPRM	Jusilene de Oliveira Castro	Rio Branco	AC	67° 48' 13" W	10° 01' 45" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
265	1100000136	CPRM	Lázaro Pereira da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 05" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
266	1100000998	CPRM	Lázaro Pereira da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 05" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
267	1100000088	CPRM	Leonidas Paulino	Rio Branco	AC	67° 48' 10" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
268	1100000121	CPRM	Leonidas Paulino	Rio Branco	AC	67° 48' 10" W	10° 01' 49" S	-	-	1000	-	-	-	-	-	-	-	-
269	1100000982	CPRM	Leonidas Paulino	Rio Branco	AC	67° 48' 11" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Compressor	-	-
270	RB065	ANA	Leonílio Saturnino de Carvalho	Rio Branco	AC	67° 48' 59,842" W	9° 59' 5,703" S	12	0,4	100	-	-	-	Bombeando	1	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 506 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Rio Branco (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
271	RB050	ANA	Lídia dos Santos Borges	Rio Branco	AC	67° 46' 57,252" W	10° 0' 33,839" S	12,5	0,05	100	-	-	-	Bombeando	1	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro
272	1100000915	CPRM	Lineci Fernandes	Rio Branco	AC	67° 48' 06" W	10° 01' 56" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
273	1100000162	CPRM	Lopes e Silva Ltda	Rio Branco	AC	67° 48' 25" W	10° 01' 50" S	9	-	102	4	8,5	4,76	Bombeando	-	Injetora	-	-
274	1100000163	CPRM	Lopes e Silva Ltda	Rio Branco	AC	67° 48' 26" W	10° 01' 50" S	9	-	-	4	8,1	4,84	Bombeando	-	Submersa	-	-
275	1100000164	CPRM	Lopes e Silva Ltda	Rio Branco	AC	67° 48' 27" W	10° 01' 50" S	9	-	102	4	8,3	4,92	Bombeando	-	Injetora	-	-
276	1100000907	CPRM	Lopes e Silva Ltda	Rio Branco	AC	67° 48' 08" W	10° 01' 50" S	8,4	-	102	4	8,1	16,80	Abandonado	-	-	-	-
277	1100000908	CPRM	Lopes e Silva Ltda	Rio Branco	AC	67° 48' 09" W	10° 01' 50" S	8,6	-	102	4	8,3	16,80-	Bombeando	-	-	-	-
278	1100000953	CPRM	Lucicleia da Silva Souza	Rio Branco	AC	67° 48' 10" W	10° 01' 54" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
279	1100000063	CPRM	Lucielem Queiroz Ramos	Rio Branco	AC	67° 48' 14" W	10° 01' 42" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
280	1100000124	CPRM	Luis Ferreira Braga	Rio Branco	AC	67° 48' 11" W	10° 01' 47" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
281	1100000985	CPRM	Luis Ferreira Braga	Rio Branco	AC	67° 48' 11" W	10° 01' 47" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Compressor	-	-
282	1100000087	CPRM	Luiz Ferreira Braga	Rio Branco	AC	67° 48' 13" W	10° 01' 47" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Sarilho	-	-
283	1100000098	CPRM	Luiza Rodrigues Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 07" W	10° 01' 51" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
284	1100000959	CPRM	Luiza Rodrigues Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 10" W	10° 01' 51" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Centrífuga	-	-
285	1100000952	CPRM	Manoel Alves de Souza Filho	Rio Branco	AC	67° 48' 14" W	10° 01' 53" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
286	1100000096	CPRM	Manoel Jacinto da Costa	Rio Branco	AC	67° 48' 22" W	10° 01' 51" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
287	1100000957	CPRM	Manoel Jacinto da Costa	Rio Branco	AC	67° 48' 07" W	10° 01' 51" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Centrífuga	-	-
288	1100000056	CPRM	Manoel Oliveira De Souza	Rio Branco	AC	67° 48' 16" W	10° 01' 43" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
289	1100000122	CPRM	Marcia Maria De Lima	Rio Branco	AC	67° 48' 14" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Manual	-	-
290	1100000983	CPRM	Márcia Maria de Lima	Rio Branco	AC	67° 48' 12" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
291	RB034	ANA	Margarida Arino da Silva	Rio Branco	AC	67° 47' 45,611" W	9° 58' 33,632" S	9	0,6	100	-	-	-	Bombeando	0,67	Centrífuga	Doméstico	Amianto
292	1100000097	CPRM	Maria Aguiar de Araújo	Rio Branco	AC	67° 48' 24" W	10° 01' 51" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
293	1100000958	CPRM	Maria Aguiar de Araújo	Rio Branco	AC	67° 48' 09" W	10° 01' 51" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
294	RB080	ANA	Maria Auxiliadora de Souza Oliveira	Rio Branco	AC	67° 49' 6,299" W	10° 0' 12,722" S	11	0,1	100	-	-	-	Bombeando	1	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro
295	1100000945	CPRM	Maria Auxiliadora Paim	Rio Branco	AC	67° 48' 09" W	10° 01' 54" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
296	1100000060	CPRM	Maria Clícia Torres Pinheiro	Rio Branco	AC	67° 48' 14" W	10° 01' 40" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 506 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Rio Branco (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
297	1100000161	CPRM	Maria da Gloria de Souza	Rio Branco	AC	67° 48' 01" W	10° 01' 53" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Sarilho	-	-
298	1100001023	CPRM	Maria da Glória de Souza	Rio Branco	AC	67° 48' 01" W	10° 01' 53" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
299	1100000916	CPRM	Maria de Fátima Araújo Lima Braga	Rio Branco	AC	67° 48' 07" W	10° 01' 55" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
300	1100000123	CPRM	Maria de Lourdes Oliveira	Rio Branco	AC	67° 48' 11" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
301	1100000984	CPRM	Maria de Lourdes Oliveira	Rio Branco	AC	67° 48' 13" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
302	1100000979	CPRM	Maria de Socorro Gomes	Rio Branco	AC	67° 48' 09" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
303	1100001086	CPRM	Maria Diocélia Castro	Rio Branco	AC	67° 48' 08" W	10° 01' 41" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
304	1100000131	CPRM	Maria do Carmo de Lima	Rio Branco	AC	67° 48' 18" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
305	1100000993	CPRM	Maria do Carmo de Lima	Rio Branco	AC	67° 48' 13" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
306	1100000118	CPRM	Maria do Socorro Gomes	Rio Branco	AC	67° 48' 09" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
307	1100000092	CPRM	Maria Eugênia de Lima Souza	Rio Branco	AC	67° 48' 16" W	10° 01' 47" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
308	1100000117	CPRM	Maria Francisca de Lima	Rio Branco	AC	67° 48' 11" W	10° 01' 48" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
309	1100000978	CPRM	Maria Francisca de Lima	Rio Branco	AC	67° 48' 09" W	10° 01' 48" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Compressor	-	-
310	1100000076	CPRM	Maria Helena da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 09" W	10° 01' 45" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
311	1100000909	CPRM	Maria Helena da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 09" W	10° 01' 45" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
312	1100000946	CPRM	Maria Ines do Nascimento	Rio Branco	AC	67° 48' 12" W	10° 01' 55" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
313	1100000156	CPRM	Maria Ivanilda da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 20" W	10° 01' 53" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Sarilho	-	-
314	1100001018	CPRM	Maria Ivanilda da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 05" W	10° 01' 53" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
315	1100000933	CPRM	Maria José da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 20" W	10° 01' 48" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
316	RB073	ANA	Maria José da Silva Oliveira	Rio Branco	AC	67°45'36,333"W	10° 0' 58,997" S	12	0,2	100	-	-	-	Bombeando	3	Centrífuga	Consumo e Doméstico	Fibra de vidro
