


# ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA



| Relatório Técnico Temático |  
Impactos da Urbanização  
nas Águas Subterrâneas  
da Região de Belém/PA



**República Federativa do Brasil**

Michel Miguel Elias Temer Lulia

Presidente da República

**Ministério do Meio Ambiente**

Edson Duarte

Ministro

**Agência Nacional de Águas**

**Diretoria Colegiada**

Christianne Dias Ferreira - Diretora-Presidente

Ricardo Medeiros de Andrade

Ney Maranhão

Oscar de Moraes Cordeiro Netto

Marcelo Cruz

**Superintendência de Implementação de Programas e Projetos - SIP**

Tibério Magalhães Pinheiro (Superintendente)

Victor Sucupira (Superintendente Adjunto)

**Coordenação de Águas Subterrâneas - COSUB**

Fernando Roberto de Oliveira (Coordenador)

Adriana Niemeyer Pires Ferreira

Fabrcio Bueno da Fonseca Cardoso

Letícia Lemos de Moraes

Leonardo de Almeida (Gestor Substituto do Contrato)

Mrcia Tereza Pantoja Gaspar (Gestora do Contrato)

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

Capa: Vanessa Cardoso  
Local da fotografia: Rio Guamá – Belém/PA  
Autor da fotografia: Cristiano Cantão

Equipe:

**Comissão Técnica de Acompanhamento e Fiscalização – CTAF**

Márcia Tereza Pantoja Gaspar (ANA)	Leonardo de Almeida (ANA)	
Márcia Helena D’Oliveira Nascimento (SEMAS/PA)	Juvenal Andrade Neto (SEMAS/PA)	Luciene Mota de Leão Chaves (SEMAS/PA)
Homero Reis de Melo Junior (CPRM)	Manoel Imbiriba Junior (CPRM)	Valmor José Freddo Filho (CPRM)
Raimundo Nonato do Espírito Santo (UFPA/IG)	Ronaldo Lopes Mendes (UFPA/NUMA)	Giovanni Chaves Penner (UFPA/ITEC)
Wanderley Nascimento da Silva (COSANPA)	Alessandra Machado Noronha (AMAE)	Hélida Gonçalves Soares (SEMMA Belém)
Edivan de Jesus Souza (SEMMA Marituba)	Fernando Monteiro da Silva (SEMMA Marituba)	Rosângela Maria L. da Rocha (SEMMA Marituba)
Alexsandra Christine Borges de Queiroz (SEMMA Marituba)	Ricelly Luciana Luz Maia do Rosário (SEMMA Santa Izabel do Pará)	Carla Marques de Oliveira (SEMMA Santa Bárbara do Pará)

**Elaboração e Execução – PROFILL Engenharia e Ambiente S.A.**

Mauro Jungblut – Coordenação Geral  
Cíntia Letícia Sallet – Gerente de Projetos

**Membros da Equipe Técnica Executora:**

Flávio de Paula e Tiago Vier Fischer – Coordenação Técnica		
Antônio Flavio Uberti Costa	Antônio Silvio Jornada Krebs	Ana Luiza Helfer
Carla Gasparini	Carlos Bortoli	Daniel Wiegand
Guilherme Joaquim	Igor Alves	Isabel Rekowsky
Marcia Regina Stradioto	Neomar Oliveira Fraga	Rodrigo Tusi Costa
Sidnei Agra		

**Agradecimentos**

Agradecemos a todos os colaboradores e usuários de recursos hídricos que direta ou indiretamente contribuíram com a elaboração deste trabalho.

Todos os direitos reservados.

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

**A265e** Agência Nacional de Águas (Brasil).  
Estudos Hidrogeológicos para a Gestão das Águas Subterrâneas da Região de Belém/PA: Relatório Técnico Temático – Impactos da urbanização nas águas subterrâneas da Região de Belém/PA / Agência Nacional de Águas; Elaboração e Execução: Profill Engenharia e Ambiente S.A – Brasília: ANA, 2018.

97 p. il.

1. Hidrogeologia. 2. Bacias Hidrográficas. 3. Belém, Região Metropolitana de (PA). I. Título

**CDU 556.3**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema metodológico utilizado para a estimativa da água explotada dos mananciais subterrâneos e das perdas dos sistemas públicos na distribuição de água.....	10
Figura 2 – Índice de atendimento total de água. Fonte: SNIS (2011, 2012, 2015) e COSANPA (2018). .....	12
Figura 3 – Índice de perdas na distribuição de água. Fonte: SNIS (2011, 2012, 2015) e COSANPA (2018). .....	14
Figura 4 – Captação de água no rio Guamá para reforço dos lagos Água Preta e Bolonha.....	15
Figura 5 – Lago Água Preta. Fonte: Portal ORM .....	16
Figura 6 – Lago Bolonha.....	16
Figura 7 – Vertedor de água no lago Bolonha. ....	17
Figura 8 – ETA Bolonha.....	18
Figura 9 – ETA Bolonha.....	18
Figura 10 – Reservatório São Brás.....	19
Figura 11 – ETA e Reservatório Elevado 5º Setor. ....	19
Figura 12 – Complexo Bolonha (ETAs Bolonha, São Brás e 5º Setor). ....	21
Figura 13 – Mananciais de captação de água em Belém, Ananindeua e Marituba. Fonte: PMB (2014). .....	22
Figura 14 – Sistema Isolado Sideral, em Belém, composto por três poços profundos. Fonte: COSANPA. .....	23
Figura 15 – Sistema Isolado Mata Fome I, em Belém, composto por um poço profundo. Fonte: PMB (2014). .....	23
Figura 16 – Sistema Isolado Sabiá, em Ananindeua, composto por dois poços profundos. Fonte: COSANPA. ....	24
Figura 17 – (a) Vazamento em registro gaveta no 13º Setor e (b) registro rompido da adutora de água tratada do 5º Setor da COSANPA. Fonte: Veloso (2006). .....	25
Figura 18 – Estimativa da participação dos mananciais superficiais e subterrâneos na produção dos sistemas públicos de abastecimento de água, por município. ....	26
Figura 19 – Estimativa da participação dos mananciais superficiais e subterrâneos na produção dos sistemas públicos de abastecimento de água na área de estudo. ....	26
Figura 20 – Poços utilizados para abastecimento público em Ananindeua.....	28
Figura 21 – Poços utilizados para abastecimento público em Belém. ....	29
Figura 22 – Poços utilizados para abastecimento público em Benevides. ....	30
Figura 23 – Poços utilizados para abastecimento público em Marituba.....	31
Figura 24 – Poços utilizados para abastecimento público em Santa Bárbara do Pará.....	32
Figura 25 – Poços utilizados para abastecimento público em Santa Izabel do Pará.....	33
Figura 26 – Estimativa da demanda superficial e subterrânea da população não atendida por sistema público de abastecimento de água, por município. ....	36

Figura 27 – Estimativa da demanda superficial e subterrânea da população não atendida por sistema público de abastecimento de água na área de estudo. ....	36
Figura 28 – Localização das outorgas do setor industrial. Fonte: Cadastro de Outorgas (SEMAS/PA). ....	39
Figura 29 – Localização das outorgas de outros usuários. Fonte: Cadastro de Outorgas (SEMAS/PA). ....	40
Figura 30 – Estimativa da demanda superficial e subterrânea da indústria, por município. ....	42
Figura 31 – Estimativa da demanda superficial e subterrânea da indústria na área de estudo. ....	42
Figura 32 – Estimativa da demanda superficial e subterrânea para outros usos, por município. ....	43
Figura 33 – Estimativa da demanda superficial e subterrânea para outros usos na área de estudo ...	43
Figura 34 – Grau de dependência dos setores usuários em relação às águas subterrâneas.....	45
Figura 35 – Demandas totais, demandas subterrâneas e relação entre demanda subterrânea e total dos municípios da região de Belém.....	47
Figura 36 – índice de coleta e tratamento de esgoto. Fonte: ANA (2017).....	49
Figura 37 – ETE Sideral, em Belém. Fonte: Barbosa (2006).....	50
Figura 38 – ETE Coqueiro, em Belém. Fonte: PMB (2014).....	51
Figura 39 – ETE Vila da Barca, em Belém. Fonte: COSANPA.....	51
Figura 40 – Indicadores de atendimento dos serviços de esgotamento sanitário nas áreas urbanas da área de estudo. Fonte: ANA (2017).....	52
Figura 41 – Contaminação do solo e corpos hídricos devido à carência de saneamento básico em Belém e região .....	53
Figura 42 – Localização dos poços com valores de Nitrato acima do limite da Portaria nº 2914/2011 e densidade de empreendimentos com risco potencial de contaminação. ....	55
Figura 43 – Esquema metodológico utilizado para a estimativa do esgoto gerado e da recarga relativa à vazamentos na rede de coleta e infiltração através de soluções individuais.....	56
Figura 44 – Esquema metodológico adotado para o cálculo das recargas nas áreas urbanas, sob influência da impermeabilização do solo. ....	62
Figura 45 – Taxa de permeabilidade nas áreas edificadas, por setor censitário. ....	63
Figura 46 – Distribuição da recarga na área de estudo antes e após a impermeabilização do solo ....	64
Figura 47 – Perdas físicas na rede de distribuição de água para abastecimento público.....	66
Figura 48 – Perdas na rede coletora de esgoto e infiltração das fossas e sumidouros .....	67
Figura 49 – Projeção da população atendida por sistema público de abastecimento, por município...	74
Figura 50 – Projeção da população não atendida por sistema público de abastecimento, por município .....	75
Figura 51 – Projeção da quantidade de água a ser produzida pelos sistemas públicos de abastecimento .....	77
Figura 52 – Projeção das perdas nos sistemas público de abastecimento .....	78
Figura 53 – Projeção da participação de mananciais subterrâneos na produção de água para abastecimento público .....	80

Figura 54 – Projeção da demanda hídrica para a população urbana não atendida por sistema público de abastecimento.....	81
Figura 55 – Projeção da demanda hídrica para a população rural não atendida por sistema público de abastecimento .....	82
Figura 56 – Projeção da demanda hídrica subterrânea para a população total não atendida por sistema público de abastecimento.....	83
Figura 57 – Evolução e Projeção do VAB Industrial, por município. ....	85
Figura 58 – Projeção da demanda hídrica da indústria. ....	86
Figura 59 – Projeção da demanda hídrica de outros usuários.....	87
Figura 60 – Projeção da demanda hídrica subterrânea da indústria.....	88
Figura 61 – Projeção da demanda hídrica subterrânea de outros usuários. ....	89
Figura 62 – Projeção do esgoto gerado.....	91
Figura 63 – Projeção da infiltração através das fossas e sumidouros .....	92
Figura 64 – Projeção da infiltração devido às perdas na rede de esgoto.....	93
Figura 65 – Projeção da recarga relativa ao esgotamento sanitário .....	94

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Operadores dos serviço de abastecimento público de água. ....	11
Quadro 2 – Indicadores sobre abastecimento de água dos municípios da área de estudo.....	11
Quadro 3 – Estimativa da produção total e perdas na distribuição dos sistemas públicos de abastecimento de água.....	25
Quadro 4 – População atendida e não atendida por sistema público de abastecimento.....	34
Quadro 5 – Estimativa da demanda da população urbana e rural não atendida por sistema público de abastecimento de água.....	34
Quadro 6 – Distribuição das fontes alternativas de abastecimento em superficial e subterrânea.....	35
Quadro 7 – Estimativa da demanda total, superficial e subterrânea da população não atendida por sistema público de abastecimento de água.....	35
Quadro 8 – Número de processos e vazão outorgada para o setor industrial.....	41
Quadro 9 – Número de processos e vazão outorgada para outros usuários.....	41
Quadro 10 – Estimativa da demanda total de água nos municípios da área de estudo.....	44
Quadro 11 – Estimativa da demanda de água subterrânea nos municípios da área de estudo.....	44
Quadro 12 – Prestadores de serviço de esgotamento sanitário.....	48
Quadro 13 – Indicadores de atendimento dos serviços de esgotamento sanitário.....	49
Quadro 14 – Informações sobre as ETEs do município de Belém.....	50
Quadro 15 – Produção e destinação final do esgoto doméstico na região de Belém.....	57
Quadro 16 – Estimativa da recarga urbana relativa ao esgotamento sanitário na região de Belém.....	58
Quadro 17 – Aporte potencial de DBO ao aquífero Barreiras na região de Belém.....	59
Quadro 18 – Aporte potencial de Nitrogênio ao aquífero Barreiras na região de Belém.....	59
Quadro 19 – Aporte potencial de Fósforo ao aquífero Barreiras na região de Belém.....	59
Quadro 20 – Densidade habitacional e área impermeável.....	61
Quadro 21 – Recarga e poluentes associados.....	69
Quadro 22 – Índices de cobertura com abastecimento público de água adotados em cada horizonte temporal.....	72
Quadro 23 – Índices de perdas na rede de distribuição de água adotados em cada horizonte temporal.....	72
Quadro 24 – Evolução e projeção da população total, por município.....	73
Quadro 25 – Taxas geométricas de crescimento da população total, por município.....	73
Quadro 26 – Projeção da população atendida por sistema público de abastecimento, por município.....	74
Quadro 27 – Projeção da população não atendida por sistema público de abastecimento, por município.....	75
Quadro 28 – Projeção da quantidade de água a ser produzida pelos sistemas públicos de abastecimento.....	77
Quadro 29 – Projeção das perdas nos sistemas público de abastecimento.....	78



Quadro 30 – Projeção da participação de mananciais subterrâneos na produção de água para abastecimento público .....	80
Quadro 31 – Projeção da demanda hídrica para a população urbana não atendida por sistema público de abastecimento.....	81
Quadro 32 – Projeção da demanda hídrica para a população rural não atendida por sistema público de abastecimento .....	82
Quadro 33 – Projeção da demanda hídrica subterrânea para a população total não atendida por sistema público de abastecimento.....	83
Quadro 34 – Evolução e projeção do VAB Industrial, por município.....	84
Quadro 35 – Projeção da demanda hídrica da indústria .....	86
Quadro 36 – Projeção da demanda hídrica de outros usuários.....	87
Quadro 37 – Projeção da demanda hídrica subterrânea da indústria .....	88
Quadro 38 – Projeção da demanda hídrica subterrânea de outros usuários .....	88
Quadro 39 – Índices de coleta de esgoto adotados em cada horizonte temporal .....	90
Quadro 40 – Índices de cobertura com fossas sépticas e sumidouros adotados em cada horizonte temporal .....	90
Quadro 41 – índice da população sem qualquer tipo de solução para o esgoto adotados em cada horizonte temporal .....	90
Quadro 42 – Projeção do esgoto gerado.....	91
Quadro 43 – Projeção da infiltração através das fossas e sumidouros.....	92
Quadro 44 – Projeção da infiltração devido às perdas na rede de esgoto .....	93
Quadro 45 – Projeção da recarga relativa ao esgotamento sanitário .....	94

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>ATIVIDADES RELATIVAS AO SUPRIMENTO E DEMANDA DE ÁGUA.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1</b>	<b>ABASTECIMENTO HUMANO.....</b>	<b>11</b>
2.1.1	<i>População atendida por Sistema Público .....</i>	<i>11</i>
2.1.2	<i>População não atendida por Sistema Público.....</i>	<i>34</i>
<b>2.2</b>	<b>INDÚSTRIA E OUTRAS ATIVIDADES.....</b>	<b>37</b>
<b>2.3</b>	<b>SÍNTESE DAS DEMANDAS .....</b>	<b>44</b>
<b>3</b>	<b>ATIVIDADES RELATIVAS AO ESGOTAMENTO SANITÁRIO .....</b>	<b>48</b>
<b>4</b>	<b>ATIVIDADES RELATIVAS À DRENAGEM URBANA.....</b>	<b>60</b>
<b>5</b>	<b>RECARGA URBANA E SEUS IMPACTOS NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....</b>	<b>65</b>
<b>6</b>	<b>AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES URBANAS EM UM CENÁRIO TENDENCIAL .....</b>	<b>71</b>
<b>6.1</b>	<b>ABASTECIMENTO HUMANO.....</b>	<b>71</b>
6.1.1	<i>População atendida por Sistema Público .....</i>	<i>76</i>
6.1.2	<i>Demanda da população não atendida por Sistema Público.....</i>	<i>80</i>
<b>6.2</b>	<b>INDÚSTRIA E OUTROS USUÁRIOS .....</b>	<b>84</b>
<b>6.3</b>	<b>ESGOTAMENTO SANITÁRIO .....</b>	<b>89</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>95</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Este Relatório Técnico Temático, “Impactos da urbanização nas águas subterrâneas da região de Belém” dos *Estudos Hidrogeológicos para a Gestão das Águas Subterrâneas da Região de Belém/PA*, com apresentação dos dados, metodologia e os resultados obtidos em relação a avaliação da urbanização e de outras atividades antrópicas impactantes nas águas subterrâneas de Belém, Ananindeua, Marituba, Santa Izabel do Pará e Santa Bárbara do Pará, nos seguintes temas:

*Atividades Relativas ao Suprimento e Demanda de Água:* efetua a descrição das infraestruturas hídricas que constituem os sistemas de abastecimento de água dos municípios da área de estudo, discute a eficiência e as perdas de água dos sistemas e estima a demanda de água atual para abastecimento humano, indústria e outros usuários.