317	1100000942	CPRM	Maria José de Freitas	Rio Branco	AC	67° 48' 11" W	10° 01' 52" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
318	1100000113	CPRM	Maria José Freitas Ferreira	Rio Branco	AC	67° 48' 05" W	10° 01' 48" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
319	1100000974	CPRM	Maria José Freitas Ferreira	Rio Branco	AC	67° 48' 05" W	10° 01' 48" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
320	1100000949	CPRM	Maria José Nogueira Cavalcante	Rio Branco	AC	67° 48' 12" W	10° 01' 53" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 506 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Rio Branco (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
321	1100000148	CPRM	Maria Lira de Almeida	Rio Branco	AC	67° 48' 23" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Centrífuga	-	-
322	1100001010	CPRM	Maria Lira de Almeida	Rio Branco	AC	67° 48' 15" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	-	-
323	1100000116	CPRM	Maria Luiza Alves Da Costa	Rio Branco	AC	67° 48' 10" W	10° 01' 48" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Compressor	-	-
324	1100000977	CPRM	Maria Luiza Alves da Costa	Rio Branco	AC	67° 48' 08" W	10° 01' 48" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Compressor	-	-
325	1100000144	CPRM	Maria Mendes da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 03" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
326	1100001006	CPRM	Maria Mendes da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 03" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	-	-
327	1100000083	CPRM	Maria Mendes de Oliveira	Rio Branco	AC	67° 48' 11" W	10° 01' 42" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Centrífuga	-	-
328	1100000142	CPRM	Maria Mirtes de Melo	Rio Branco	AC	67° 48' 07" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
329	1100001004	CPRM	Maria Mirtes de Melo	Rio Branco	AC	67° 48' 02" W	10° 01' 50" S	-	-	7	-	-	-	Equipado	-	-	-	-
330	1100000065	CPRM	Maria Olinda Neves dos Santos	Rio Branco	AC	67° 48' 17" W	10° 01' 42" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
331	1100001100	CPRM	Maria Olinda Neves dos Santos	Rio Branco	AC	67° 48' 14" W	10° 01' 42" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
332	RB081	ANA	Maria Pessoa da Silva Sampaio	Rio Branco	AC	67° 49' 5,008" W	9° 59' 39,382" S	12	0,1	100	-	-	-	Bombeando	0,33	Injetora	Doméstico	Fibra de vidro
333	1100000053	CPRM	Maria Rosineide Nascimento da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 15" W	10° 01' 43" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
334	1100000157	CPRM	Maria Silva do Nascimento	Rio Branco	AC	67° 48' 23" W	10° 01' 53" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Sarilho	-	-
335	1100001019	CPRM	Maria Silva do Nascimento	Rio Branco	AC	67° 48' 16" W	10° 01' 53" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
336	1100000936	CPRM	Marinete Do Carmo de Brito Oliveira	Rio Branco	AC	67° 48' 08" W	10° 01' 51" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
337	1100000105	CPRM	Martha Souza Gonçalves	Rio Branco	AC	67° 48' 10" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
338	1100000966	CPRM	Martha Souza Gonzalves	Rio Branco	AC	67° 48' 10" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
339	1100000062	CPRM	Mauricio Queiroz	Rio Branco	AC	68° 48' 14" W	10° 01' 39" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Centrífuga	-	-
340	1100000051	CPRM	Mozaltino Ferreira da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 14" W	10° 01' 44" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
341	1100000132	CPRM	Nadezi da Silva de Lima	Rio Branco	AC	67° 48' 04" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
342	1100000994	CPRM	Nadezi da Silva de Lima	Rio Branco	AC	67° 48' 04" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
343	1100000919	CPRM	Neuzimar Oliveira Dos Santos	Rio Branco	AC	67° 48' 09" W	10° 01' 55" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
344	RB074	ANA	Nilo Souza Da Silva	Rio Branco	AC	67° 45' 36,390" W	10° 1' 9,870" S	8	0,3	100	-	-	-	Bombeando	0,5	Centrífuga	Consumo e Doméstico	Fibra de vidro
345	1100000101	CPRM	Nivaldo Zoppei Vittordzzi	Rio Branco	AC	67° 48' 11" W	10° 01' 52" S	-	-	1000	-	-	-	-	-	Sarilho	-	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 506 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Rio Branco (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
346	1100000962	CPRM	Nivaldo Zoppei Vittordzzi	Rio Branco	AC	67° 48' 12" W	10° 01' 52" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
347	1100000160	CPRM	Núbia Maria Ferreira Diniz	Rio Branco	AC	67° 48' 01" W	10° 01' 51" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
348	1100001022	CPRM	Núbia Maria Ferreira Diniz	Rio Branco	AC	67° 48' 01" W	10° 01' 51" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
349	1100000140	CPRM	Olivan Gomes Nogueira	Rio Branco	AC	67° 48' 02" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
350	1100001002	CPRM	Olivan Gomes Nogueira	Rio Branco	AC	67° 48' 02" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
351	1100000112	CPRM	Ozimar Noé Araújo	Rio Branco	AC	67° 48' 04" W	10° 01' 48" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
352	1100000973	CPRM	Ozimar Noé Araújo	Rio Branco	AC	67° 48' 04" W	10° 01' 48" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
353	1100000155	CPRM	Ozório Oliveira	Rio Branco	AC	67° 48' 05" W	10° 01' 52" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
354	1100001017	CPRM	Ozório Oliveira	Rio Branco	AC	67° 48' 05" W	10° 01' 52" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
355	1100000921	CPRM	Patrícia de Souza Freitas	Rio Branco	AC	67° 48' 11" W	10° 01' 55" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
356	RB071	ANA	Pedro Gadelho dos Santos	Rio Branco	AC	67° 48' 3,114" W	9° 58' 24,580" S	10	0,3	150	-	-	-	Bombeando	1	Centrífuga	Doméstico	Concreto
357	RB063	ANA	Railton Souza da Silva	Rio Branco	AC	67°48'57,587" W	9° 58' 35,355" S	18	0,3	100	-	-	-	Bombeando	8	Injetora	Doméstico	Fibra de vidro
358	1100000149	CPRM	Raimunda Lima do Nascimento	Rio Branco	AC	67° 48' 24" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
359	1100001011	CPRM	Raimunda Lima do Nascimento	Rio Branco	AC	67° 48' 16" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	-	-
360	1100000102	CPRM	Raimunda Melo de Oliveira	Rio Branco	AC	67° 48' 12" W	10° 01' 52" S	-	-	1000	-	-	-	-	-	Sarilho	-	-
361	1100000963	CPRM	Raimunda Melo de Oliveira	Rio Branco	AC	67° 48' 13" W	10° 01' 52" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
362	1100001082	CPRM	Raimunda Nonato da Costa Assis	Rio Branco	AC	67° 48' 05" W	10° 01' 38" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
363	RB058	ANA	Raimundo Nonato	Rio Branco	AC	67°48'54,254" W	9° 58' 49,081" S	9	0,1	100	-	-	-	Bombeando	5	Injetora	Doméstico	Amianto
364	1100001085	CPRM	Raimundo Nonato de Lima	Rio Branco	AC	67° 48' 07" W	10° 01' 41" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
365	1100000138	CPRM	Raimundo Pereira de Lima	Rio Branco	AC	67° 48' 22" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
366	1100001000	CPRM	Raimundo Pereira de Lima	Rio Branco	AC	67° 48' 07" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
367	RB057	ANA	Renato Herculano da Silva	Rio Branco	AC	67°48'27,047" W	9° 59' 11,511" S	12	0,1	150	-	-	-	Bombeando	0,33	Injetora	Doméstico	Amianto
368	1100000145	CPRM	Risoleta Nascimento Santos	Rio Branco	AC	67° 48' 04" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
369	1100001007	CPRM	Risoleta Nascimento Santos	Rio Branco	AC	67° 48' 08" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	Parado	-	-	-	-