*Atividades Relativas ao Esgotamento Sanitário:* efetua a caracterização do modelo de afastamento e destinação de esgotos nos municipais, estima o volume de esgoto produzido e realiza uma análise crítica da eficiência desses sistemas.

*Atividades Relativas à Drenagem Urbana:* debate os efeitos da supressão vegetal e da impermeabilização do solo nas áreas urbanas sobre a recarga dos aquíferos.

*Recarga urbana e seus impactos nas águas subterrâneas:* apresenta as definições, conceitos e premissas aplicados no desenvolvimento dos cálculos da recarga urbana, bem como as avaliações dos efeitos nas águas subterrâneas frente à variação do volume da recarga urbana.

*Atividades urbanas em um cenário tendencial:* avalia o impacto da urbanização nas águas subterrâneas nos horizontes de curto (2022), médio (2027) e longo prazo (2037), a partir de um cenário tendencial de crescimento econômico e populacional; e otimista relacionado aos serviços de saneamento básico.

## 2 ATIVIDADES RELATIVAS AO SUPRIMENTO E DEMANDA DE ÁGUA

Para a avaliação da exploração das águas subterrâneas nas áreas urbanas da região de Belém foi realizada uma estimativa da demanda de água necessária para abastecimento humano, industrial e de outros usos. Em relação ao abastecimento humano, a população dos municípios foi dividida em população atendida por sistema público e população não atendida. Dessa forma, foi realizada uma caracterização dos sistemas públicos de abastecimento de água existentes, com enfoque nas captações, produção de água e nas perdas físicas na rede de distribuição, uma vez que a água perdida retorna para o aquífero Barreiras.

Assim, o desenvolvimento deste item traz dois números importantes para este estudo: a demanda de água necessária para abastecimento da população e demais usuários de água, que permite calcular o volume de água explorada dos mananciais subterrâneos; e as perdas dos sistemas públicos na distribuição de água, que representam um volume de água que é recarregado diretamente para os aquíferos. Na Figura 1 pode ser visualizado o esquema metodológico adotado.

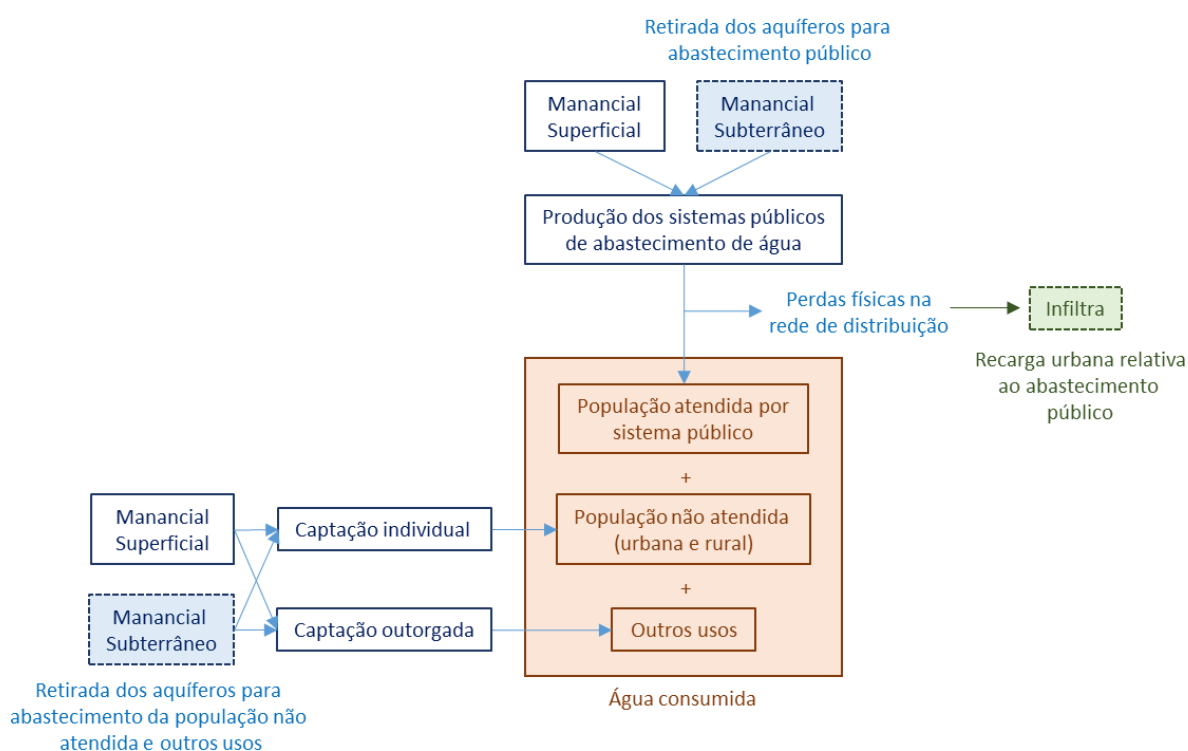


Figura 1 – Esquema metodológico utilizado para a estimativa da água explorada dos mananciais subterrâneos e das perdas dos sistemas públicos na distribuição de água.

## 2.1 ABASTECIMENTO HUMANO

### 2.1.1 População atendida por Sistema Público

O Quadro 1 apresenta os operadores dos serviços de abastecimento de água nos municípios da região de Belém. A COSANPA administra os serviços de água em Belém, Marituba e Ananindeua. Em Benevides e Santa Bárbara do Pará, os serviços são realizados pela prefeitura e em Santa Izabel do Pará, pelo SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgotos.

Quadro 1 – Operadores dos serviços de abastecimento público de água.

Município	Operador	Sigla do Operador
Ananindeua	Companhia de Saneamento do Pará	COSANPA
Belém	Companhia de Saneamento do Pará	COSANPA
Benevides	Prefeitura Municipal de Benevides	Prefeitura
Marituba	Companhia de Saneamento do Pará	COSANPA
Santa Bárbara do Pará	Prefeitura Municipal de Santa Bárbara do Pará	Prefeitura
Santa Izabel do Pará	Serviço Autônomo de Água e Esgotos	SAAE

As informações e indicadores dos sistemas de abastecimento de água foram obtidos a partir do Sistema Nacional de Informações em Saneamento – SNIS. A última versão publicada e utilizada no presente trabalho tem como referência os dados coletados em 2015. No entanto, para Benevides e Santa Izabel do Pará, o último ano com dados disponíveis é 2012 e 2011, respectivamente. Os indicadores dos municípios atendidos pela COSANPA foram atualizados no decorrer dos trabalhos com dados fornecidos pela companhia, conforme indicado em cinza no Quadro 2.

Quadro 2 – Indicadores sobre abastecimento de água dos municípios da área de estudo

Município	Medição			Consumo per capita de água (l/hab./dia)	Índice de atendimento total de água (%)	Índice de perdas na distribuição (%)	Índice de perdas no faturamento (%)
	Índice de hidrometração (%)	Índice de macromedição (%)	Índice de micromedição (%)				
Ananindeua	63,41	14,97	38,20	270,0	33,3	48,9	42,7
Belém	55,73	26,12	32,51	220,0	90,1	40,8	31,9
Benevides	0,00	0,00	0,00	49,0	47,7	30,2	30,2
Marituba	62,43	0,00	35,23	190,0	22,2	48,7	37,7
Santa Bárbara do Pará	0,00	0,00	0,00	294,6	60,1	0,0*	100,0
Santa Izabel do Pará	0,52	0,00	0,31	106,8	62,1	50,5	50,5

Fonte: SNIS (2011, 2012, 2015) e COSANPA (2018).

\* Valor não reflete a realidade operacional local. Substituído, no decorrer do trabalho, pela média do índice de perdas dos demais municípios da área de estudo (43,8%).

Dados atualizados sobre os serviços de água e esgoto foram solicitados para todas as prefeituras municipais e para a COSANPA através de ofícios e questionários protocolados junto à estes órgãos. Dentre as prefeituras, somente Marituba e Santa Izabel do

Pará enviaram parte das informações solicitadas. Santa Izabel do Pará enviou somente legislações referentes ao parcelamento do solo. Marituba enviou o cadastro dos sistemas de abastecimento de água, esgoto e drenagem, assim como projetos em andamento. A COSANPA enviou os indicadores dos serviços de água e esgoto dos municípios de Belém, Ananindeua e Marituba e informações relativas ao Complexo Bolonha e às Estações de Tratamento de Esgoto existentes. O cadastro de poços utilizados para abastecimento público contendo informações acerca da localização (coordenadas), produtividade (vazão), profundidade, aquífero explorado e outras informações pertinentes ao estudo não foi disponibilizado nem pelas prefeituras, nem pela COSANPA.

Em relação ao abastecimento público, a Figura 2 apresenta o percentual de cobertura dos serviços de abastecimento de água. Percebe-se que apenas na capital Belém, as redes de abastecimento público de água atendem grande parcela da população. Nos demais municípios o atendimento é muito baixo, fazendo com que mais da metade da população de Ananindeua, Benevides e Marituba, por exemplo, se utilize de soluções alternativas de abastecimento. Todos os municípios da área de estudo, com exceção de Belém, possuem índices de atendimento mais baixos do que a média nacional (83,3%). Os índices de Benevides, Santa Bárbara do Pará e Santa Izabel do Pará, no entanto, ainda são superiores ao índice médio do Estado do Pará (47,1%).

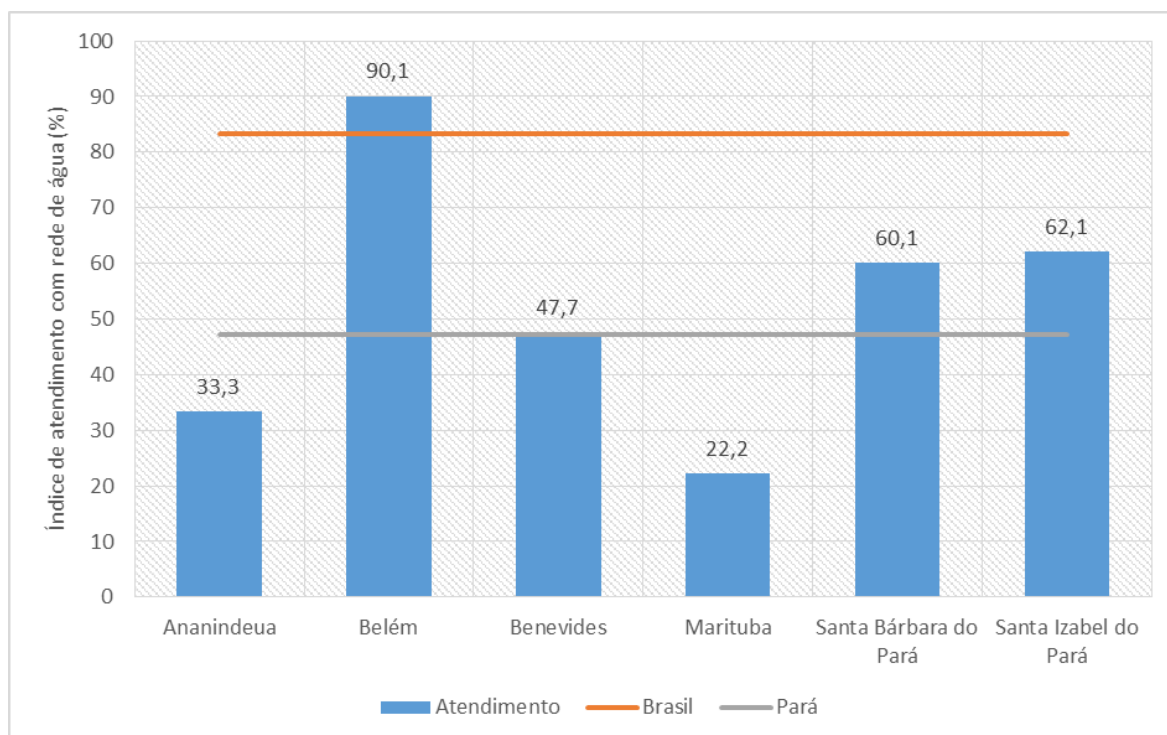


Figura 2 – Índice de atendimento total de água. Fonte: SNIS (2011, 2012, 2015) e COSANPA (2018).

O índice de cobertura ou de atendimento tem como objetivo medir o percentual de pessoas com acesso ao sistema público de abastecimento de água. Corresponde à população urbana que é efetivamente atendida com os serviços acrescida de outras populações atendidas localizadas em áreas não consideradas urbanas. Conforme o SNIS (2015), caso o prestador de serviços não disponha de procedimentos próprios para definir, de maneira precisa, essa população, o mesmo poderá estimá-la utilizando o produto da quantidade de economias residenciais ativas de água, multiplicada pela taxa média de habitantes por domicílio do respectivo município, obtida no último Censo ou Contagem de População do IBGE.

Outro tema relevante, no que diz respeito aos sistemas de abastecimento, corresponde às perdas físicas de água na distribuição. As perdas físicas se caracterizam como ineficiências técnicas e são inerentes a qualquer sistema de abastecimento de água. É um tema importante devido à escassez hídrica e aos altos custos de energia elétrica, além da sua relação com a saúde financeira dos prestadores de serviços. Pode-se afirmar que os sistemas de abastecimento de água sempre apresentam perdas; porém, quando elevadas, representam desperdício de recursos naturais, operacionais e de receita para o prestador de serviços. Dessa forma, os custos decorrentes das perdas físicas devem ser minimizados e estar sujeitos a gerenciamento apropriado (SNIS, 2015).

A Figura 3 apresenta o índice de perdas físicas na distribuição de água. Este índice **refere-se a toda água disponibilizada para distribuição, após tratamento, que não chega aos consumidores**. Essas perdas acontecem por vazamentos em adutoras, redes, ramais, conexões, reservatórios e outras unidades operacionais do sistema. Elas compreendem principalmente os vazamentos em tubulações da rede de distribuição, provocados especialmente pelo excesso de pressão. Os vazamentos também estão associados à qualidade dos materiais utilizados, à idade das tubulações, à qualidade da mão-de-obra e à ausência de programas de monitoramento de perdas, dentre outros fatores (SNIS, 2015).

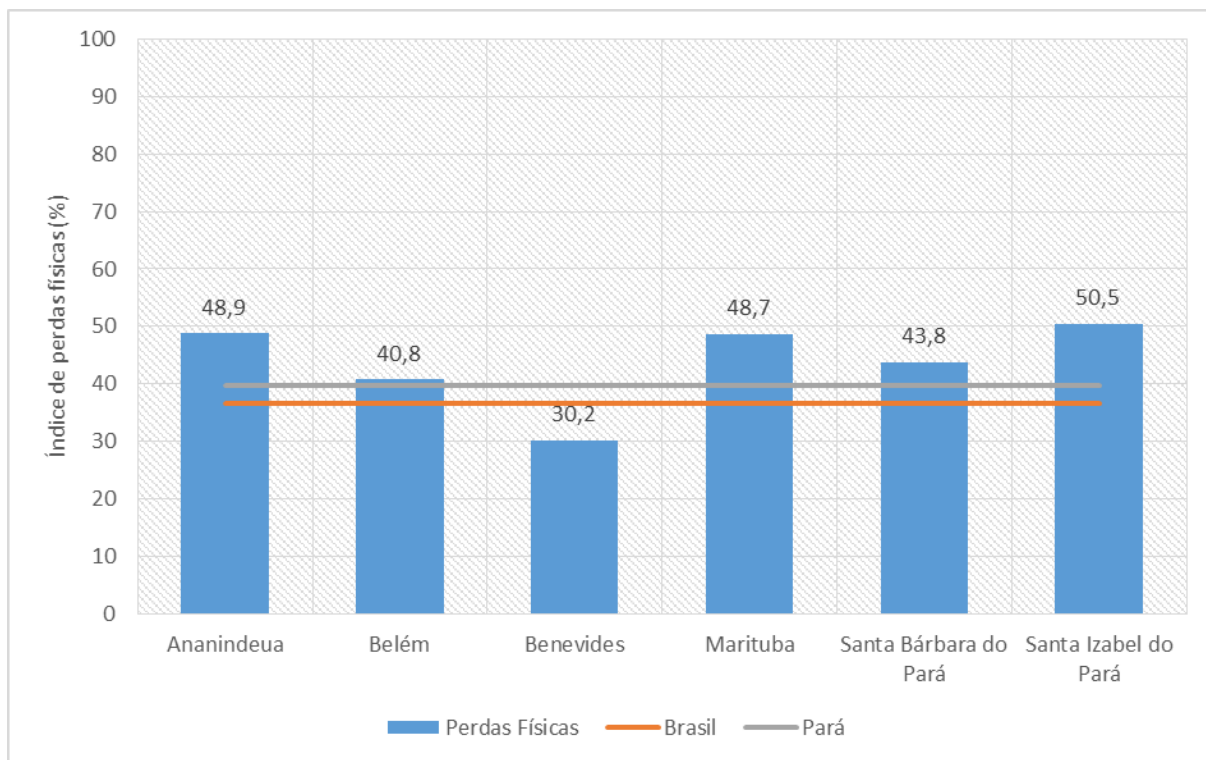


Figura 3 – Índice de perdas na distribuição de água. Fonte: SNIS (2011, 2012, 2015) e COSANPA (2018).