7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 506 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Rio Branco (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
370	1100000077	CPRM	Roberlene de Souza Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 10" W	10° 01' 45" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Sarilho	-	-
371	1100000910	CPRM	Roberlene de Souza Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 10" W	10° 01' 45" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
372	1100001090	CPRM	Roberlene de Souza Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 09" W	10° 01' 46" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
373	1100000935	CPRM	Romelia Goes de Oliveira	Rio Branco	AC	67° 48' 21" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
374	1100000114	CPRM	Rosa Maria Barbosa Cunha	Rio Branco	AC	67° 48' 07" W	10° 01' 48" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
375	1100000975	CPRM	Rosa Maria Barbosa Cunha	Rio Branco	AC	67° 48' 06" W	10° 01' 48" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Compressor	-	-
376	1100000937	CPRM	Rosa Maria Paim	Rio Branco	AC	67° 48' 08" W	10° 01' 52" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
377	1100000939	CPRM	Rosalia Rodrigues da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 08" W	10° 01' 53" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
378	RB061	ANA	Rosemi Eliseu A. de Oliveira	Rio Branco	AC	67° 48' 38,825" W	9° 59' 5,596" S	11	0,3	100	-	-	-	Bombeando	1,5	Centrífuga	Doméstico	Amianto
379	RBR01	ANA	Rosiane Matos	Rio Branco	AC	67° 49' 32,677" W	9° 59' 34,564" S	11	0,05	100	-	-	-	Bombeando	1	Centrífuga	Doméstico	Fibra de vidro
380	1100000923	CPRM	Rosileida Gonzalves da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 13" W	10° 01' 55" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
381	1100000081	CPRM	Rosinete Benevides de Araújo	Rio Branco	AC	67° 48' 14" W	10° 01' 43" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
382	1100000084	CPRM	Rosinha Alves de Souza	Rio Branco	AC	67° 48' 11" W	10° 01' 47" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
383	1100000129	CPRM	Rosinha Alves de Souza	Rio Branco	AC	67° 48' 16" W	10° 01' 47" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Centrífuga	-	-
384	1100000991	CPRM	Rosinha Alves de Souza	Rio Branco	AC	67° 48' 15" W	10° 01' 47" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
385	1100000931	CPRM	Rune Nunes de Souza Alves	Rio Branco	AC	67° 48' 18" W	10° 01' 54" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
386	1100000948	CPRM	Ruth da Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 07" W	10° 01' 53" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
387	1100001083	CPRM	Ruth Santos do Nascimento	Rio Branco	AC	67° 48' 06" W	10° 01' 38" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
388	RB018	ANA	Sales dos Santos	Rio Branco	AC	67° 49' 14,633" W	10° 0' 5,720" S	12	0,22	100	-	-	-	Bombeando	0,5	-	Doméstico	Fibra de vidro
389	1100000913	CPRM	Sara Matos Pinheiro de Paula	Rio Branco	AC	67° 48' 04" W	10° 01' 56" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
390	1100000075	CPRM	Sebastião Bandeira de Paula	Rio Branco	AC	67° 48' 08" W	10° 01' 44" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
391	1100001024	CPRM	Sebastião Bandeira de Paula	Rio Branco	AC	67° 48' 08" W	10° 01' 44" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
392	1100000119	CPRM	Sebastião David de Miranda	Rio Branco	AC	67° 48' 12" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
393	1100000980	CPRM	Sebastião David de Miranda	Rio Branco	AC	67° 48' 10" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Compressor	-	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 506 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Rio Branco (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
394	RB030	ANA	Secretaria Municipal de Educação - Escola Mauricília Sant'Ana	Rio Branco	AC	67° 47' 59,922" W	10° 4' 5,698" S	9	0,1	100	-	-	-	Bombeando	8	Centrífuga	Público	Metal
395	1100001081	CPRM	Silene Nunes	Rio Branco	AC	67° 48' 05" W	10° 01' 36" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Centrífuga	-	-
396	1100000490	CPRM	Sivam	Rio Branco	AC	67° 50' 00" W	09° 55' 00" S	240	-	152	44,82	104,37	-	-	-	-	Abastecimento múltiplo	-
397	1100000141	CPRM	Solange de Oliveira Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 02" W	10° 01' 50" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
398	1100001003	CPRM	Solange de Oliveira Silva	Rio Branco	AC	67° 48' 03" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
399	1100000930	CPRM	Teodora Alves de Souza	Rio Branco	AC	67° 48' 17" W	10° 01' 55" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
400	1100000059	CPRM	Tereza do Nascimento Soares	Rio Branco	AC	67° 48' 16" W	10° 01' 40" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Centrífuga	-	-
401	RB094	ANA	Urbano Rodrigues da Silva	Rio Branco	AC	67° 49' 36,680" W	9° 59' 44,638" S	8	0,3	100	-	-	-	Bombeando	1	Centrífuga	Consumo e Doméstico	Amianto
402	1100000159	CPRM	Vanderlei Winter	Rio Branco	AC	67° 48' 02" W	10° 01' 51" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
403	1100001021	CPRM	Vanderlei Winter	Rio Branco	AC	67° 48' 02" W	10° 01' 51" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
404	1100001080	CPRM	Vanilda de Matias	Rio Branco	AC	67° 48' 05" W	10° 01' 35" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
405	1100000058	CPRM	Verônica da Costa Lima	Rio Branco	AC	67° 48' 13" W	10° 01' 41" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
406	1100000070	CPRM	Vicente Fernandes Nogueira	Rio Branco	AC	67° 48' 12" W	10° 01' 43" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
407	1100001094	CPRM	Vicente Fernandes Nogueira	Rio Branco	AC	67° 48' 11" W	10° 01' 43" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
408	RB066	ANA	Wilson Cardoso da Silva	Rio Branco	AC	67° 47' 56,383" W	9° 59' 9,090" S	11	0,1	100	-	-	-	Bombeando	0,42	Centrífuga	Consumo e Doméstico	Amianto
409	1100001029	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 47" W	10° 02' 30" S	11	-	-	-	-	-	Abandonado	-	-	-	-
410	1100001030	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 54" W	10° 02' 12" S	12	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
411	1100001031	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 46" W	10° 01' 55" S	7	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
412	1100001032	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 45" W	10° 01' 55" S	7	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
413	1100001033	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 56" W	10° 01' 47" S	30	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
414	1100001034	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 56" W	10° 01' 47" S	30	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
415	1100001035	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 44" W	10° 01' 13" S	13	-	-	-	-	-	Abandonado	-	-	-	-
416	1100001036	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 37" W	10° 01' 10" S	9	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
417	1100001037	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 49" W	10° 01' 10" S	11	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 506 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Rio Branco (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
418	1100001038	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 46' 59" W	10° 00' 53" S	14	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
419	1100001039	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 46' 49" W	10° 00' 51" S	14	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
420	1100001040	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 46' 59" W	10° 00' 48" S	14	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
421	1100001041	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 07" W	10° 00' 45" S	13	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
422	1100001043	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 06" W	10° 00' 27" S	14	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
423	1100001044	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 08" W	10° 00' 28" S	14	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
424	1100001045	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 32" W	10° 00' 03" S	12	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
425	1100001046	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 33" W	10° 00' 04" S	12	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
426	1100001047	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 35" W	10° 00' 21" S	8	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
427	1100001048	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 36" W	10° 00' 26" S	14	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
428	1100001049	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 44" W	10° 00' 26" S	11	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
429	1100001050	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 50" W	10° 00' 31" S	12	-	-	-	-	-	Abandonado	-	-	-	-
430	1100001051	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 01" W	10° 00' 30" S	9	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
431	1100001052	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 00" W	10° 00' 30" S	9	-	-	-	-	-	Bombeando	-	Submersa	-	-
432	1100001053	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 00" W	10° 00' 30" S	9	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
433	1100001054	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 00" W	10° 00' 29" S	9	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
434	1100001055	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 00" W	10° 00' 30" S	9	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
435	1100001056	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 59" W	10° 00' 30" S	9	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
436	1100001057	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 00" W	10° 00' 29" S	9	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
437	1100001058	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 59" W	10° 00' 29" S	10	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
438	1100001059	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 59" W	10° 00' 29" S	11	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
439	1100001060	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 59" W	10° 00' 28" S	12	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
440	1100001061	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 50" W	10° 00' 07" S	11	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
441	1100001062	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 47" W	10° 00' 05" S	11	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 506 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Rio Branco (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
442	1100001063	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 29" W	09° 59' 44" S	12	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
443	1100001064	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 49' 02" W	10° 00' 07" S	9	-	-	-	-	-	Abandonado	-	-	-	-
444	1100001065	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 49' 26" W	10° 00' 26" S	13	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
445	1100001066	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 50' 02" W	09° 59' 47" S	14	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
446	1100001067	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 50' 09" W	09° 59' 51" S	14	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
447	1100001068	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 50' 08" W	09° 59' 50" S	14	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
448	1100001069	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 50' 08" W	09° 59' 56" S	14	-	-	-	-	-	Bombeando	-	Injetora	-	-
449	1100001070	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 48" W	10° 00' 54" S	8	-	-	-	-	-	Bombeando	-	Injetora	-	-
450	1100001071	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 49" W	10° 00' 57" S	11	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
451	1100001072	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 45" W	10° 00' 57" S	11	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
452	1100001073	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 40" W	10° 00' 54" S	11	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
453	1100001103	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 49' 34" W	09° 56' 51" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
454	1100001104	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 49' 33" W	09° 56' 52" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
455	1100001105	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 49' 30" W	09° 56' 52" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
456	1100001106	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 49' 31" W	09° 56' 52" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
457	1100001107	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 49' 31" W	09° 56' 53" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
458	1100001108	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 49' 31" W	09° 56' 54" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
459	1100001109	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 49' 28" W	09° 56' 54" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
460	1100001110	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 49' 33" W	09° 56' 56" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
461	1100001111	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 49' 34" W	09° 56' 56" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
462	1100001112	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 49' 31" W	09° 56' 56" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
463	1100001113	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 49' 30" W	09° 56' 56" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Submersa	-	-
464	1100001114	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 49' 29" W	09° 56' 56" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 506 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Rio Branco (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
465	1100001115	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 49' 28" W	09° 56' 55" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Centrífuga	-	-
466	1100001116	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 49' 31" W	09° 56' 57" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
467	1100001117	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 45' 05" W	10° 03' 47" S	28	-	-	-	-	-	-	-	Injetora	-	-
468	1100001119	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 18" W	10° 03' 06" S	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
469	1100001120	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 37" W	09° 58' 51" S	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
470	1100001330	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 04" W	10° 00' 17" S	7,5	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
471	1100001331	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 03" W	10° 00' 18" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
472	1100001332	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 00" W	10° 00' 18" S	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
473	1100001333	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 05" W	10° 00' 21" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
474	1100001334	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 04" W	10° 00' 13" S	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
475	1100001335	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 01" W	10° 00' 06" S	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
476	1100001336	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 02" W	10° 00' 16" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
477	1100001337	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 51" W	10° 00' 06" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
478	1100001338	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 44" W	10° 00' 15" S	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
479	1100001339	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 43" W	09° 59' 49" S	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
480	1100001340	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 49" W	09° 59' 45" S	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
481	1100001341	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 49' 00" W	09° 59' 51" S	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
482	1100001342	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 49' 07" W	09° 59' 58" S	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
483	1100001343	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 49' 20" W	10° 00' 09" S	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
484	1100001344	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 49' 43" W	10° 00' 22" S	11,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
485	1100001345	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 49' 27" W	10° 00' 31" S	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
486	1100001346	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 49' 19" W	10° 00' 38" S	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
487	1100001347	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 49' 03" W	10° 00' 15" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
488	1100001348	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 47" W	09° 59' 54" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 506 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Rio Branco (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
489	1100001349	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 06" W	10° 01' 50" S	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
490	1100001350	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 02" W	10° 01' 54" S	14,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
491	1100001351	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 02" W	10° 01' 49" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
492	1100001352	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 03" W	10° 01' 47" S	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
493	1100001353	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 05" W	10° 01' 39" S	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
494	1100001354	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 48' 01" W	10° 01' 32" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
495	1100001355	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 58" W	10° 02' 15" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
496	1100001356	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 57" W	10° 02' 10" S	8,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
497	1100001357	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 57" W	10° 02' 06" S	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
498	1100001358	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 48" W	10° 01' 45" S	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
499	1100001359	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 44" W	10° 01' 36" S	10,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
500	1100001360	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 47' 00" W	10° 00' 49" S	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
501	1100001361	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 46' 59" W	10° 00' 44" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
502	1100001362	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 46' 50" W	10° 00' 49" S	11,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
503	1100001363	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 46' 54" W	10° 00' 54" S	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
504	1100001364	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 46' 50" W	10° 00' 58" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
505	1100001365	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 46' 58" W	10° 01' 03" S	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
506	1100001366	CPRM	-	Rio Branco	AC	67° 46' 56" W	10° 01' 10" S	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**7.2.2 – Resumo das Características Técnicas de 100 Poços Catalogados de CPRM/SIAGAS 2010 em Rio Branco, com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade**