O índice de perdas físicas na distribuição não deve ser confundido com o índice de perdas no faturamento. O índice de perdas no faturamento **refere-se ao volume de água que foi efetivamente consumido pelos usuários, mas que, por algum motivo, não foi medido ou contabilizado**, gerando perda de faturamento ao prestador de serviços. São falhas decorrentes de erros de medição, fraudes, ligações clandestinas, *by pass* irregulares nos ramais das ligações, dentre outras situações (SNIS, 2015). Essa distinção é importante pois as ferramentas para a gestão e para o combate a cada uma das tipologias diferem sobremaneira.

Conforme pode-se observar na Figura 3, na maioria dos municípios, o índice de perdas físicas é superior ao índice médio do Brasil (36,7%) e ao índice médio do estado do Pará (39,7%). Ressalta-se que o índice de perdas físicas de Santa Bárbara do Pará, dado como nulo no SNIS, foi substituído pela média do índice de perdas dos demais municípios da área de estudo (43,8%). Um índice de perdas nulo pode ocorrer devido a falhas nos controles operacionais (falta de macro e micromedição), gerando índices de perdas que não refletem a realidade operacional dos sistemas.



Em relação aos sistemas de abastecimento de água, o Complexo Bolonha é o único sistema público de abastecimento, localizado na região de estudo, que utiliza água de mananciais superficiais para tratamento e distribuição. Os demais sistemas públicos são todos isolados, e se caracterizam, em sua maioria, por captações em poços tubulares profundos.

Os principais mananciais superficiais do Complexo Bolonha são o rio Guamá (Figura 4), o lago Água Preta (Figura 5) e o lago Bolonha (Figura 6). Os lagos Água Preta (10.000.000 m<sup>3</sup>) e Bolonha (2.000.000 m<sup>3</sup>) foram formados por meio da construção de barragens. O primeiro é resultante do represamento do rio Água Preta, e o segundo foi constituído pelo represamento dos rios Bolonha-Catú e Utinga. Esses lagos são reforçados pelo sistema adutor que transporta água desde o rio Guamá (PMB, 2014). Atualmente, segundo informações da COSANPA (2018), são captados 3,20 m<sup>3</sup>/s no rio Guamá para reforço dos lagos Água Preta e Bolonha.



Figura 4 – Captação de água no rio Guamá para reforço dos lagos Água Preta e Bolonha.



Figura 5 – Lago Água Preta. Fonte: Portal ORM



Figura 6 – Lago Bolonha.

Esses mananciais estão todos inseridos no Parque Estadual do Utinga, importante Unidade de Conservação com área aproximada de 1.340 ha, criada com o objetivo de proteger os lagos contra alterações antrópicas que possam prejudicar a qualidade de suas águas e preservar ecossistemas naturais de grande relevância ecológica, além de estimular a realização de pesquisas científicas e incentivar o desenvolvimento de atividades de educação ambiental, incluindo o turismo ecológico.

A água distribuída para tratamento é captada no lago Bolonha (Figura 7). Essa água é então levada para tratamento em três ETAs: ETA Bolonha, ETA Utinga – São Brás e ETA Utinga – 5º Setor. Conforme informações fornecidas pela COSANPA (2018), a capacidade nominal das ETAs é de 6,4 m<sup>3</sup>/s, 1,2 m<sup>3</sup>/s e 0,7 m<sup>3</sup>/s, respectivamente, mas atualmente são produzidos para distribuição 2,90 m<sup>3</sup>/s.



Figura 7 – Vertedor de água no lago Bolonha.



Figura 8 – ETA Bolonha.



Figura 9 – ETA Bolonha.

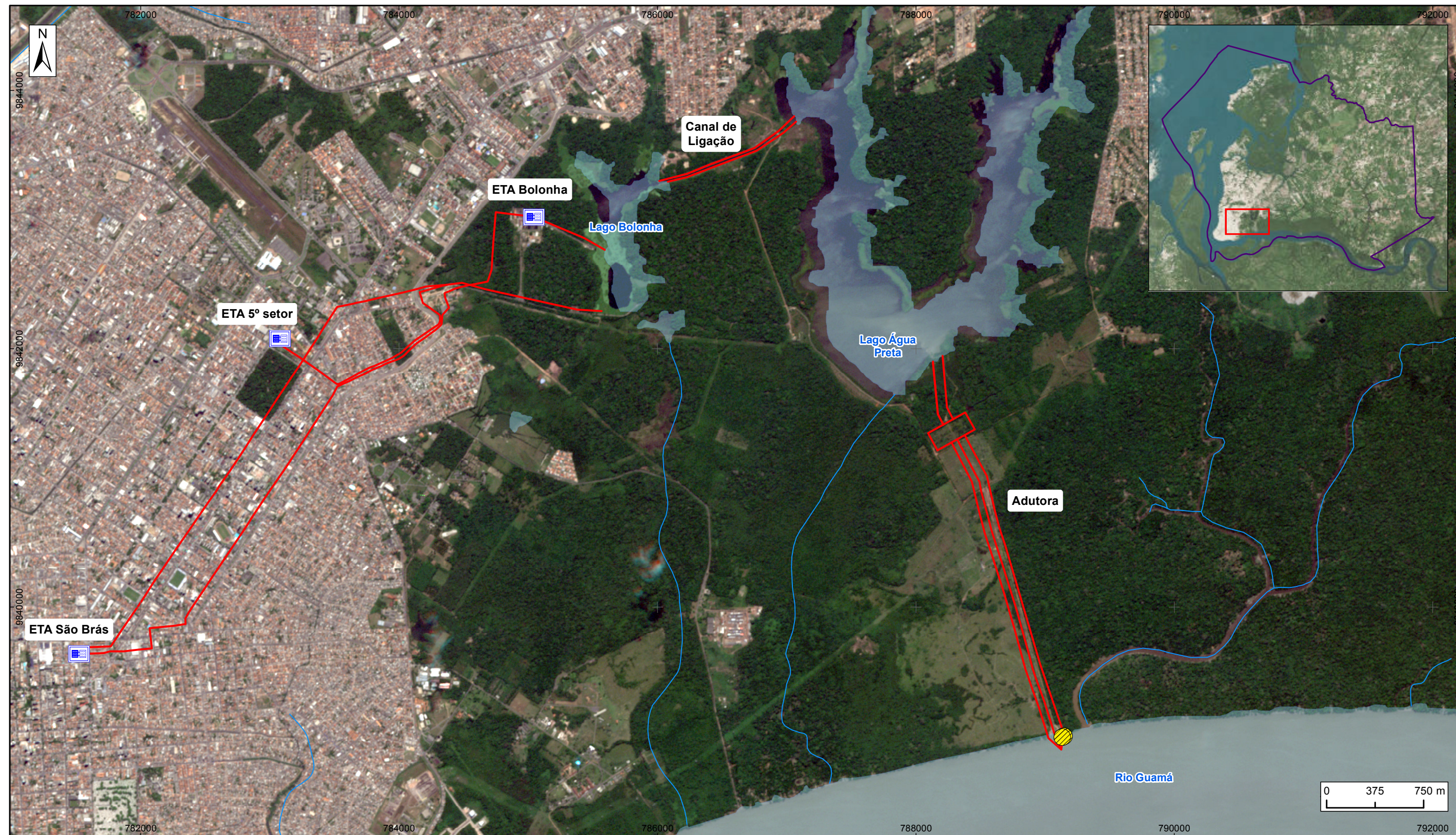


Figura 10 – Reservatório São Brás.








Figura 11 – ETA e Reservatório Elevado 5º Setor.

A Figura 12 apresenta a localização da captação no rio Guamá e a localização dos lagos Água Preta e Bolonha, assim como as adutoras de água bruta e as Estações de Tratamento de Água – ETAs do Complexo Bolonha. A água tratada nas ETAs São Brás e 5º Setor são distribuídas em sua totalidade para a região central de Belém. Já, a água tratada na ETA Bolonha é distribuída entre Belém e Ananindeua. Dos 2,90 m<sup>3</sup>/s atualmente produzidos pelo Complexo Bolonha, estima-se, proporcionalmente à população total atendida e ao consumo médio per capita de cada município, que 0,30 m<sup>3</sup>/s são distribuídos para Ananindeua e 2,60 m<sup>3</sup>/s são distribuídos para Belém.



**LEGENDA**

-  Estação de tratamento de água
-  Captação
-  Estruturas
-  Hidrografia
-  Área de Estudo

**Figura 12 – Complexo Bolonha (ETAs Bolonha, São Brás e 5º Setor)**



**ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A  
GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS  
DA REGIÃO DE BELÉM/PA**

Fonte: Hidrografia: CPRM. Captação: SEMAS/PA

Sistema de Coordenadas:	UTM
Datum Horizontal:	SIRGAS 2000
Unidade:	Metros
Fiscalização:	ANA
Data:	Junho/2018
Arquivo:	Figura_12_Sistema_Abastecimento_Belem_A3
Escala:	1:30.000

Na Figura 13 podem ser visualizadas as regiões de Belém, Ananindeua e Marituba atendidas com água superficial e subterrânea.

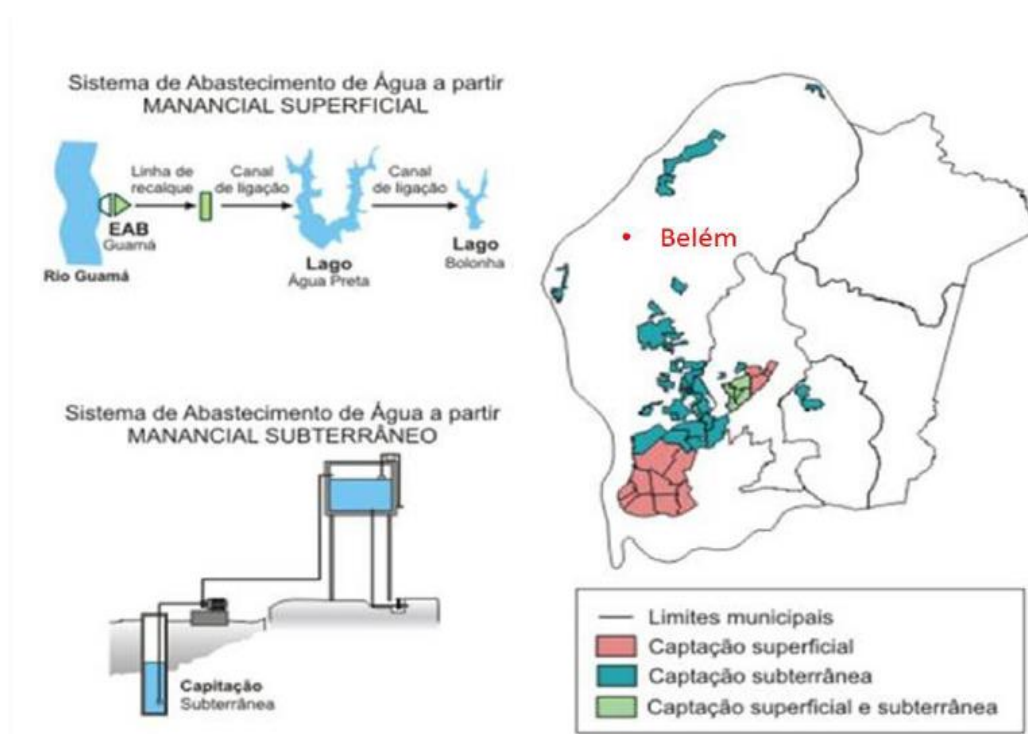


Figura 13 – Mananciais de captação de água em Belém, Ananindeua e Marituba. Fonte: PMB (2014).

Em Belém, considerando o índice de cobertura dos serviços de água, o consumo médio *per capita* e os índices de perdas na rede de distribuição informados pela COSANPA (2018), estima-se que sejam produzidos atualmente 5,63 m<sup>3</sup>/s de água tratada para abastecimento da população servida com rede. Dos 5,63 m<sup>3</sup>/s, 2,60 m<sup>3</sup>/s são provenientes do Complexo Bolonha (mananciais superficiais) e o restante (3,03 m<sup>3</sup>/s), portanto, é proveniente de mananciais subterrâneos.

Em relação às captações subterrâneas, segundo dados de PMB (2014), em Belém a água é captada por meio de poços tubulares com capacidade que variam de 60 a 360 m<sup>3</sup>/h. A água subterrânea é explorada principalmente do aquífero Pirabas em razão do maior volume de produção de água e do menor teor de ferro. Nos poços com captação na Formação Barreiras e Pós Barreiras, em profundidades da ordem de 70 metros, o elevado teor de ferro na água, em alguns casos, exige a construção de estações de tratamento de água de desferrização.





Figura 14 – Sistema Isolado Sideral, em Belém, composto por três poços profundos. Fonte: COSANPA.



Figura 15 – Sistema Isolado Mata Fome I, em Belém, composto por um poço profundo. Fonte: PMB (2014).

Segundo Oliveira (2003), o sistema aquífero Pirabas é o mais explorado. A COSANPA constrói poços de até 280 m de profundidade, com vazões da ordem de 250 m<sup>3</sup>/h. O autor ainda observa que apesar dos baixos teores de ferro da água do aquífero Pirabas, problemas na construção de poços podem resultar na “contaminação” com água do Aquífero Barreiras, o que, naturalmente, ocasionaria aumento nas concentrações de ferro e exigiria tratamento da água antes da sua distribuição.

Em Ananindeua, o abastecimento público do município é realizado pela ETA Bolonha e por sistemas isolados de poços. Considerando o índice de cobertura dos serviços de água, o consumo médio *per capita* e os índices de perdas na rede de distribuição informados pela COSANPA (2018), estima-se que sejam produzidos atualmente 1,05 m<sup>3</sup>/s de água tratada para a atendimento da população servida com rede. Dos 1,05 m<sup>3</sup>/s captados, 0,30 m<sup>3</sup>/s são provenientes da ETA Bolonha e o restante, 0,75 m<sup>3</sup>/s, é proveniente de mananciais subterrâneos, extraídos através de poços profundos.



Figura 16 – Sistema Isolado Sabiá, em Ananindeua, composto por dois poços profundos.  
Fonte: COSANPA.

Nos demais municípios da região de estudo, o abastecimento público é realizado em sua totalidade por água subterrânea. Considerando um consumo médio *per capita* de 200 L/hab.dia e os índices de cobertura dos serviços de água e de perdas na rede de distribuição obtidos através do SNIS, estima-se que: em Benevides seja produzido para distribuição em torno de 0,10 m<sup>3</sup>/s; em Marituba, 0,12 m<sup>3</sup>/s; em Santa Bárbara do Pará, 0,05 m<sup>3</sup>/s; e em Santa Izabel do Pará, 0,20 m<sup>3</sup>/s (Figura 18).

No total, estima-se que a produção atual de água para distribuição à população com acesso à rede pública seja em torno de 7,15 m<sup>3</sup>/s, sendo 2,90 m<sup>3</sup>/s (41%) proveniente de mananciais superficiais e 4,25 m<sup>3</sup>/s (59%) proveniente de mananciais subterrâneos (Figura 19). Aplicando-se o índice de perdas físicas de cada município, tem-se que 3,02 m<sup>3</sup>/s de água são perdidos na distribuição antes de chegar às residências, água que deve retornar na forma de recarga aos aquíferos (Quadro 3).

Quadro 3 – Estimativa da produção total e perdas na distribuição dos sistemas públicos de abastecimento de água

Município	Abastecimento Público					
	População atendida (hab)	Produção Total (m <sup>3</sup> /s)	Manancial Superficial (m <sup>3</sup> /s)	Manancial Subterrâneo (m <sup>3</sup> /s)	Índice de perdas físicas (%)	Perdas (m <sup>3</sup> /s)
Ananindeua	171.847	1,05	0,30	0,75	48,90	0,51
Belém	1.308.500	5,63	2,60	3,03	40,80	2,30
Benevides	29.097	0,10	0,00	0,10	30,23	0,03
Marituba	28.384	0,12	0,00	0,12	48,70	0,06
Santa Bárbara do Pará	12.309	0,05	0,00	0,05	43,78	0,02
Santa Izabel do Pará	42.727	0,20	0,00	0,20	50,51	0,10
<b>Total</b>	<b>1.592.864</b>	<b>7,15</b>	<b>2,90</b>	<b>4,25</b>		<b>3,02</b>



(a)



(b)

Figura 17 – (a) Vazamento em registro gaveta no 13º Setor e (b) registro rompido da adutora de água tratada do 5º Setor da COSANPA. Fonte: Veloso (2006).

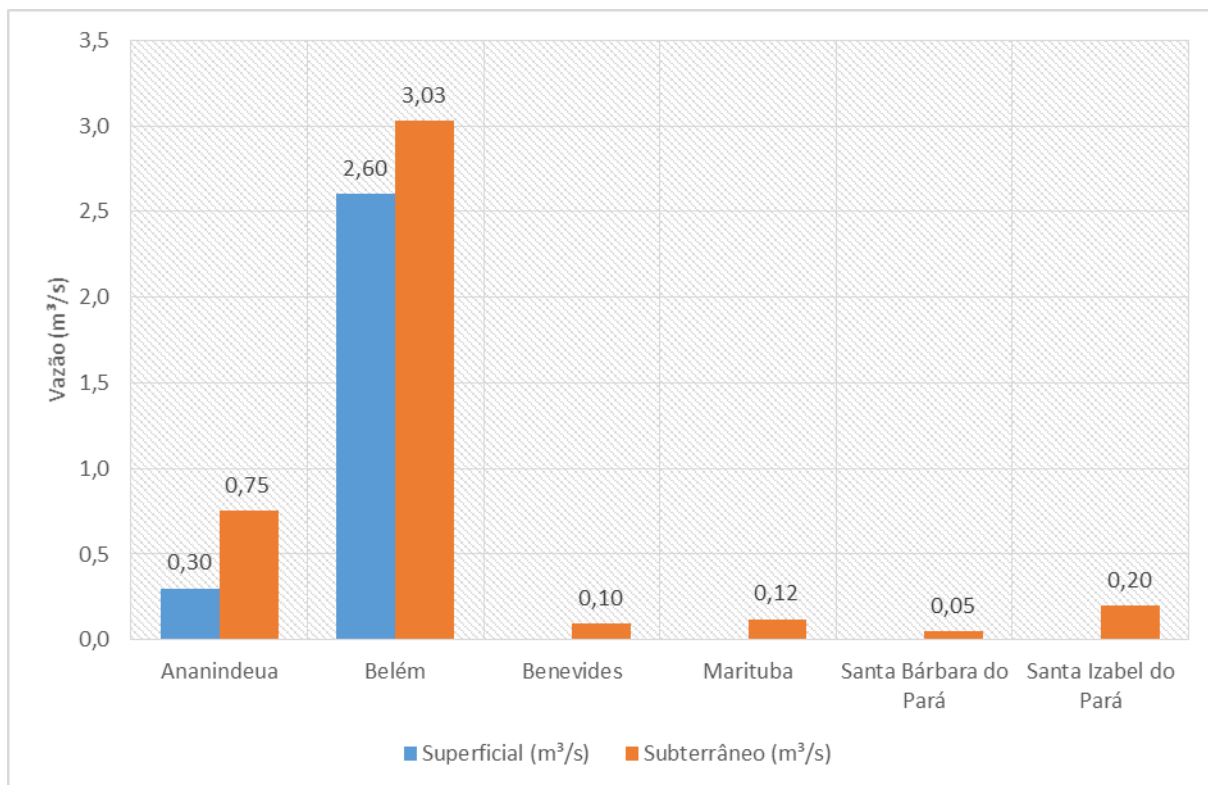


Figura 18 – Estimativa da participação dos mananciais superficiais e subterrâneos na produção dos sistemas públicos de abastecimento de água, por município.

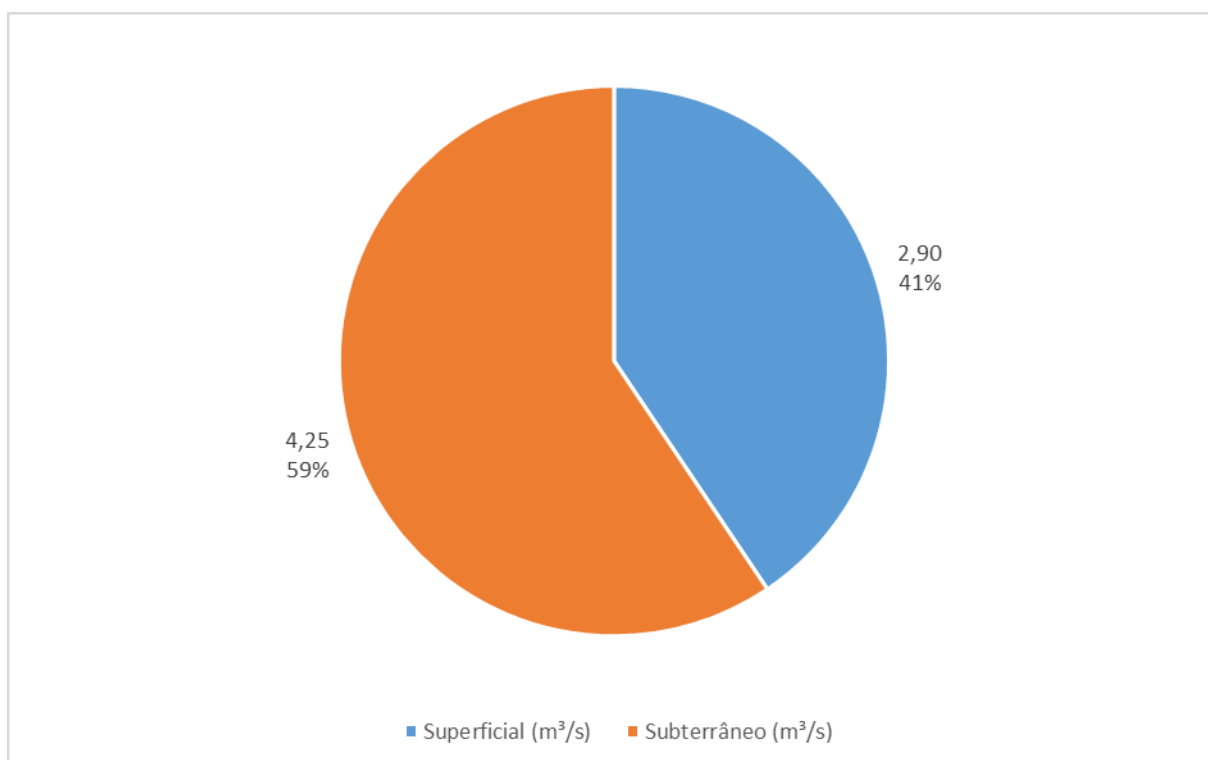
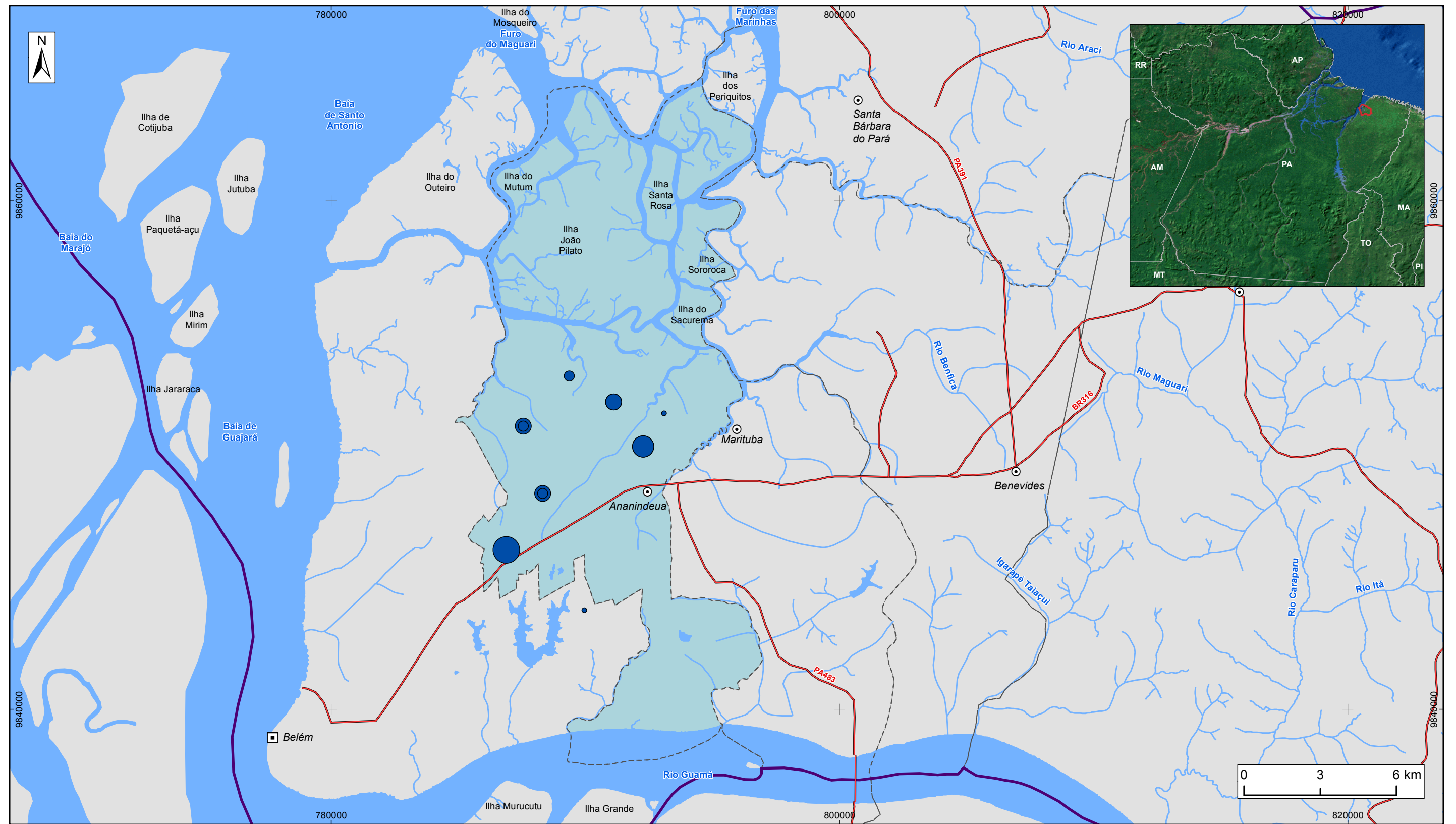


Figura 19 – Estimativa da participação dos mananciais superficiais e subterrâneos na produção dos sistemas públicos de abastecimento de água na área de estudo.

Da Figura 20 até a Figura 25 são apresentados os poços utilizados para abastecimento público em cada município da área de estudo, assim como uma indicação da vazão explorada. A localização de alguns poços de Ananindeua, Belém e Marituba foram enviados pela COSANPA (2018). Esses poços foram complementados com poços cadastrados em campo, poços constantes no SIAGAS em situação “Bombeando” e “Equipado” e poços do Cadastro de Outorgas da SEMAS. Para Belém, ainda foram incluídos poços constantes no Plano Municipal de Saneamento Básico (PMB,2014). Para os demais municípios (Benevides, Santa Bárbara do Pará e Santa Izabel do Pará) são apresentados apenas os poços constantes no cadastro do SIAGAS em situação “Bombeando” e “Equipado” e poços do Cadastro de Outorgas da SEMAS.



**LEGENDA**

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▣ Capital Estadual</li> <li>⊙ Sede Municipal</li> <li>~ Hidrografia</li> <li>— Rodovia</li> <li>☁ Massa d'água</li> <li>⊕ Área de Estudo</li> <li>- - - Limite municipal</li> </ul> | <p><b>Poços para abastecimento</b></p> <p><b>Vazão captada (m³/h)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 1 - 100</li> <li>● 101 - 170</li> <li>● 171 - 238</li> <li>● 239 - 300</li> <li>● 301 - 321</li> </ul> |
|--|---|

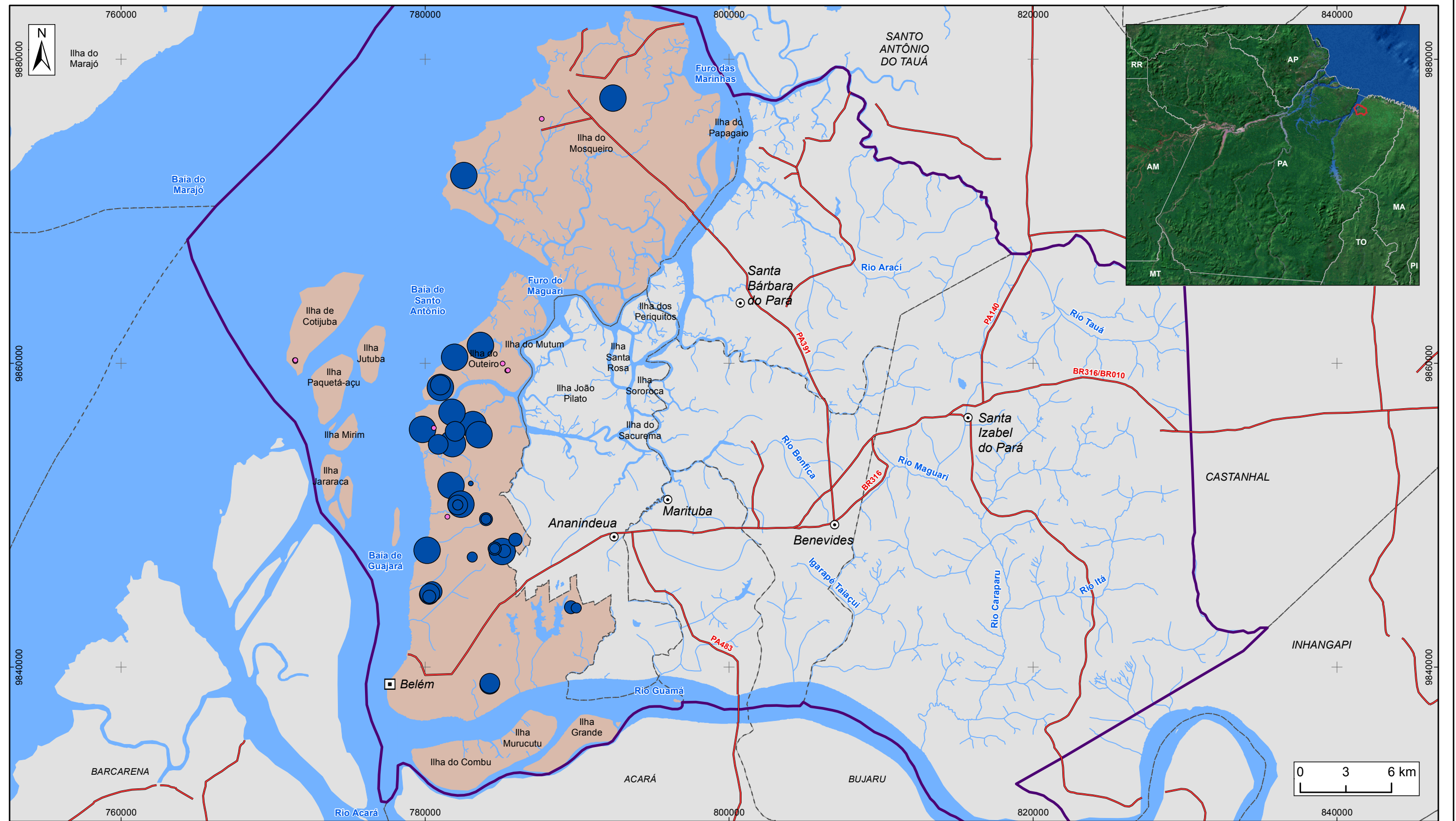
**Figura 20 – Poços utilizados para abastecimento público em Ananindeua**



**ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA**

Fonte: Rodovia: SEMAS/PA. Limites políticos: IBGE. Hidrografia: CPRM. Ilhas: Adaptado de SEMAS/PA. Captações para abastecimento: COSANPA, SEMAS/PA

Sistema de Coordenadas:	UTM
Datum Horizontal:	SIRGAS 2000
Unidade:	Metros
Fiscalização:	ANA
Data:	Junho/2018
Arquivo:	Figura_20_Captações_Abastecimento_Ananindeua_A3
Escala:	1:150.000



**LEGENDA**

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▣ Capital Estadual</li> <li>⊙ Sede Municipal</li> <li>~ Hidrografia</li> <li>— Rodovia</li> <li>Massa d'água</li> <li>Área de Estudo</li> <li>- - - Limite municipal</li> </ul> | <p><b>Poços para abastecimento</b></p> <p><b>Vazão captada (m³/h)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 70 - 115</li> <li>● 116 - 170</li> <li>● 171 - 238</li> <li>● 239 - 300</li> <li>● 301 - 350</li> </ul> <p>○ Poços para abastecimento sem informação de vazão</p> |
|--|--|