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Rio Branco – AC.

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
							De	Até	Material	De	Até	Material					
1100000004	630994	8891152	Engenhacre Ltda / Poço nº 04	9,5		152,4							3,72	9	1,0625	Após estabilização	0,5
1100000005	632647	8893235	Gelo Sul Ltda	12	6	152,4	6	12	PVC 4"	0 6	6 12	Argila Areia Grossa					
1100000014	632616	8893204	Gelo Sul Ltda/ Poço no. 13	12	6	152,4	6	12	PVC 4"								
1100000162	630750	8890968	LOPES E SILVA LTDA	9		101,6							4	8,5	4,7610	Após estabilização	0,5
1100000163	630720	8890968	LOPES E SILVA LTDA	9		101,6							4	8,1	4,844	Após estabilização	0,9
1100000164	630690	8890968	LOPES E SILVA LTDA	9		101,6							4	8,3	4,921	Após estabilização	0,7
1100000165	631330	8891273	I. Smangoszevski	11		203,2							4,65	10,32	13,74	Após estabilização	0,68
1100000166	631300	8891273	I. Smangoszevski	12		203,2							3,68	11,37	14,884	Após estabilização	0,63
1100000167	631270	8891273	I. Smangoszevski	12		203,2							4,65	11,13	8,155	Após estabilização	0,87
1100000168	631239	8891273	I. Smangoszevski	12		203,2							4,65	10,97	15,848	Após estabilização	1,03
1100000169	631208	8891274	I. Smangoszevski	9		203,3											
1100000468	631531	8896188	INFRAERO	178	152	304,8	18	150	Plástico Geomecanico Reforçado 6"	0 30	30 152	Argila Argila			5	Após estabilização	
1100000470	631531	8896188	7 BEC	150	150	254	40	150	Plástico Geomecanico 6"	0	150	Argila			4	Após estabilização	
1100000490	627903	8903573	SIVAM	240	6 240	444,5 311,15	63 78 123 141 171 180 213	75 87 135 150 177 189 216	Inox espiralado 6" Inox espiralado 6" Inox espiralado 6" Inox espiralado 6" Inox espiralado 6" Inox espiralado 6" Inox espiralado 6"	0 6	6 240	Argila Alternância de Argilito e Folhelho	44,82	104,37	6,47	Após estabilização	135,63
1100000907	631269	8890966	LOPES E SILVA LTDA	8,4	4	101,6	4	8,4	PVC 4"	0 4	4 8,4	Argila Areia Fina	4	8,1	16,8	Após estabilização	0,3
1100000908	631238	8890966	LOPES E SILVA LTDA	8,6	4	101,6	4	8,6	PVC 4"	0 4	4 8,6	Argila Areia Fina	4	8,3	16,8	Após estabilização	0,3
1100001025	632212	8889720	Ademir S. Rocha	9	4	101,6	4	9	PVC 4"	0 4	4 9	Argila Areia Grossa					
1100001026	632211	8889721	Ademir S. Rocha	9	4	101,6	4	9	PVC 4"	0 4	4 9	Argila Areia Grossa					