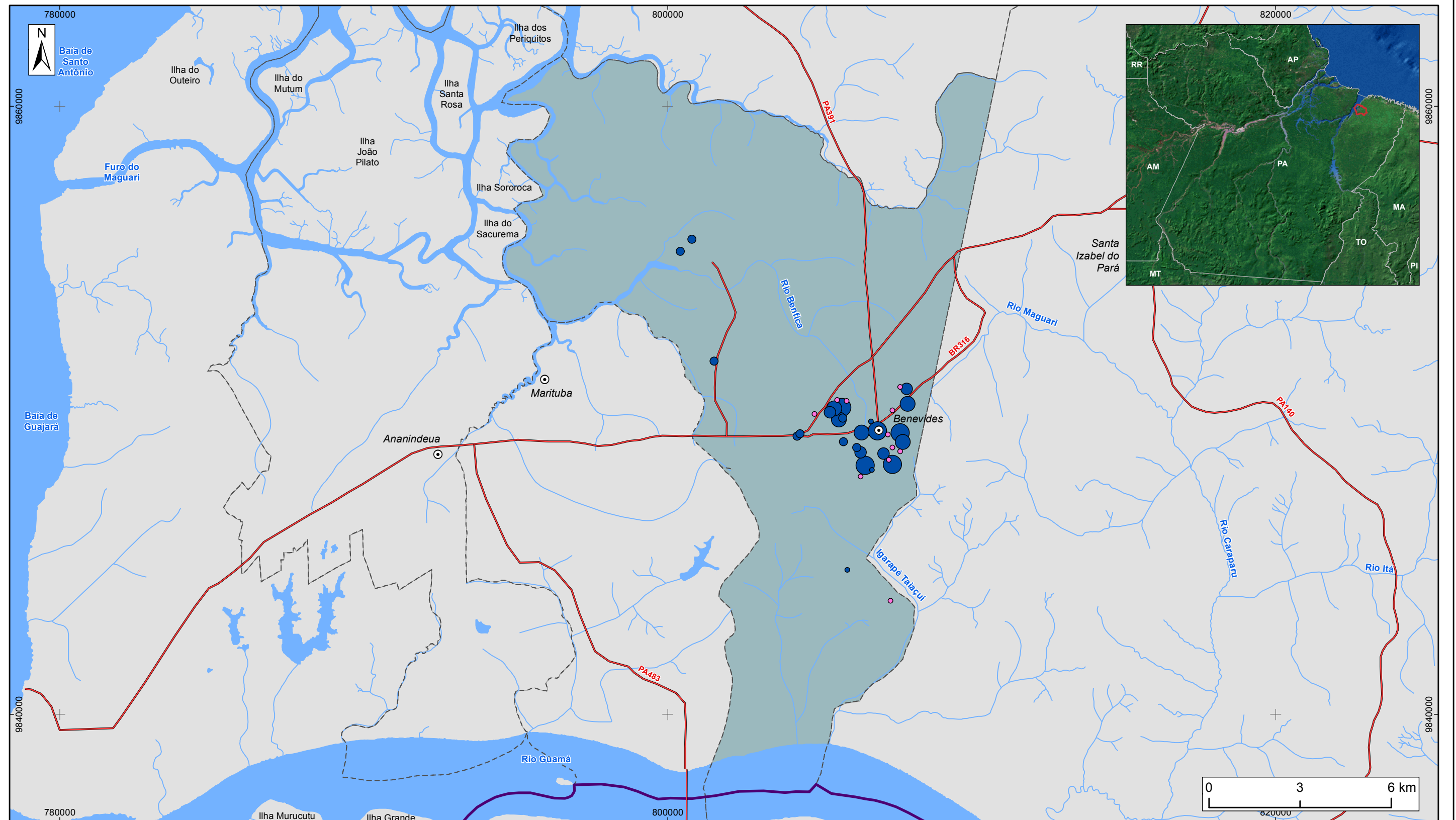
**Figura 21 – Poços utilizados para abastecimento público em Belém**



**ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA**

Fonte: Rodovia: SEMAS/PA. Limites políticos: IBGE. Hidrografia: CPRM. Ilhas: Adaptado de SEMAS/PA. Captações para abastecimento: COSANPA; SEMAS/PA

Sistema de Coordenadas:	UTM
Datum Horizontal:	SIRGAS 2000
Unidade:	Metros
Fiscalização:	ANA
Data:	Junho/2018
Arquivo:	Figura_21_Captações_Abastecimento_Belem_A3
Escala:	1:250.000



**LEGENDA**

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>☐ Capital Estadual</li> <li>⊙ Sede Municipal</li> <li>~ Hidrografia</li> <li>— Rodovia</li> <li>☪ Massa d'água</li> <li>⊕ Área de Estudo</li> <li>- - - Limite municipal</li> </ul> | <p><b>Poços para abastecimento</b></p> <p><b>Vazão captada (m³/h)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 5 - 6</li> <li>● 7 - 12</li> <li>● 13 - 15</li> <li>● 16 - 33</li> <li>● 34 - 46</li> <li>● Poços para abastecimento sem informação de vazão</li> </ul> |
|--|--|

**Figura 22 – Poços utilizados para abastecimento público em Benevides**

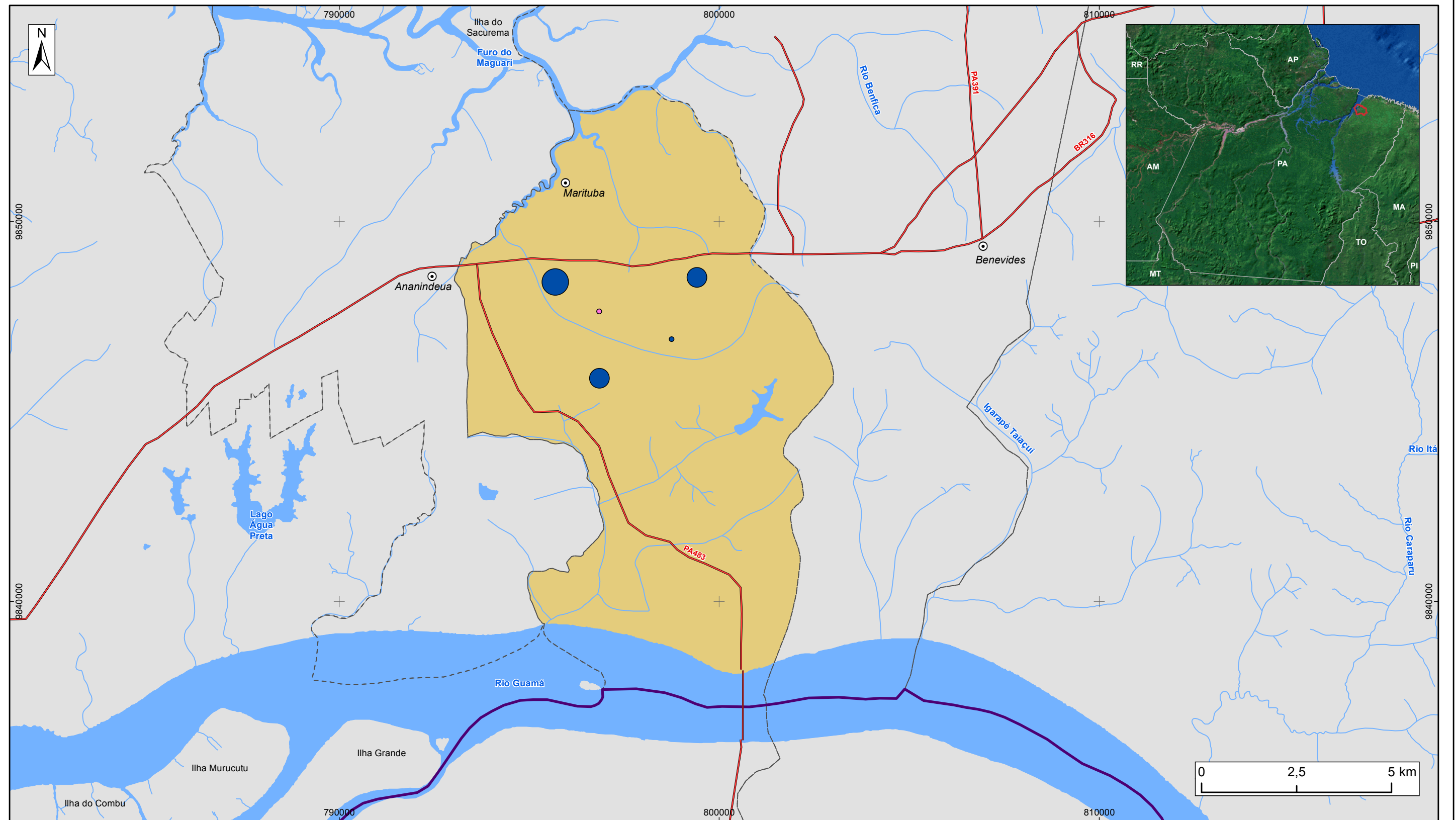


**ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA**

Fonte: Rodovia: SEMAS/PA. Limites políticos: IBGE. Hidrografia: CPRM. Ilhas: Adaptado de SEMAS/PA. Captações para abastecimento: SIAGAS

Sistema de Coordenadas:	UTM
Datum Horizontal:	SIRGAS 2000
Unidade:	Metros
Fiscalização:	ANA
Data:	Junho/2018
Arquivo:	Figura_22_Captações_Abastecimento_Benevides_A3
Escala:	1:125.000





**LEGENDA**

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▣ Capital Estadual</li> <li>⊙ Sede Municipal</li> <li>~ Hidrografia</li> <li>— Rodovia</li> <li>☁ Massa d'água</li> <li>⊕ Área de Estudo</li> <li>- - - Limite municipal</li> </ul> | <p><b>Poços para abastecimento</b></p> <p><b>Vazão captada (m³/h)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 60 - 115</li> <li>● 113 - 300</li> <li>● 301 - 324</li> <li>○ Poços para abastecimento sem informação de vazão</li> </ul> |
|--|--|

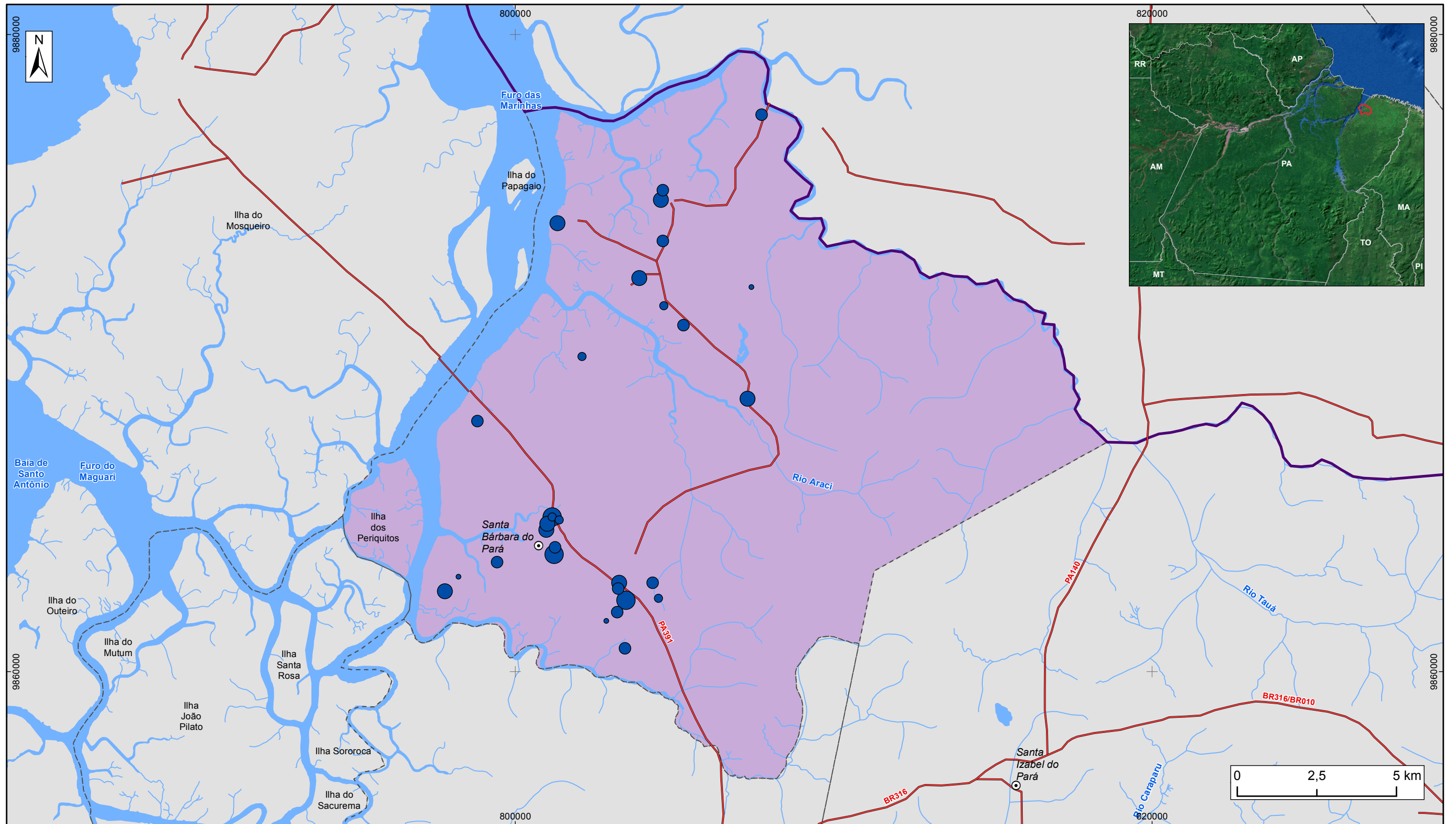
**Figura 23 – Poços utilizados para abastecimento público em Marituba**



**ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA**

Fonte: Rodovia: SEMAS/PA. Limites políticos: IBGE. Hidrografia: CPRM. Ilhas: Adaptado de SEMAS/PA. Captações para abastecimento: COSANPA

Sistema de Coordenadas:	UTM
Datum Horizontal:	SIRGAS 2000
Unidade:	Metros
Fiscalização:	ANA
Data:	Junho/2018
Arquivo:	Figura_23_Captações_Abastecimento_Marituba_A3
Escala:	1:100.000



**LEGENDA**

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>☐ Capital Estadual</li> <li>⊙ Sede Municipal</li> <li>~ Hidrografia</li> <li>— Rodovia</li> <li>☪ Massa d'água</li> <li>⊕ Área de Estudo</li> <li>- - - Limite municipal</li> </ul> | <p><b>Poços para abastecimento</b></p> <p><b>Vazão captada (m³/h)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 3 - 6</li> <li>● 7 - 12</li> <li>● 13 - 16</li> <li>● 17 - 25</li> <li>● 26 - 74</li> </ul> |
|--|--|

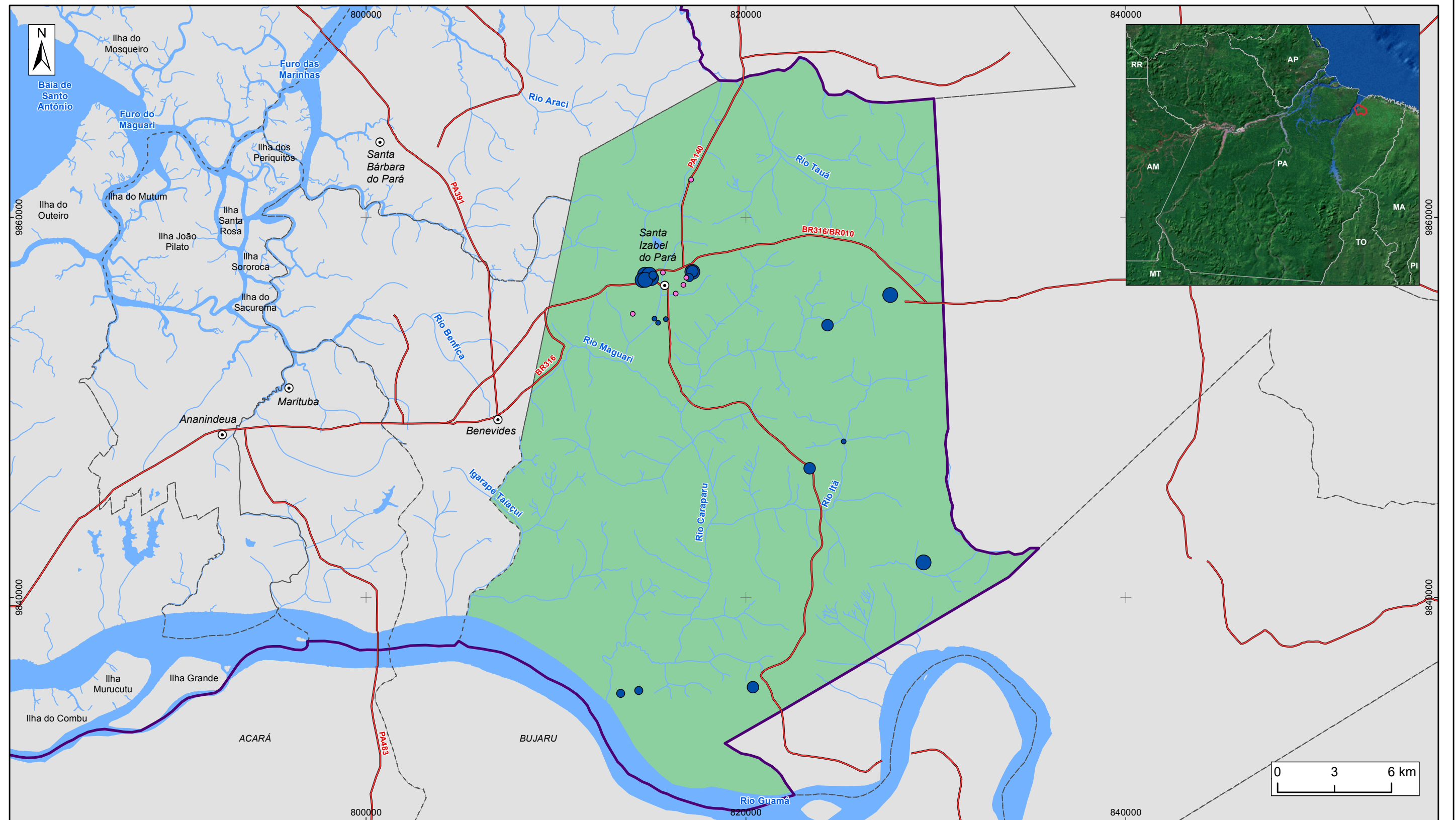
**Figura 24 – Poços utilizados para abastecimento público em Santa Bárbara do Pará**



**ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA**

Fonte: Rodovia: SEMAS/PA. Limites políticos: IBGE. Hidrografia: CPRM. Ilhas: Adaptado de SEMAS/PA. Captações para abastecimento: SIAGAS, SEMAS/PA

Sistema de Coordenadas:	UTM
Datum Horizontal:	SIRGAS 2000
Unidade:	Metros
Fiscalização:	ANA
Data:	Junho/2018
Arquivo:	Figura_24_Captações_Abastecimento_Santa_Barbara_A3
Escala:	1:120.000



**LEGENDA**

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>□ Capital Estadual</li> <li>⊙ Sede Municipal</li> <li>~ Hidrografia</li> <li>— Rodovia</li> <li>Massa d'água</li> <li>Área de Estudo</li> <li>- - - Limite municipal</li> </ul> | <p><b>Poços para abastecimento</b></p> <p><b>Vazão captada (m³/h)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 3 - 6</li> <li>● 7 - 12</li> <li>● 13 - 16</li> <li>● 17 - 25</li> <li>○ Poços para abastecimento sem informação de vazão</li> </ul> |
|--|---|

**Figura 25 – Poços utilizados para abastecimento público em Santa Izabel do Pará**



**ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA**

Fonte: Rodovia: SEMAS/PA. Limites políticos: IBGE. Hidrografia: CPRM. Ilhas: Adaptado de SEMAS/PA. Captações para abastecimento: SIAGAS

Sistema de Coordenadas:	UTM
Datum Horizontal:	SIRGAS 2000
Unidade:	Metros
Fiscalização:	ANA
Data:	Junho/2018
Arquivo:	Figura_25_Captações_Abastecimento_Santa_Izabel_A3
Escala:	1:200.000

### 2.1.2 População não atendida por Sistema Público

A população não atendida por sistema público de abastecimento foi subdividida em urbana e rural, uma vez que o consumo *per capita* de água da população urbana geralmente é mais elevado do que o da população rural. O Quadro 4 apresenta a distribuição da população nessas categorias, por município.

Quadro 4 – População atendida e não atendida por sistema público de abastecimento

Município	População Total (hab)	População Atendida (hab)	População Urbana Não Atendida (hab)	População Rural Não Atendida (hab)
Ananindeua	516.057	171.847	343.363	847
Belém	1.452.275	1.308.500	142.545	1.230
Benevides	60.990	29.097	17.852	14.041
Marituba	127.858	28.384	98.442	1.032
Santa Bárbara do Pará	20.492	12.309	2.606	5.577
Santa Izabel do Pará	68.836	42.727	18.879	7.230
<b>Total</b>	<b>2.246.508</b>	<b>1.592.864</b>	<b>623.687</b>	<b>29.957</b>

A demanda da população não atendida foi calculada em função do número de habitantes e do consumo médio *per capita*. Para a população urbana considerou-se um consumo médio *per capita*, igual a 200 l/hab.dia. Optou-se por não utilizar o consumo *per capita* de cada município, constante no SNIS, pois as informações encontradas apresentaram valores muito baixos, a exemplo do Município de Benevides, que exibe um valor de consumo médio *per capita* de 49 l/hab.dia. Para a população rural, adotou-se o consumo médio *per capita* recomendado pela Nota Técnica nº 56/2015/SPR (ANA, 2015), igual a 100 l/hab.dia. Dessa forma, o Quadro 5 apresenta a demanda da população não atendida por sistema público de abastecimento de água.

Quadro 5 – Estimativa da demanda da população urbana e rural não atendida por sistema público de abastecimento de água

Município	Urbana		Rural	
	População (hab)	Demanda (m³/s)	População (hab)	Demanda (m³/s)
Ananindeua	343.363	0,795	847	0,001
Belém	142.545	0,330	1.230	0,001
Benevides	17.852	0,041	14.041	0,016
Marituba	98.442	0,228	1.032	0,001
Santa Bárbara do Pará	2.606	0,006	5.577	0,006
Santa Izabel do Pará	18.879	0,044	7.230	0,008
<b>Total</b>	<b>623.687</b>	<b>1,444</b>	<b>29.957</b>	<b>0,035</b>

Conforme informações do Censo (IBGE, 2010), as principais fontes alternativas aos sistemas públicos de abastecimento, utilizadas pela população, são: poços ou nascente, carro-pipa, água da chuva armazenada em cisternas, água da chuva armazenada de outra forma, captações diretas em rios, açudes, lagos ou igarapés, dentre outros. Essas informações foram então agrupadas em superficial e subterrâneas, resultando nos percentuais apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 – Distribuição das fontes alternativas de abastecimento em superficial e subterrânea.

Município	Fontes alternativas subterrâneas (%) <sup>1</sup>	Fontes alternativas superficiais (%) <sup>2</sup>
Ananindeua	99%	1%
Belém	98%	2%
Benevides	98%	2%
Marituba	100%	0%
Santa Bárbara do Pará	91%	9%
Santa Izabel do Pará	95%	5%
<b>Total</b>	<b>98%</b>	<b>2%</b>

Fonte: IBGE (2010).

<sup>1</sup> Considera poços ou nascentes na propriedade e poços ou nascentes fora da propriedade.

<sup>2</sup> considera carro-pipa, água da chuva armazenada em cisterna, água da chuva armazenada de outra forma, rio, açude, lago ou igarapé e outras.

A partir dos resultados do Quadro 5 e Quadro 6, estima-se que a população sem acesso ao sistema público de abastecimento, demanda em torno de 1,48 m<sup>3</sup>/s, sendo que 98% (1,46 m<sup>3</sup>/s) são provenientes de mananciais subterrâneos e 2% (0,02 m<sup>3</sup>/s) são provenientes de mananciais superficiais conforme apresentado no Quadro 7 e Figura 27.

Quadro 7 – Estimativa da demanda total, superficial e subterrânea da população não atendida por sistema público de abastecimento de água

Município	Abastecimento Humano – População Não Atendida		
	Demanda (m <sup>3</sup> /s)	Superficial (m <sup>3</sup> /s)	Subterrâneo (m <sup>3</sup> /s)
Ananindeua	0,796	0,007	0,789
Belém	0,331	0,007	0,324
Benevides	0,058	0,001	0,056
Marituba	0,229	0,001	0,228
Santa Bárbara do Pará	0,012	0,001	0,011
Santa Izabel do Pará	0,052	0,003	0,049
<b>Total</b>	<b>1,478</b>	<b>0,020</b>	<b>1,458</b>

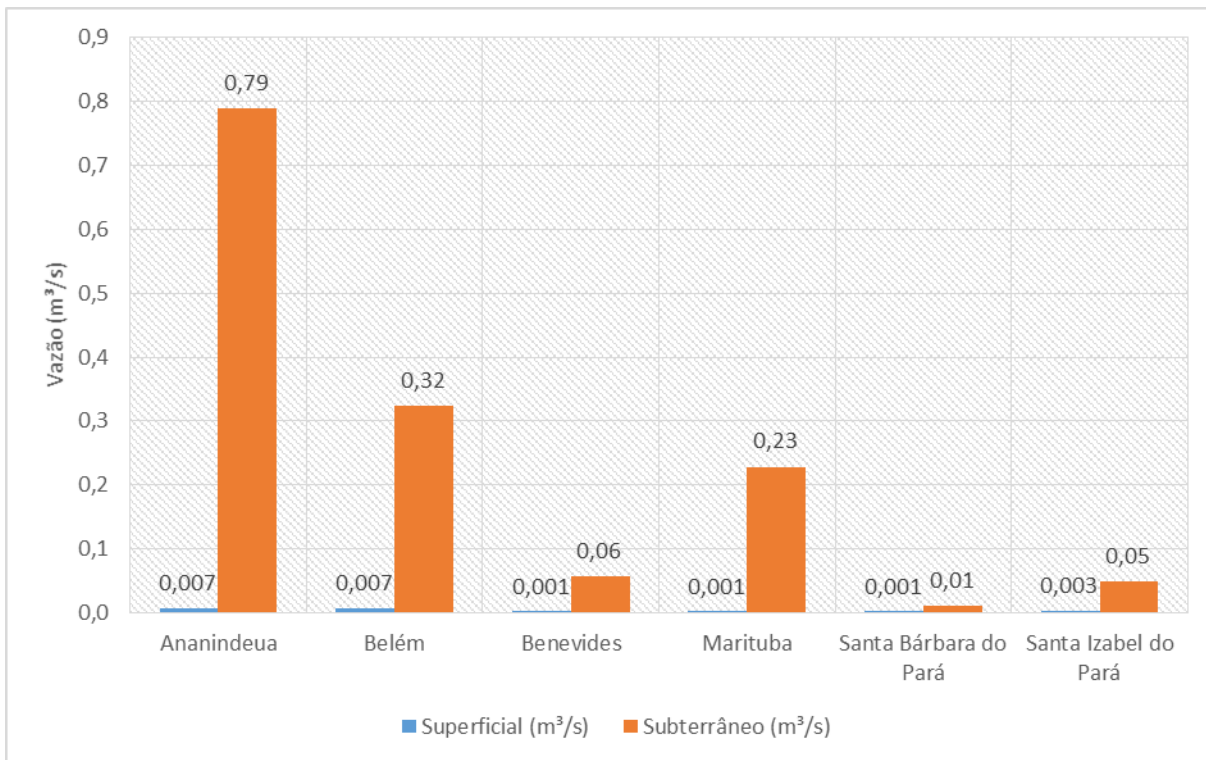


Figura 26 – Estimativa da demanda superficial e subterrânea da população não atendida por sistema público de abastecimento de água, por município.

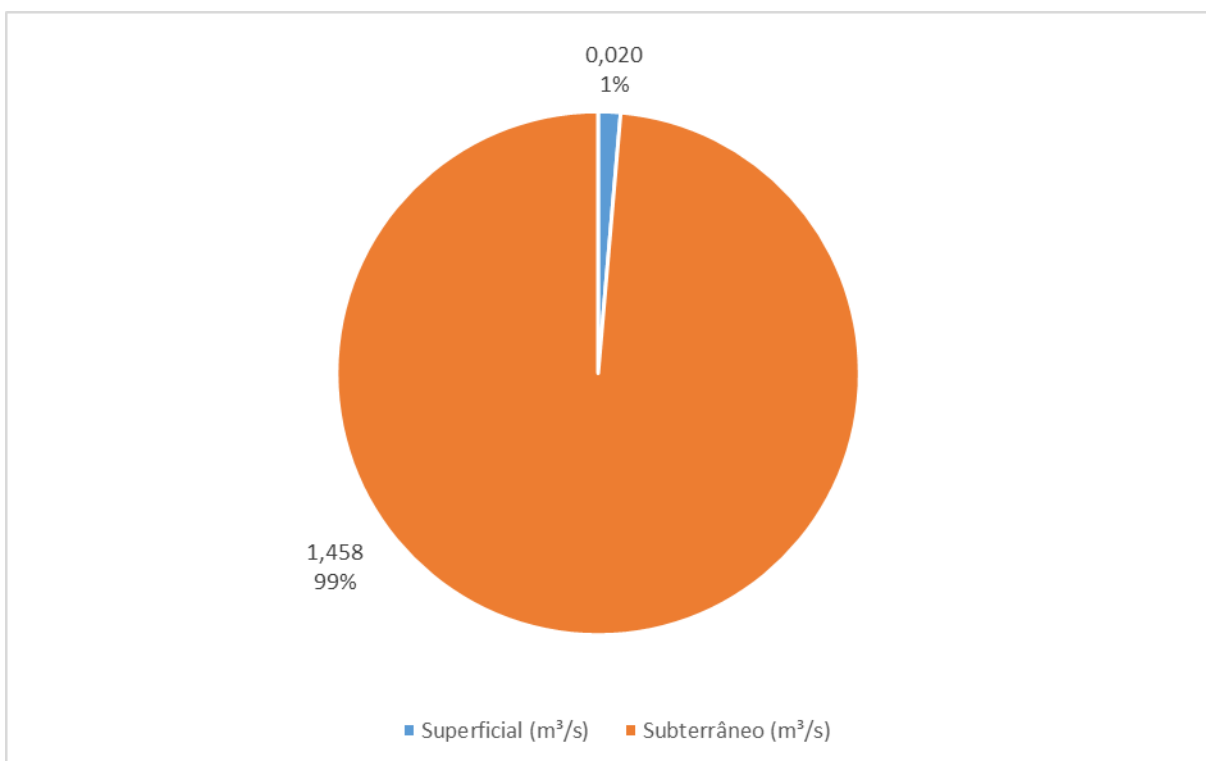


Figura 27 – Estimativa da demanda superficial e subterrânea da população não atendida por sistema público de abastecimento de água na área de estudo.

## 2.2 INDÚSTRIA E OUTRAS ATIVIDADES

O Pará possui quatro distritos industriais, distribuídos em áreas estratégicas do Estado (CODEC, 2017). Na área de estudo, encontram-se dois dos quatro distritos industriais: um na capital Belém (no distrito de Icoaraci) e um no município de Ananindeua. O Distrito Industrial de Icoaraci conta com 48 empresas em uma área de 205 hectares e dista aproximadamente 20 km do centro da capital. Já o distrito industrial de Ananindeua tem mais de 110 empresas em uma área de 457 hectares, no município de Ananindeua, vizinho à capital.

Dessa forma, devido à grande concentração de indústrias na região de estudo, foi avaliada a demanda de água superficial e subterrânea para esse setor e a demanda de água para outros usuários tais como lojas e/ou comércio, postos de combustíveis, hospitais, lava-jato, lavanderia, balneário e clubes, instituições de ensino, entre outros usuários que se utilizam de fontes próprias de água para seu abastecimento.

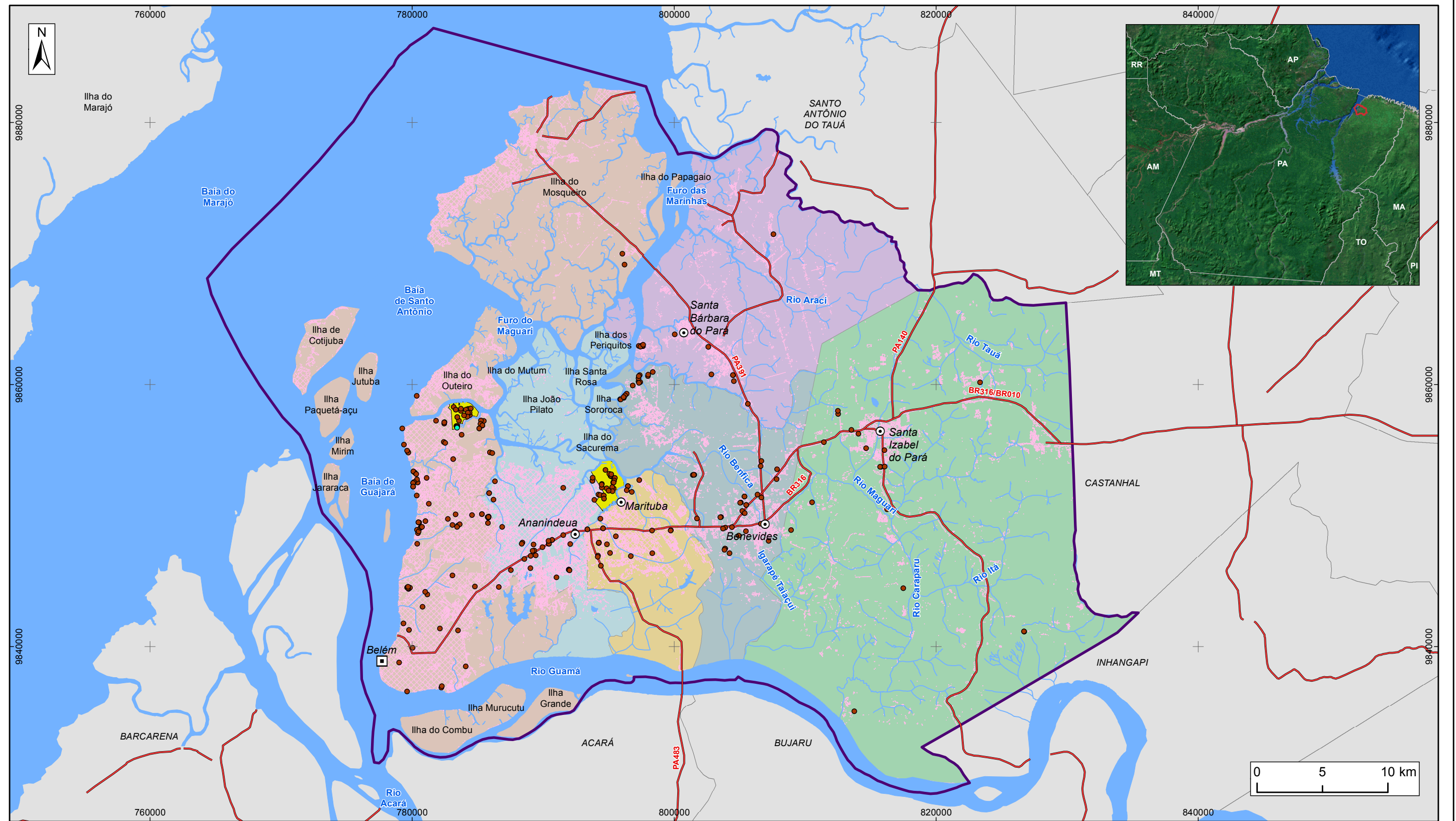
Para a avaliação da demanda industrial e de outros usuários foi utilizado o cadastro de outorgas da SEMAS/PA, o qual foi analisado minuciosamente, sendo eliminados os registros duplicados e aqueles identificados como *outliers*. Além disso, realizou-se uma padronização da coluna finalidade, na qual agrupou-se os usos “Industrial” e “Pesquisa Mineral” em uma única categoria denominada “Indústria” e os demais usos mencionados anteriormente em uma única categoria denominada “Outros”. A análise considerou somente os registros com outorga vigente.