7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Rio Branco – AC (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
							De	Até	Material	De	Até	Material					
1100001027	632187	8889720	Ademir S. Rocha	9	4	101,6	4	9	PVC 4"	0 4	4 9	Argila Areia Grossa					
1100001028	632200	8889690	Ademir S. Rocha	9	4	101,6	4	9	PVC 4"	0 4	4 9	Argila Areia Grossa					
1100001029	631895	8889747	Poço 1	11	11	50,8	7,5	9	PVC 2"	0 7,5 9	7,5 9 11	Argila Areia fina Argila					
1100001030	631702	8890281	Poço 2	12	7.40	127	7,4	12	PVC 5"	0 7,4	7,4 12	Argila Areia Média					
1100001031	631946	8890819	Poço 3	7	2	127	2	7	PVC 5"	0 2	2 7	Argila Areia Média					
1100001032	631968	8890817	Poço 4	7	3	127	3	7	PVC 5"	0 3	3 7	Argila Areia Média					
1100001033	631636	8891058	Poço 5	30	30	228,6	7	13	PVC 9"	0 7 13	7 13 30	Argila Areia Média Argila					
1100001034	631637	8891058	Poço 6	30	30	228,6	13,4	17,4	PVC 9"	0 13,4 17,4	13,4 17,4 30	Argila Areia Média Argila					
1100001035	632010	8892099	Poço 7	13	11	50,8	11	13	PVC 2"	0 11	11 13	Argila Areia Fina					
1100001036	632232	8892204	Poço 8	9	4	127	4	9	PVC 5"	0 4	4 9	Argila Areia Fina					
1100001037	631866	8892199	Poço 9	11	4	177,8	4	11	PVC 7"	0 4	4 11	Argila Areia Fina					
1100001038	633383	8892714	Poço 10	14	6	203,2	6	14	PVC 8"	0 6	6 14	Areia Siltosa Areia Grossa					
1100001039	633689	8892763	Poço 11	14	7	203,2	7	14	PVC 8"	0 7	7 14	Argila Areia Grossa					
1100001040	633381	8892874	Poço 12	14	8	203,2	8	14	PVC 8"	0 8	8 14	Argila Areia Grossa					
1100001041	633141	8892949	Poço 13	13	10.5	76,2	10,5	13	PVC 3"	0 10,5	10,5 13	Argila Areia Fina					
1100001042	633883	8893325	Darcy N. Souza	12	6	152,4	6	12	PVC 6"	0 6	6 12	Argila Areia Média					
1100001043	633153	8893496	Poço 14	14	10	101,6	10	14	PVC 4"	0 10	10 14	Argila Areia Fina					
1100001044	633101	8893488	Poço 15	14	11	101,6	11	14	PVC 4"	0 11	11 14	Argila Areia Fina					
1100001045	632382	8894254	Poço 16	12	12	127	7,5	11	PVC 5"	0 7,5 11	7,5 11 12	Argila Areia Fina Argila					
1100001046	632337	8894233	Poço 17	12	7.5	127	7,5	12	PVC 5"	0 7,5	7,5 12	Argila Areia Fina					
1100001047	632275	8893683	Poço 18	8	3	127	3	8	PVC 5"	0 3	3 8	Argila Areia Grossa					
1100001048	632252	8893554	Poço 19	14	8	101,6	8	14	PVC 4"	0	14	Argila Arenosa					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Rio Branco – AC (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
							De	Até	Material	De	Até	Material					
1100001049	632001	8893535	Poço 20	11	7	101,6	7	11	PVC 4"	0 7	7 11	Argila Areia Fina					
1100001050	631812	8893387	Poço 21	12	4	203,2	4	12	PVC 8"	0 4	4 12	Areia Siltosa Areia Fina					
1100001051	631498	8893437	Demilca	9	3	152,4	3	9	PVC 6"	0 3	3 9	Argila Areia Grossa					
1100001052	631513	8893424	Demilca	9	4	152,4	4	9	PVC 4"	0 4	4 9	Argila Areia Grossa					
1100001053	631523	8893414	Demilca	9	5	152,4	5	9	PVC 6"	0 5	5 9	Argila Areia Grossa					
1100001054	631513	8893444	Demilca	9	6	152,4	6	9	PVC 6"	0 6	6 9	Argila Areia Grossa					
1100001055	631530	8893435	Demilca	9	7	152,4	7	9	PVC 6"	0 7	7 9	Argila Areia Grossa					
1100001056	631543	8893421	Demilca	9	8	152,4	8	9	PVC 6"	0 8	8 9	Argila Areia Grossa					
1100001057	631527	8893455	Demilca	9	9	152,4	0	9	PVC 6"	0	9	Areia Grossa					
1100001058	631548	8893446	Demilca	10	9	152,4	9	10	PVC 6"	0 9	9 10	Argila Areia Grossa					
1100001059	631562	8893443	Demilca	11	9	152,4	9	11	PVC 6"	0 9	9 11	Argila Areia Grossa					
1100001060	631550	8893469	Demilca	12	9	152,4	9	12	PVC 6"	0 9	9 12	Argila Areia Grossa					
1100001061	631826	8894119	Poço 22	11	7	101,6	7	11	PVC 4"	0 7	7 11	Argila Areia Fina					
1100001062	631928	8894199	Poço 23	11	8	101,6	8	11	PVC 4"	0 8	8 11	Argila Areia Fina					
1100001063	630650	8894833	Poço 24	12	11	25,4	11	12	PVC 1"	0 11	11 12	Argila Areia Grossa					
1100001064	629633	8894130	Poço 25	9	5	101,6	5	9	PVC 4"	0 5	5 9	Argila Areia Fina					
1100001065	628898	8893542	Poço 26	13	7	152,4	7	13	PVC 6"	0 7	7 13	Argila Areia Grossa					
1100001066	627815	8894742	Poço 27	14	10	101,6	10	14	PVC 4"	0 10	10 14	Argila Areia Fina					
1100001067	627605	8894634	Poço 28	14	10	101,6	10	14	PVC 4"	0 10	10 14	Argila Areia fina					
1100001068	627641	8894657	Poço 29	14	10	101,6	10	14	PVC 4"	0 10	10 14	Argila Areia fina					
1100001069	627639	8894484	Poço 30	14	10	101,6	10	14	PVC 4"	0 10	10 14	Argila Areia fina					
1100001070	630043	8892690	Poço 31	8	5	76,2	5	8	PVC 3"	0 5	5 8	Argila Areia fina					
1100001071	630029	8892613	Poço 32	11	6	127	6	11	PVC 5"	0 6	6 11	Argila Areia fina					
1100001072	630140	8892591	Poço 33	11	6	127	6	11	PVC 5"	0 6	6 11	Argila Areia fina					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Rio Branco – AC (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
							De	Até	Material	De	Até	Material					
1100001073	630313	8892694	Poço 34	11	6	127	6	11	PVC 5"	0 6	6 11	Argila Areia fina					
1100001074	631330	8891273	I. Smangoszevski	10,82	4	203,2	4	10,82	Plástico Geomecanico 8"	0 4	4 10.82	Argila Areia Grossa	4,65	10,32	13,74	Após estabilização	0,5
1100001075	631300	8891273	I. Smangoszevski	12	4	203,2	4	12	PVC 8"	0 4	4 12	Argila Areia Grossa	3,68	11,37	14,884	Após estabilização	0,63
1100001076	631270	8891273	I. Smangoszevski	12	4	203,2	4	12	PVC 8"	0 4	4 12	Argila Areia Grossa	4,65	11,13	8,155	Após estabilização	0,87
1100001077	631239	8891273	I. Smangoszevski	12	4	203,2	4	12	PVC 8"	0 4	4 12	Argila Areia grossa	4,65	10,97	15,848	Após estabilização	1,03
1100001078	631208	8891274	I. Smangoszevski	9	4	203,2	4	9	PVC 8"	0 4	4 8	Argila Areia grossa	3,5	8,07			0,93
1100001117	636839	8887352	SG-01	28		101,6				0 2 4 5 6.2	2 4 5 6.2 28	Argila Siltosa Argila Argila Siltosa Areia Fina Argila					
1100001118	626330	8889114	SG-02 - Fazenda Joao Luiz	28		101,6				0 2 3 4 7 10 11 12 13	2 3 4 7 10 11 12 13 28	Argila Argila Siltosa Areia Fina Argila Areia Fina Areia Média Argila Areia Fina Argila					
1100001119	630970	8888638	SG-03	28		101,6				0 0.5 3 4.5 9 14 15	0.5 3 4.5 9 14 15 28	Solo Areno-Argiloso Argila Areia Muito Fina Areia Fina Areia Média Areia Fina Argila					
1100001120	632234	8896472	SG-04	24		101,6				0 0.5 1 2	0.5 1 2 24	Areia Muito Fina Argila Areia Fina Argila					
1100001330	631410	8893824	Manoel Cunha da Silva	7,5	6	203,2	6	7	PVC 4"	0 6	6 7.5	Argila Areia Média					
1100001332	631529	8893778	Luzia Barroso de Alencar	7	5	203,2	5	7	PVC 4"	0 5	5 7	Argila Areia Média					
1100001334	631409	8893952	Carmelindo Pereira	10	6	203,2	6	10	PVC 4"	0 6	6 10	Argila Areia Média					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Rio Branco – AC (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
							De	Até	Material	De	Até	Material					
1100001335	631501	8894170	Maria Aceilda	14	7	203,2	7	14	PVC 4"	0 7	7 14	Argila Areia Fina					
1100001338	632009	8893894	Maria Fátima de Lima	7	4	203,2	4	7	PVC 4"	0 4	4 7	Argila Areia Fina					
1100001339	630224	8894698	José Grijalves Bezerra	9	5	203,2	5	9	PVC 4"	0 5	5 9	Argila Areia Fina					
1100001340	630020	8894800	Igreja Batista Filadelfia	7	4	203,2	4	7	PVC 4"	0 4	4 7	Argila Areia Fina					
1100001341	629694	8894632	José Ribamar de Araújo	8	4	203,2	4	8	PVC 4"	0 4	4 8	Argila Areia Média					
1100001342	629477	8894420	Maria Helena da Silva	7	5	203,2	5	7	PVC 4"	0 5	5 7	Argila Areia Média					
1100001343	629084	8894078	Pompilho da Silva	11	6	203,2	6	11	PVC 4"	0 5	5 11	Argila Areia Média					
1100001344	628392	8893668	Waldemar de Souza	11,5	6	203,2	6	11,5	PVC 4"	0 6	6 11,5	Argila Areia Média					
1100001345	628875	8893412	Silvia Chagas dos Santos	7,5	4	203,2	4	7,5	PVC 4"	0 4	4 7,5	Argila Areia Média					
1100001346	629109	8893200	Damaris Braga	4	2	203,2	2	4	PVC 4"	0	4	Argila					
1100001349	631344	8890952	Josias Freury da Silva	12	6	203,2	6	12	PVC 4"	0 6	6 12	Argila Areia Média					
1100001350	631436	8890846	Francisco Sampaio	14,5	8	203,2	8	14,5	PVC 4"	0 8	8 14,5	Argila Areia Média					
1100001352	631421	8891060	Maria do Carmo da Silva	11	6	203,2	6	11	PVC 4"	0 6	6 11	Argila Areia Média					
1100001353	631363	8891302	Captação Zé Airton	12	6	203,2	6	12	PVC 4"	0 6	6 12	Argila Areia Média					
1100001356	631613	8890344	Eliameu Lima Silva	8,5	5	203,2	5	8,5	PVC 4"	0 5	5 8,5	Argila Areia Média					
1100001357	631605	8890482	Libia Barbosa	12	6	203,2	6	12	PVC 4"	0 6	6 12	Argila Areia Média					
1100001358	631866	8891116	Cleide Maria	12	6	203,2	6	12	PVC 4"	0 6	6 12	Argila Areia Média					
1100001359	632000	8891392	Oswaldo Mota da Silva	10,5	6	203,2	6	10,5	PVC 4"	0 6	6 10,5	Argila Areia Fina					
1100001360	633359	8892824	Maria Barreto	12	6	203,2	6	12	PVC 4"	0 6	6 12	Argila Areia Grossa					
1100001362	633636	8892832	Luciana P. da Silva	11,5	6	203,2	6	11,5	PVC 4"	0 6	6 11,5	Argila Areia Grossa					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Rio Branco – AC (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
							De	Até	Material	De	Até	Material					
1100001363	633532	8892674	Sebastiana de Souza	12	6	203,2	6	12	PVC 4"	0 6	6 12	Argila Areia Grossa					
1100001365	633406	8892414	Woshington Luis Souza	12	6	203,2	6	12	PVC 4"	0 6	6 12	Argila Areia Grossa					
1100001366	633478	8892194	Maria do Carmo Saraiva	12	6	203,2	6	12	PVC 4"	0 6	6 12	Argila Areia Grossa					

### **7.3 – Resultados Hidrogeoquímicos das coletas de abril e outubro de 2012**







**7.3.3 - Análises de metais pesados, BTEX, fenóis e de isótopos ambientais realizadas em Rio Branco durante a segunda campanha de amostragem de água de 30 poços no período de estiagem em outubro de 2012.**

Poço	Longitude decimal	Latitude decimal	Índice de Fenóis (mg/L)	Bário (mg/L)	Níquel (mg/L)	Zinco (mg/L)	Cádmio (mg/L)	Chumbo (mg/L)	Cobre (mg/L)	Cromo (mg/L)	Mercurio (mg/L)	Arsênio (mg/L)	Benzeno (mg/L)	Tolueno (mg/L)	Etilbenzeno (mg/L)	o-Xileno (mg/L)	m,p-Xilenos (mg/L)	Trício	δD‰	δ <sup>18</sup> O‰
RBR01	-67,785531	-10,010523	<0,001	0,0536	0,00552	0,0653	<0,001	0,00136	0,0021	<0,001	<0,0001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	0,78± 0,13	-	-
RBR02	-67,788259	-10,002946	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RBR03	-67,794349	-10,008891	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RBR04	-67,807964	-9,972968	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RBR05	-67,809738	-9,989333	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RBR06	-67,818441	-9,981705	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RBR07	-67,799978	-10,068249	0,0016	0,0875	0,00706	0,0395	<0,001	<0,001	0,0106	<0,001	<0,0001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	1,61± 0,15	-35,1	-6,2
RBR08	-67,779945	-10,006334	<0,001	0,0407	0,00366	0,052	<0,001	0,0021	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	-	-	-
RBR09	-67,774081	-10,00331	0,0023	0,0045	<0,001	0,0051	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	1,68± 0,13	-	-
RBR10	-67,829604	-9,982124	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RBR11	-67,825744	-9,992935	<0,001	0,1086	0,00641	0,0928	<0,001	<0,001	0,0051	<0,001	<0,0001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	-	-	-
RBR12	-67,812936	-10,01801	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RBR13	-67,818416	-10,003534	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RBR14	-67,801696	-10,027898	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RBR15	-67,826282	-10,000433	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,62± 0,16	-	-
RBR16	-67,818211	-9,992257	<0,001	0,0507	0,0032	0,0415	<0,001	<0,001	0,00169	<0,001	<0,0001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	-	-	-
RBR17	-67,782193	-10,022465	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,36± 0,14	-42,4	-7,0
RBR18	-67,774806	-10,016904	0,0018	0,0208	0,00368	0,0324	<0,001	<0,001	0,00277	<0,001	<0,0001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	-	-	-
RBR19	-67,805655	-10,010722	<0,001	0,0318	0,0219	0,0884	<0,001	0,00101	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	-	-	-
RBR20	-67,841323	-9,972833	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,15± 0,13	-42,3	-7,2
RBR21	-67,794726	-9,98851	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RBR22	-67,796055	-9,996726	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RBR23	-67,770728	-10,009474	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RBR24	-67,800767	-9,980249	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RBR25	-67,806152	-9,996979	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RBR26	-67,83573	-9,996098	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RBR27	-67,794028	-10,048877	<0,001	0,1265	0,00859	0,0299	<0,001	<0,001	0,00285	<0,001	<0,0001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	-	-	-
RBR28	-67,786481	-9,965901	<0,001	0,0134	0,00494	0,3407	<0,001	<0,001	0,0187	<0,001	<0,0001	<0,001	<0,001	0,0321	<0,001	<0,001	<0,002	-	-	-
RBR29	-67,794773	-9,980472	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RBR30	-67,83208	-10,03978	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,75± 0,16	-43,4	-7,4

## **7.4 – Protocolo de Guia de Coleta de Amostras Bioagri Ambiental**

## **Apresentação**

Este guia fornece informações básicas sobre os procedimentos adequados de coletas e preservação de amostras aquosas e sólidas para análises ambientais.

Embora muitas vezes, problemas ambientais decorrentes ou não de atividade antrópica sejam facilmente perceptíveis, a real dimensão destes problemas somente pode ser mensurada a partir de análises laboratoriais realizadas em locais onde possuam os recursos materiais e humanos mínimos necessários, existindo a necessidade da coleta e preservação de amostras para análises em laboratórios especializados, ou talvez de medidas tomadas no campo utilizando-se de instrumentos adequados. Por este motivo, é muito importante obedecer a critérios técnicos cuidadosamente definidos, com coletas sendo realizadas por profissionais qualificados para a função, pois estas são de fundamental importância para que os resultados das análises sejam confiáveis e representem da forma mais próxima possível à realidade. Sem estes cuidados a avaliação da qualidade ambiental pode gerar informações incorretas, dando uma falsa impressão a respeito da realidade, podendo induzir decisões errôneas causando graves prejuízos à saúde humana e preservação do meio ambiente.

Hoje sabemos que a coleta e a preservação das amostras têm influência muito importante sobre os resultados das análises. Águas naturais encontram-se em um sensível equilíbrio dinâmico, onde diversas espécies químicas e biológicas se mantêm estáveis. O simples contato de uma amostra com as paredes no frasco de coleta não apropriado podem alterar a composição da amostra. Também a temperatura e a forma de preservação da amostra podem influenciar na composição material da amostra. É importante ressaltar, que existe um tempo entre a coleta das amostras e a efetiva realização das análises, que pode variar de horas a meses dependendo do tipo de parâmetro em questão. Isto reforça a necessidade da adoção de critérios rígidos para a preservação e armazenamento das amostras, evitando a possível perda das espécies presentes, principalmente por transformação em outras formas químicas.

Na **tabela 7.4.1** a seguir constam os parâmetros a serem analisados, o tipo de frasco para coleta de amostra, a forma de preservação e o tempo para a realização da análise para amostras aquosas. Na **tabela 7.4.2** constam os parâmetros a serem analisados, o tipo de frasco para coleta de amostra, a forma de preservação e o tempo para a realização da análise para amostras sólidas.

Na **tabela 7.4.3** constam preservação, prazo e frascos para análises biológicas e microbiológicas. Na **tabela 7.4.4** constam preservação, prazo e frascos para testes de toxicidade. Na **tabela 7.4.5** temos a quantidade de frascos requeridos para atendimento de algumas legislações, tendo em vista o agrupamento de parâmetros num mesmo frasco.

No **anexo A1** a sequência para uso das bolsas nasço e os esquemas dos frascos de coleta de amostras líquidas (**anexo A2**) e de amostras sólidas (**anexo A3**).

**Tabela 7.1 - Frascos de Coleta, Volume Mínimo Necessário, Preservação e Prazo para Análise - Amostras de Águas e Efluentes.**

Espécie de Interesse	Frasco de Coleta	Volume de Amostra	Preservação/ Estocagem da Amostra	Prazo para Análise
Alcalinidade	Polietileno ou vidro	200 mL	Refrigerar a 4±2°C	Recomendável 24 horas Tolerável 14 dias
Acidez	Polietileno ou vidro	100 mL	Refrigerar a 4±2°C	Recomendável 24 horas Tolerável 14 dias
Ácidos Haloacéticos	Vial	2 x 40 mL	Refrigerar a 4±2°C 4 mg de Cloridrato de amônio/ vial	14 dias até extração Após a extração 21 dias até análise
Bacteriologia	Polietileno ou vidro (Bolsa NASCO)	100 mL	Tiosulfato de Sódio e refrigerar a < 10°C	24 horas
Brometo	Polietileno ou vidro	100 mL	Refrigerar a 4±2°C	28 dias
Bromato	Polietileno ou vidro	100 mL	2 gotas EDA 5%	28 dias
Carbamatos	Vidro Âmbar	1.000 mL	Refrigerar a 4±2°C	14 dias até extração 40 dias até análise
Carbono Orgânico Total (TOC)	Vidro	100 mL	HCl até pH<2, refrigerar a 4±2°C	Recomendável 7 dias Tolerável 28 dias
Carbono Orgânico Dissolvido (COD)	Vidro	100 mL	Filtração membrana 0,45 µm HCl até pH<2, refrigerar a 4±2°C	Recomendável 7 dias Tolerável 28 dias
Cianeto	Polietileno ou vidro	1000 mL	NaOH 10N até pH >12, refrigerar a 4±2°C	14 dias
Clorato	Polietileno ou vidro	100 mL	Refrigerar a 4±2°C	28 dias
Cloreto	Polietileno ou vidro	250 mL	Refrigerar a 4±2°C	28 dias
Clorito	Polietileno ou vidro	100 mL	Refrigerar a 4±2°C	14 dias
Cloro Total e Residual	Polietileno ou vidro	500 mL	Não requerida	O mais breve possível
Clorofila A	Vidro	1.000 mL	Refrigerar a 4±2°C	5 dias até a extração e 15 dias a partir da extração
Coliformes Totais/Escherichia Coli	Bag ou frasco polietileno estéril	100 mL	Refrigerar a < 10°C	24 horas e 36 horas para águas tratadas
Condutividade Elétrica / Específica	Polietileno ou vidro	500 mL	Refrigerar a 4±2°C	28 dias
Cor	Polietileno ou vidro	500 mL	Refrigerar a 4±2°C	48 horas
Cromo Hexavalente	Polietileno ou vidro	500 mL	Refrigerar a 4±2°C	24 horas
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	Polietileno ou vidro	1.000 mL	Refrigerar a 4±2°C	Recomendável 24 horas Tolerável 7 dias
Demanda Química de Oxigênio (DQO) <sup>(1)</sup>	Polietileno ou vidro	100 mL	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> até pH<2, Refrigerar a 4±2°C	Recomendável 24 horas Tolerável 7 dias
Dureza Total	Polietileno ou vidro	100 mL	HNO <sub>3</sub> ou H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> até pH<2	06 meses
Índice de Fenóis	Vidro âmbar	500 mL	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> até pH< 4	28 dias
Fluoreto	Polietileno	100 mL	Não Requerida	28 dias
Fosfato (orto <sup>2</sup> )	Polietileno ou vidro	200 mL	Refrigerar a 4±2°C	48 horas

**Tabela 7.1 - Frascos de Coleta, Volume Mínimo Necessário, Preservação e Prazo para Análise - Amostras de Águas e Efluentes (continuação).**