Em relação às indústrias, conforme o cadastro de outorgas da SEMAS/PA, na área de estudo existem 301 processos de outorga vigentes, sendo 300 referente à captações subterrânea e um apenas referente à captação superficial. A Figura 28 apresenta a localização dos processos na área de estudo. Em Belém, percebe-se uma maior concentração dos processos no distrito industrial de Icoaraci, ao norte do município. Em Ananindeua, percebe-se uma maior concentração dos processos no distrito industrial, à leste do município; e ao longo da BR-316. No município de Benevides os processos estão localizados próximo ao centro urbano, e à noroeste do município, região composta em sua totalidade por indústrias de beneficiamento de madeira.

O parque industrial da área de estudo é diversificado com a maior parte das indústrias enquadradas nas seguintes tipologias: indústria de beneficiamento de madeira (marcenaria / moveleira) e indústria alimentícia e bebidas (refrigerantes e alcoólicas). Destaca-se o potencial poluidor dessas tipologias industriais, principalmente pelo nível de produção de efluentes líquidos.

Em relação aos demais usuários, conforme o cadastro de outorgas da SEMAS/PA, na área de estudo existem 473 processos de outorga vigentes para empreendimentos diversos, sendo 456 referente à captações subterrânea e 17 referente à captação superficial. Conforme pode-se visualizar na Figura 29, percebe-se uma maior concentração desses empreendimentos nos municípios de Belém e Ananindeua.





**LEGENDA**

- |                              |                         |
|------------------------------|-------------------------|
| ▣ Capital Estadual           | ■ Distrito industrial   |
| ⊙ Sede Municipal             | ▨ Área Edificada        |
| <b>Outorgas - Indústrias</b> | <b>Município</b>        |
| ● Superficial                | ■ Ananindeua            |
| ● Subterrânea                | ■ Belém                 |
| ~ Hidrografia                | ■ Benevides             |
| — Rodovia                    | ■ Marituba              |
| ☄ Massa d'água               | ■ Santa Bárbara do Pará |
| ⊕ Área de Estudo             | ■ Santa Izabel do Pará  |

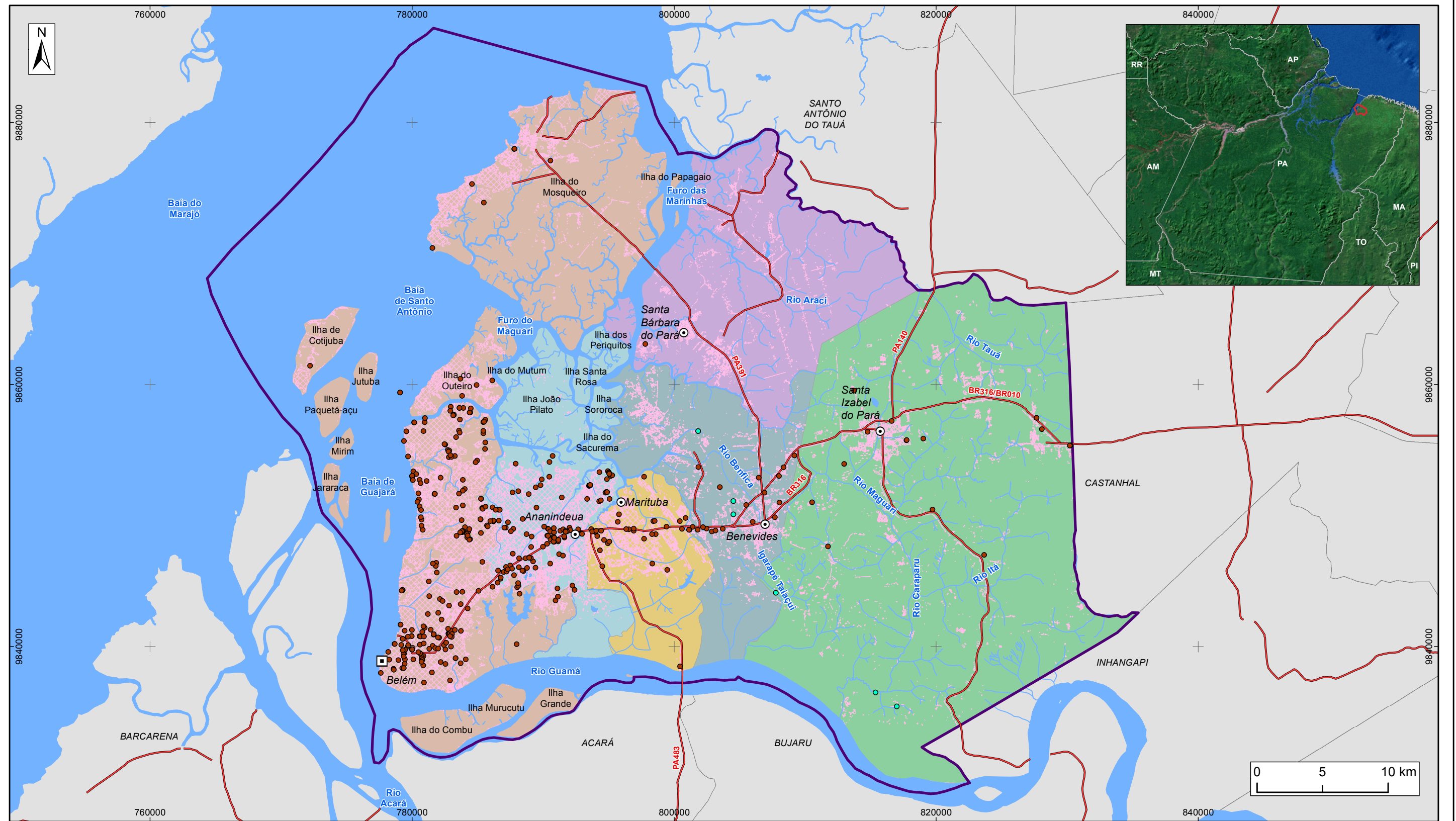
**Figura 28 – Localização das outorgas do setor industrial**



**ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA**

Fonte: Limites políticos: IBGE. Hidrografia: CPRM.  
Ilhas: adaptado de SEMAS/PA. Área Edificada: ANA/Profill  
Cadastro de outorgas: SEMAS/PA

Sistema de Coordenadas:	UTM
Datum Horizontal:	SIRGAS 2000
Unidade:	Metros
Fiscalização:	ANA
Data:	Junho/2018
Arquivo:	Figura_28_Localizacao_outorgas_industria_A3
Escala:	1:290.000



**LEGENDA**

- |                                   |                         |
|-----------------------------------|-------------------------|
| ▣ Capital Estadual                | ▨ Área Edificada        |
| ⊙ Sede Municipal                  | <b>Município</b>        |
| <b>Outorgas - Outros usuários</b> | ■ Ananindeua            |
| ● Superficial                     | ■ Belém                 |
| ● Subterrânea                     | ■ Benevides             |
| ~ Hidrografia                     | ■ Marituba              |
| — Rodovia                         | ■ Santa Bárbara do Pará |
| ☁ Massa d'água                    | ■ Santa Izabel do Pará  |
| ⊕ Área de Estudo                  |                         |

**Figura 29 – Localização das outorgas de outros usuários**



**ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA**

Fonte: Limites políticos: IBGE. Hidrografia: CPRM. Ilhas: adaptado de SEMAS/PA. Área edificada: ANA/Profill. Cadastro de outorgas: SEMAS/PA

Sistema de Coordenadas:	UTM
Datum Horizontal:	SIRGAS 2000
Unidade:	Metros
Fiscalização:	ANA
Data:	Junho/2018
Arquivo:	Figura_29_Localizacao_outorgas_outros_usuarios_A3
Escala:	1:290.000

O Quadro 8 e o Quadro 9 apresentam a demanda outorgada superficial e subterrânea para o setor industrial e para outros usuários, respectivamente.

Quadro 8 – Número de processos e vazão outorgada para o setor industrial

Município	Subterrânea		Superficial		Total (m³/s)
	Nº processos	Vazão outorgada (m³/s)	Nº processos	Vazão outorgada (m³/s)	
Ananindeua	64	0,046	0	0,000	0,046
Belém	125	0,345	1	0,006	0,351
Benevides	53	0,177	0	0,000	0,177
Marituba	22	0,012	0	0,000	0,012
Santa Bárbara do Pará	16	0,005	0	0,000	0,005
Santa Izabel do Pará	20	0,022	0	0,000	0,022
<b>Total</b>	<b>300</b>	<b>0,607</b>	<b>1</b>	<b>0,006</b>	<b>0,613</b>

Fonte: Cadastro de Outorgas (SEMAS/PA)

Quadro 9 – Número de processos e vazão outorgada para outros usuários

Município	Subterrânea		Superficial		Total (m³/s)
	Nº processos	Vazão outorgada (m³/s)	Nº processos	Vazão outorgada (m³/s)	
Ananindeua	135	0,070	0	0,000	0,070
Belém	260	0,213	9	0,008	0,222
Benevides	16	0,006	4	0,066	0,073
Marituba	27	0,079	0	0,000	0,079
Santa Bárbara do Pará	1	0,000	1	0,000	0,000
Santa Izabel do Pará	17	0,023	3	0,079	0,101
<b>Total</b>	<b>456</b>	<b>0,392</b>	<b>17</b>	<b>0,153</b>	<b>0,545</b>

Fonte: Cadastro de Outorgas (SEMAS/PA)

Conforme o Quadro 8, percebe-se uma maior demanda de água subterrânea para a indústria nos municípios de Belém, Ananindeua e Benevides. No total, são captados na área de estudo 0,613 m³/s, sendo 0,607 m³/s (99,0%) provenientes de mananciais subterrâneos e 0,006 m³/s (1,0%) provenientes de mananciais superficiais (Figura 31). A maior parte da água para abastecimento industrial, portanto, é proveniente de manancial subterrâneo.

Em relação ao demais usuários, conforme o Quadro 9, no total, são captados 0,545 m³/s, sendo 0,392 m³/s (72%) provenientes de manancial subterrâneo e 0,153 m³/s (28%) provenientes de manancial superficial (Figura 33).

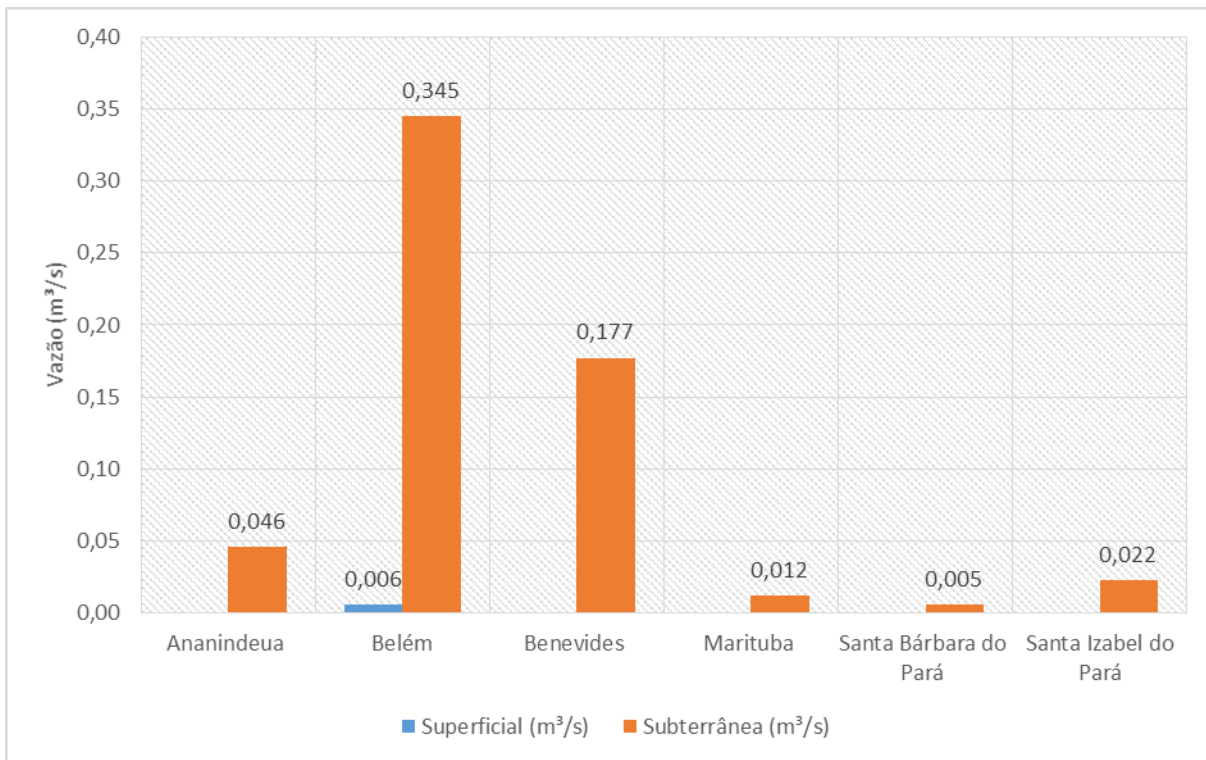


Figura 30 – Estimativa da demanda superficial e subterrânea da indústria, por município.

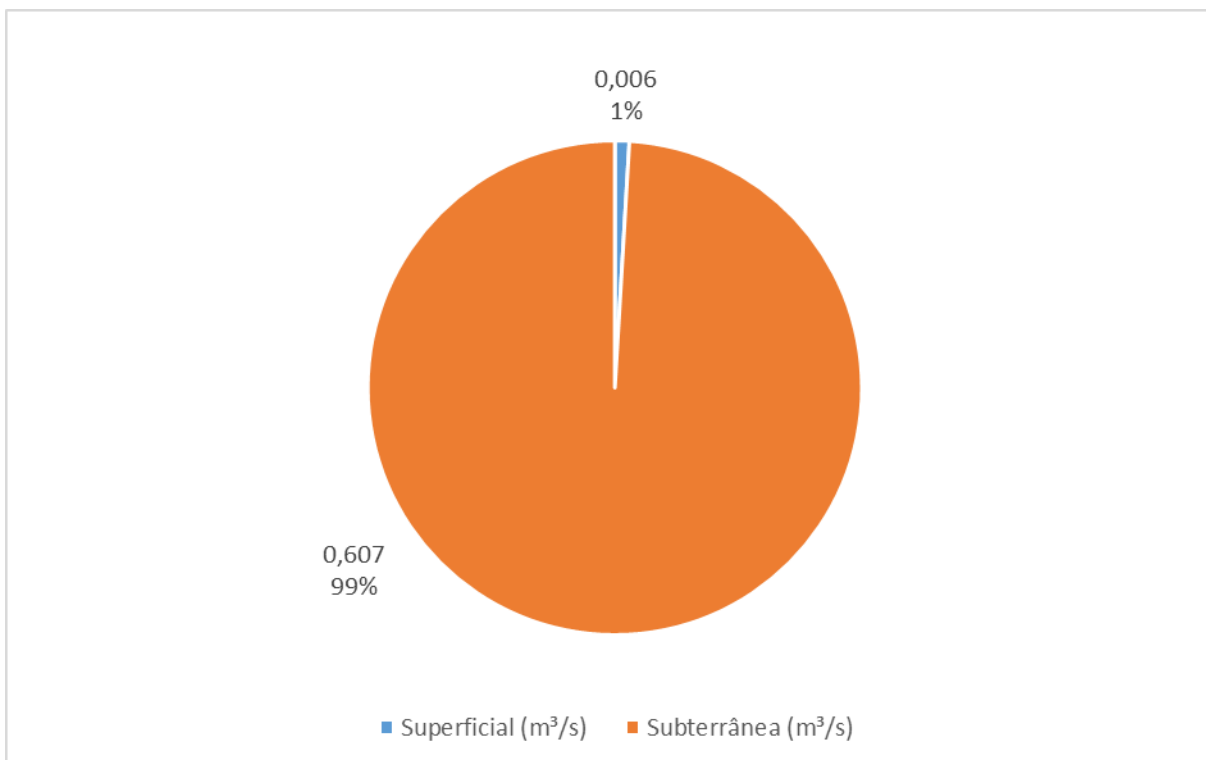


Figura 31 – Estimativa da demanda superficial e subterrânea da indústria na área de estudo.