Espécie de Interesse	Frasco de Coleta	Volume de Amostra	Preservação/Estocagem da Amostra	Prazo para Análise
Fósforo Total	Polietileno ou vidro	100 mL	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> até pH<2, Refrigerar a 4±2°C	28 dias
Gás Carbônico (Dióxido de Carbono)	Polietileno ou vidro	100 mL	Não requerida	-
Glifosato	Polietileno ou vidro	100 mL	Não requerida	14 dias
Iodeto	Polietileno ou vidro	500 mL	Refrigerar a 4±2°C	24 horas
Microcistina	Vidro	100 mL	Refrigerar a 4±2°C	15 dias
Metais Totais (exceto Cromo VI)	Polietileno	500 ou 1000 mL	HNO <sub>3</sub> até pH<2	06 meses (exceto Hg = 28 dias)
Metais Solúveis	Mesmo que metais totais, porém a amostra deverá ser filtrada em membrana 0,45µm antes de ser preservada.			
Nitrogênio Amoniacal	Polietileno ou vidro	500 mL	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> até pH<2, Refrigerar a 4±2°C	Recomendável 7 dias Tolerável 28 dias
Nitrogênio Nitrato	Polietileno ou vidro	100 mL	Refrigerar a 4±2°C	48 horas
Nitrogênio Nitrito	Polietileno ou vidro	100 mL	Refrigerar a 4±2°C	48 horas
Nitrogênio Kjeldahl Total	Polietileno ou vidro	500 mL	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> até pH<2, Refrigerar a 4±2°C	Recomendável 7 dias Tolerável 28 dias
Odor	Polietileno	500 mL	Refrigerar a 4±2°C	O mais breve possível
Óleos e Graxas <sup>(3)</sup>	Vidro Âmbar	1.000 mL	HCl ou H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> até pH<2; Refrigerar a 4±2°C	28 dias
Orgânicos Purgáveis (Purge and Trap)	Vidro (Vial)	2 x 40 mL	HCl 1:1 (4 gotas) Refrigerar a + 4°C Obs.: Caso a amostra contenha cloro residual livre este deve ser eliminado antes da adição do ácido através da adição de 4 gotas de solução de tiosulfato de sódio a 10%.	07 dias s/ preserv. 14 dias c/preserv.

**Tabela 7.1 - Frascos de Coleta, Volume Mínimo Necessário, Preservação e Prazo para Análise - Amostras de Águas e Efluentes (continuação).**

Espécie de Interesse	Frasco de Coleta	Volume de Amostra	Preservação da Amostra	Prazo para Análise
Organoclorados e PCB's em água	Vidro âmbar, tampa rosqueável de teflon ou Plástico	2.000 mL	Refrigerar a 4±2°C	07 dias até a extração 40 dias após a extração
Oxigênio Consumido	Polietileno ou vidro	150 mL	Refrigerar a 4±2°C	24 horas
Oxigênio Dissolvido	Vidro de boca estreita e tampa esmerilhada	300 mL	2 mL de sulfato manganoso e 2 mL de reagente alcali-iodeto azida	8 horas (preferencialmente medida em campo com aparelho portátil)
Pesticidas	Vidro âmbar	1000 mL	Refrigerar a 4±2°C	07 dias até a extração 40 dias após a extração
pH	Polietileno ou vidro	200 mL	Refrigerar a 4±2°C	06 horas (preferencialmente medida em campo)
Radioatividade	Vidro âmbar	100 mL	HNO <sub>3</sub> até pH<2	1 ano
Série de Sólidos	Polietileno ou vidro	1.000 mL	Refrigerar a 4±2°C	07 dias
Sólidos Sedimentáveis	Polietileno ou vidro	1.000 mL	Refrigerar a 4±2°C	07 dias
Sílica	Polietileno	200 mL	Refrigerar a 4±2°C	28 dias
Sulfato	Polietileno ou vidro	100 mL	Refrigerar a 4±2°C	28 dias
Sulfeto (idem para sulfeto de hidrogênio)	Polietileno ou Vidro	100 mL	Refrigerar a 4±2°C; adicionar 04 gotas de Acetato de Zinco 2N e NaOH até pH>9	07 dias
Sulfito <sup>(4)</sup>	Polietileno ou vidro	100 mL	Refrigerar a 4±2°C	24 horas
Surfactantes	Polietileno ou vidro	250 mL	Refrigerar a 4±2°C	48 horas
Turbidez	Polietileno ou vidro	200 mL	Refrigerar a 4±2°C	48 horas
Matriz analítica (Vinhaça)	Polietileno ou Vidro	2.000 mL	Refrigerar a 4±2°C	

- (1) Para efluentes com óleos vegetais ou gelatinas, não acidular, mantendo apenas a refrigeração.
- (2) Imediatamente após a coleta filtrar a amostra com membrana 0,45 µ . Este procedimento reduz a conversão de fosfatos condensados em ortofosfatos pela remoção de material suspenso e microbiológico, o qual pode catalisar a reação.
- (3) Não encher completamente o frasco.
- (4) Encher o frasco completamente, evitando contato com o ar.

**Tabela 7.2 - Frascos de Coleta, Volume Mínimo Necessário, Preservação e Prazo para Análise - Amostras de Solos e Sedimentos.**

Espécie de Interesse	Frasco de Coleta	Quantidade de Amostra (g)	Preservação/Estocagem da Amostra	Prazo para Análise
Orgânicos Voláteis	Frasco de Vidro de Boca Larga	Preencher o Frasco até a Boca 200g	Resfriar a 4±2°C	14 dias
Orgânicos Semi Voláteis	Frasco de Vidro de Boca Larga	200	Resfriar a 4±2°C	14 dias até extração 40 dias até análise
Dioxinas e Furanos	Frasco de Vidro de Boca Larga	500	Resfriar a 4±2°C	não se aplica
Pesticidas Organoclorados (Bioagri Ambiental)	Frasco de Vidro de Boca Larga	200	Resfriar a 4±2°C	14 dias até extração 40 dias até análise
PCB's	Frasco de Vidro de Boca Larga	200	Resfriar a 4±2°C	14 dias até extração 40 dias até análise
Compostos Organofosforados	Frasco de Vidro de Boca Larga	200	Resfriar a 4±2°C	14 dias até extração 40 dias até análise
Metais (Exceto Cr VI)	Frasco de Vidro ou de plástico de Boca Larga	200	Resfriar a 4±2°C	28 dias para Hg 180 dias para outros metais
Cromo VI	Frasco de Vidro ou de plástico de Boca Larga	200	Resfriar a 4±2°C	30 dias para digestão Análise em até 4 dias após extração
Cianetos	Frasco de Vidro ou de plástico de Boca Larga	200	Resfriar a 4±2°C	14 dias
Sulfeto	Frasco de Vidro ou de plástico de Boca Larga	200	Resfriar a 4±2°C	7 dias

**Tabela 7.3 - Preservação, prazo para análise e frascos a serem utilizados sem amostras para análises biológicas e microbiológicas.**

Variável biológica	Item	Preservação/Estocagem da Amostra	Prazo para análise	Frascos
Perifiton	Contagem e identificação	Formaldeído neutralizado a 4- 5% ou FAA (formol, ácido acético glacial e álcool) ou solução de Transeau (6:3:1) ou mertiolato (1:1000) ou lugol acético 3 – 5% para flagelados	a) um ano b)seis meses c)seis meses	Vidro âmbar ou polietileno
	Clorofila e Feofitina	Refrigerar e encaminhar ao laboratório o mais rápido possível	24 h oras	Vidro âmbar ou polietileno
	Contagem proporcional de espécies diatomáceas	Formaldeído neutralizado a 4 ou 5%	Seis meses	Vidro âmbar ou polietileno
Zooplâncton	Contagem e identificação	Além do formaldeído neutralizado a 40%, outros fixadores podem ser usados como etanol a 7% ou solução de lugol. O formaldeído pode causar distorção em algumas formas de retíferos. Para evitar evaporação, juntar à amostra 5% de glicerina. Em amostras turvas será útil acrescentar 0,04% do corante rosa de bengala.	Um ano	Vidro ou polietileno
Cianobactérias	Polietileno ou vidro	1.000 mL	Lugol refrigerado 4±2°C	06 meses

**Tabela 7.4** - Preservação, prazo para análise e frascos a serem utilizados sem amostras para testes de toxicidade.

Organismo teste	Tipo de amostra	Teste	Volume de amostra	Preservação/ Estocagem	Frascos
Algas	Águas ou efluentes	Toxicidade aguda / crônica	1.000 mL	Refrigeração até o período de 36 horas e congelamento após 36 horas	Vidro ou polietileno
Daphnia	Águas ou efluentes	Toxicidade aguda	1.000 mL	Refrigeração até o período de 36 horas e congelamento após 36 horas	Vidro ou polietileno
Ceriodaphnia	Águas ou efluentes	Toxicidade crônica	1.000 mL	Refrigeração até o período de 36 horas e congelamento após 36 horas	Vidro ou polietileno
Peixes	Águas	Toxicidade crônica	5.000 mL	Refrigeração até o período de 36 horas e congelamento após 36 horas	Vidro ou polietileno
Peixes	Efluentes	Toxicidade aguda	20 Litros	Refrigeração até o período de 36 horas e congelamento após 36 horas	Vidro ou polietileno
		Toxicidade crônica	5.000 mL		
Microtox	Águas ou efluentes	Toxicidade aguda	1.000 mL	Refrigeração até o período de 36 horas e congelamento após 36 horas	Vidro ou polietileno

#### Referências Bibliográficas

1. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 21<sup>st</sup> edition, APHA / AWWA / WEF, New York.
2. Markert, B. , 1994. Environmental Sampling for Trace Analysis, VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, Federal Republic of Germany.
3. Agudo, E.G. et al. , 1987. Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água, CETESB Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo.
4. NBR 9897 / ABNT - Planejamento de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores.
5. NBR 9898 / ABNT - Preservação e Técnicas de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores.
6. NBR 10007/ABNT – Amostragem de resíduos, 2° edição, versão 2004.
7. EPA - Surface Impoundment Study – Section N°B2 – 18/04/2000.
8. EPA SW 846 – Chapter Two – Choosing the correct procedure.
9. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
10. EPA SW 846 – Method 9065 Phenolics (Spectrometric, Manual 4-AAP With Distillation)



**Tabela 7.5 - Quantidade mínima de amostra para atendimento de algumas legislações e métodos – Amostras Aquosas**

Tipo	Vidro Âmbar	Vidro Âmbar	Plástico	Plástico	Plástico	Vidro Âmbar	Vial	Plástico	Plástico	Plástico	Bolsa Nasco	Vidro	Vidro	Medidas de Campo
Volume	1000mL	1000mL	500mL	500mL	500mL	1000mL	40mL	500mL	100mL	100mL	100mL	100mL	100mL	
Preservação	-----	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> pH < 2	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> pH < 2	HNO <sub>3</sub> pH < 2	NaOH pH > 12	HCl pH < 2	4 gotas HCl 50%	Acetato de Zinco	-----	2gotas EDA 5%	-----	Lugol	HNO <sub>3</sub> 30%	
Temperatura	Refrig.	Refrig.	Refrig.	Refrig.	Refrig.	Refrig.	Refrig.	Refrig.	Refrig.	Refrig.	Refrig.	Refrig.	Refrig.	
<b>Legislação</b>														
NTA 60	2		1	1	1						2			pH
Conama 357/05 Artigos 14, 15 ou 16	5	1		1	1	1	2	1	1	1	1	1		pHO.D.
Conama 357/05 Artigo 34	2	1		1	1	1	2	1		1				pHTemp.
Portaria 518/04 MS	3		1	1	1		2	1	1	1	2		1	pH Cl Livre
Artigo 18 Decreto 8468/76	2	1		1	1	1				1				pHTemp.
Artigo 19-A Decreto 8468/76	1	1	1	1	1	1		1						pHTemp.
Artigo 11 Decreto 8468/76	2	1		1	1	1		1			2			pH O.D.
Metais (**)				1										
VOC (EPA 8260) (30 compostos)							2							
SVOC (EPA 8270)	2													
Demais SVOC	1 a 3 (*)													
Diretiva 98 CEE	5		1	1	1		2	1		1	2			pH
EPA Drinking Water (MCL's)	5		1	1	1		2	1		1	2			pH

(\*) Dependendo do limite de quantificação desejado

(\*\*) Metais: Filtrado ou não dependendo do estudo, exceto Cromo VI.

**Tabela 7.5** - Quantidade mínima de frascos necessários para atendimento de algumas legislações e métodos – Amostras Sólidas (continuação).

<b>Tipo</b>	<b>Vidro de Boca Larga (Tipo Frasco de Palmito) ou Pote Plástico</b>	<b>Vidro de Boca Larga (Tipo Frasco de Palmito)</b>	<b>Vidro de Boca Larga com tampa metálica</b>
<b>Volume do Recipiente e Massa Mínima Requerida</b>	<b>500 ou 1000mL (mínimo de 0,5kg de amostra)</b>	<b>500 ou 1000mL (mínimo de 0,5kg de amostra)</b>	<b>100mL (Deverá ser preenchido completamente com a amostra)</b>
<b>Temperatura</b>	<b>Refrig.</b>	<b>Refrig.</b>	<b>Refrig.</b>
<b>Legislação/Método</b>			
NBR 10004 – Classificação de Resíduos Sólidos	<b>1 (*)</b>		
Metais e outros parâmetros inorgânicos	<b>1</b>		
VOC's (EPA 8260)			<b>1</b>
SVOC's (EPA 8270)		<b>1</b>	
Demais Compostos Orgânicos		<b>1</b>	

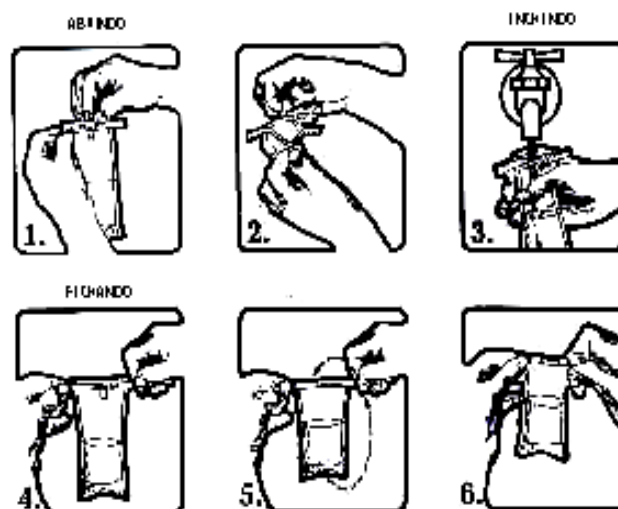
(\*) deverá ser garantido pelo menos 500g de amostra na base seca.

## Anexo A1 - Sequência para utilização das bolsas nasco

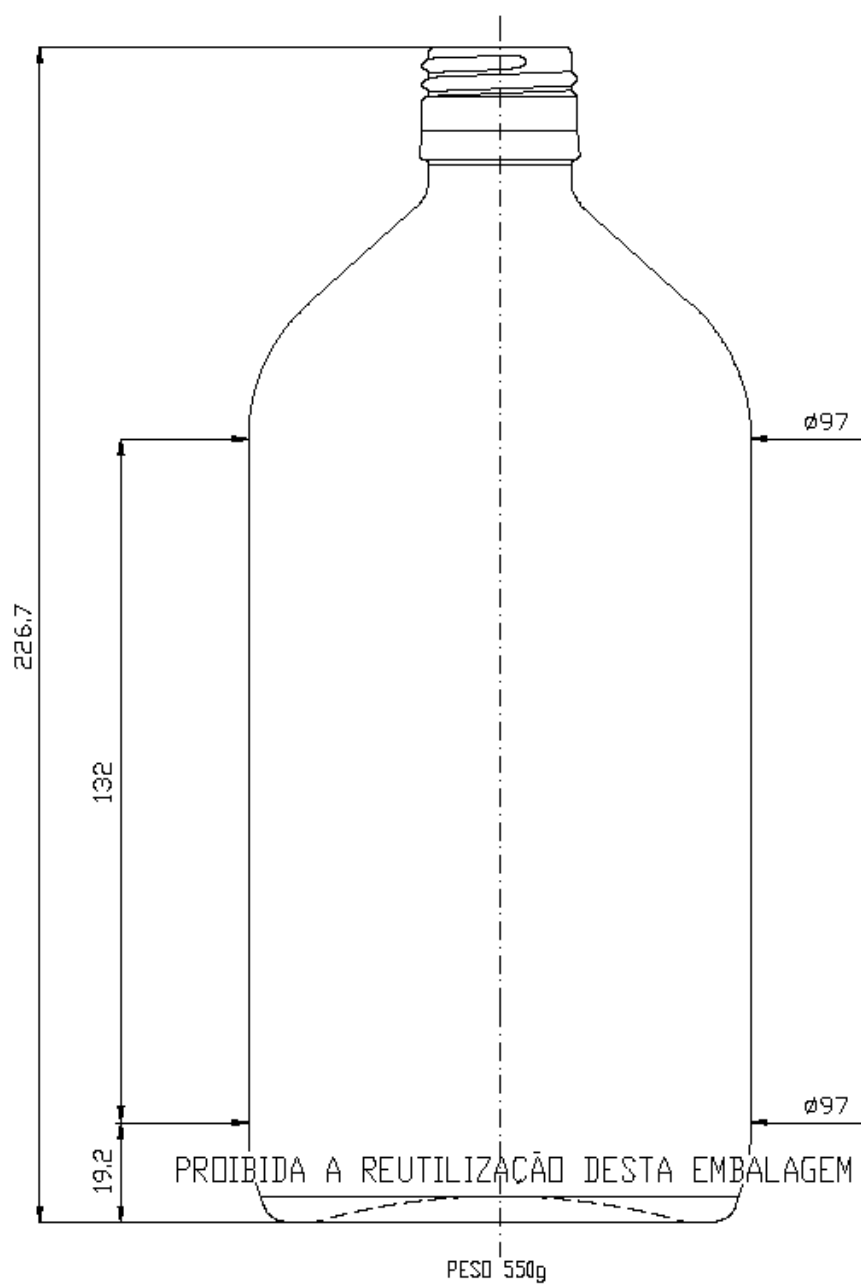
Procedimento para coletar amostras de águas utilizando a bolsa descartável THIO-bag Nasco:

- Rasgar o picote no topo da bolsa;
- Puxar as tiras laterais para abrir a bolsa sem tocar com as mãos na boca;
- Encher a bolsa até a marca de 100 mL;
- Puxar os arames para fechar a bolsa;
- Girar a bolsa em torno do arame 2 à 3 vezes;
- Dobrar os arames para manter a bolsa fechada.

Antes da coleta deve-se flambar a torneira ou se necessário limpar com solução de hipoclorito de sódio 2 % e mantê-la aberta, após a coleta manter a bolsa em temperatura de aproximadamente  $4\pm 2^{\circ}\text{C}$  em recipiente limpo e desinfetado.



## Anexo A2 - Esquema dos frascos de coleta – Amostras Líquidas



Anexo A3 - Esquema dos frascos de coleta – Amostras Sólidas