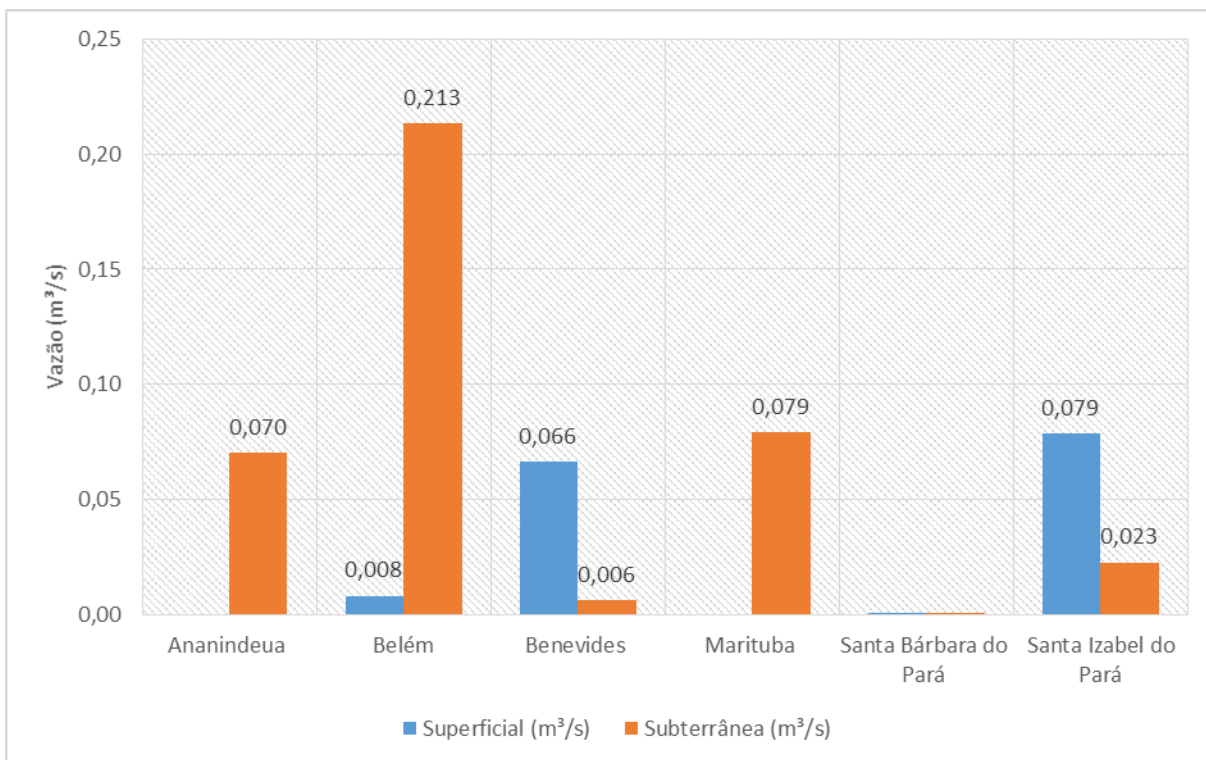


Figura 32 – Estimativa da demanda superficial e subterrânea para outros usos, por município.

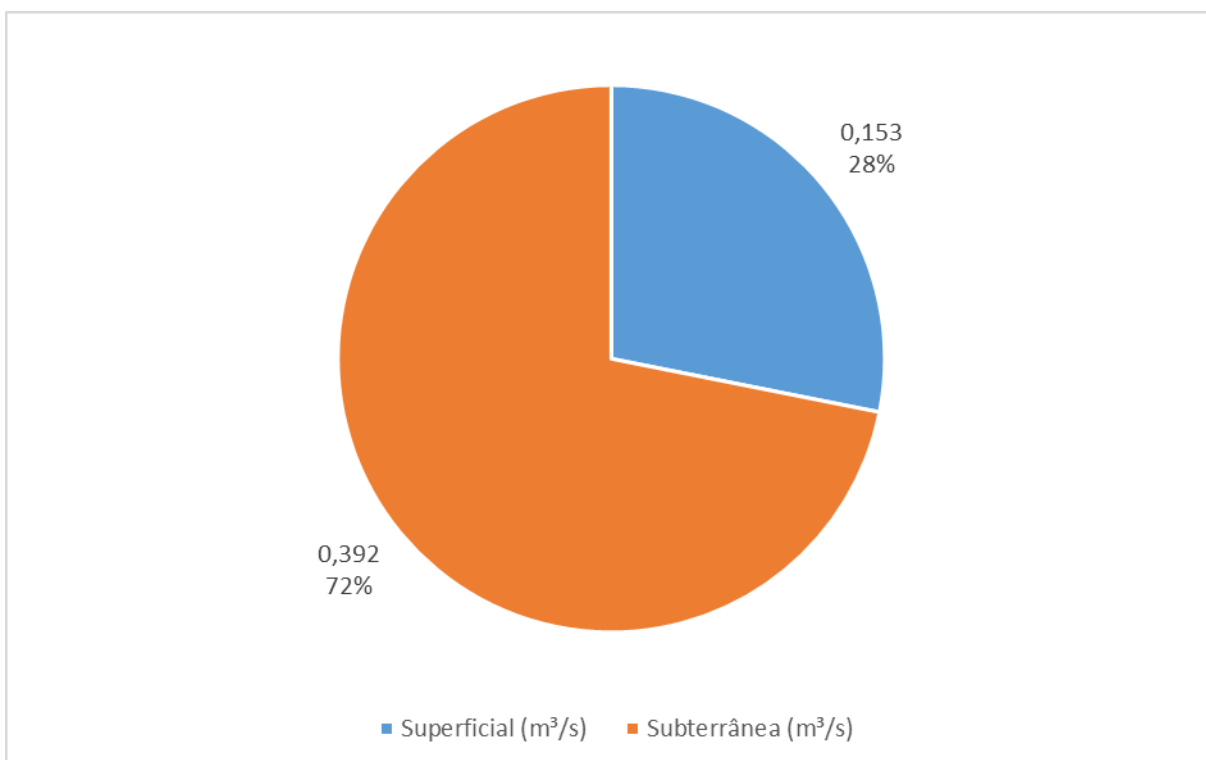


Figura 33 – Estimativa da demanda superficial e subterrânea para outros usos na área de estudo

## 2.3 SÍNTESE DAS DEMANDAS

O Quadro 10 apresenta um resumo das demandas dos setores usuários de água dos municípios da região de Belém. Já, o Quadro 11 apresenta especificamente a demanda desses usuários por água subterrânea.

Quadro 10 – Estimativa da demanda total de água nos municípios da área de estudo

Município	Demanda Total (m <sup>3</sup> /s)			
	Abastecimento Humano	Indústria	Outros Usos	Total
Ananindeua	1,847	0,046	0,070	1,963
Belém	5,959	0,351	0,222	6,532
Benevides	0,154	0,177	0,073	0,404
Marituba	0,351	0,012	0,079	0,442
Santa Bárbara do Pará	0,063	0,005	0,000	0,069
Santa Izabel do Pará	0,252	0,022	0,101	0,375
<b>Total</b>	<b>8,626</b>	<b>0,613</b>	<b>0,545</b>	<b>9,784</b>

Quadro 11 – Estimativa da demanda de água subterrânea nos municípios da área de estudo

Município	Demanda Subterrânea (m <sup>3</sup> /s)			
	Abastecimento Humano	Indústria	Outros Usos	Total
Ananindeua	1,540	0,046	0,070	1,656
Belém	3,352	0,345	0,213	3,910
Benevides	0,153	0,177	0,006	0,336
Marituba	0,350	0,012	0,079	0,441
Santa Bárbara do Pará	0,062	0,005	0,000	0,067
Santa Izabel do Pará	0,249	0,022	0,023	0,294
<b>Total</b>	<b>5,706</b>	<b>0,607</b>	<b>0,392</b>	<b>6,705</b>

Os dados apresentados no Quadro 11 mostram que a retirada de água subterrânea dos aquíferos dos municípios da área estudada alcança 6,70 m<sup>3</sup>/s, o que representa 69% da demanda total. A Figura 34 mostra o grau de dependência de cada setor usuário em relação às águas subterrâneas por município da área estudada.

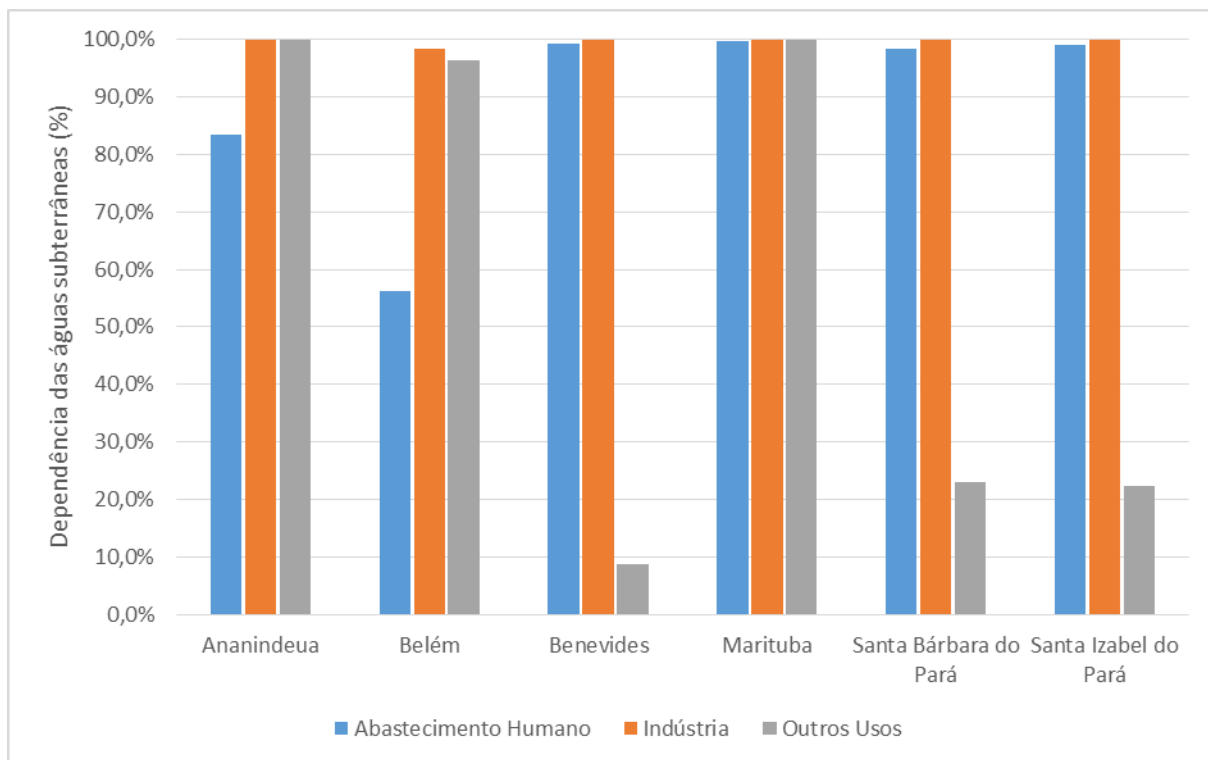


Figura 34 – Grau de dependência dos setores usuários em relação às águas subterrâneas

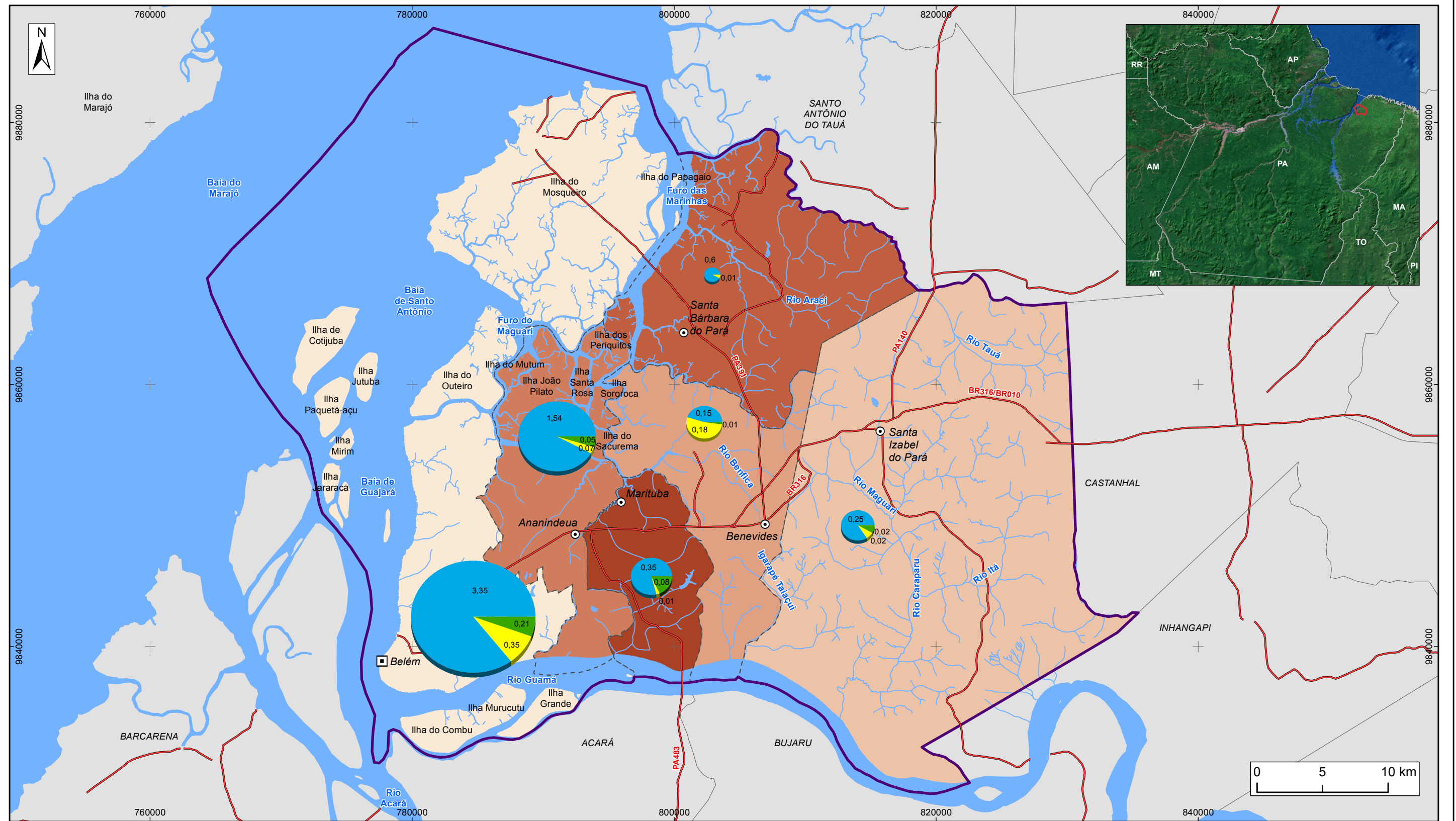
Em relação ao abastecimento humano, de acordo com a Figura 34, a população dos municípios de Benevides, Marituba, Santa Izabel do Pará e Santa Bárbara do Pará é totalmente dependente das águas subterrâneas para o seu abastecimento, seja através dos poços dos sistemas públicos, seja através dos poços individuais. A população do município de Ananindeua também mostra grande dependência, utilizando 82% de águas subterrâneas para abastecimento humano. A população de Belém utiliza 57% de água subterrânea para seu abastecimento. Em termos absolutos, no entanto, Belém é o município que mais utiliza as águas subterrâneas na região, explotando em torno de 3,38 m<sup>3</sup>/s para abastecimento humano, sendo 3,06 m<sup>3</sup>/s provenientes dos poços tubulares dos sistemas públicos e 0,32 m<sup>3</sup>/s provenientes de poços individuais. Ressalta-se que alguns condomínios, principalmente em Belém, mesmo sendo atendidos pelo sistema público de abastecimento, optam por possuir poços tubulares próprios como fonte alternativa.

Em relação às indústrias, a partir do cadastro de outorgas da SEMAS/PA, infere-se que nos municípios de Ananindeua, Benevides, Marituba, Santa Bárbara do Pará e Santa Izabel do Pará as indústrias são 100% dependentes das águas subterrâneas. Em Belém, apenas uma indústria com outorga vigente capta água em manancial superficial.

Em relação aos demais usuários de água, de acordo com o cadastro de outorgas da SEMAS/PA, infere-se que a dependência em relação às águas subterrâneas é grande nos municípios de Ananindeua, Belém e Marituba. A água subterrânea nesses municípios é usada principalmente para construção civil e em empresa e/ou comércio (supermercados/ varejistas ou atacadistas). Nos demais municípios a água superficial tende a suprir a maior parte da demanda dos demais usuários de água.

A Figura 35 mostra a distribuição das demandas totais e de águas subterrâneas por município da área estudada, e a relação entre elas.





**LEGENDA**

- |  |  |  |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>☐ Capital Estadual</li> <li>⊙ Sede Municipal</li> <li>— Rodovia</li> <li>~ Hidrografia</li> <li>☪ Massa d'água</li> <li>⊕ Área de Estudo</li> <li>- - - Limite municipal</li> </ul> | <p><b>Demanda subterrânea (m³/s)</b></p> <p>0,48</p> <p>Abastecimento humano</p> <p>Indústria</p> <p>Outros usos</p> | <p><b>Relação entre a demanda subterrânea e a demanda total</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>0,60</li> <li>0,78</li> <li>0,83</li> <li>0,84</li> <li>0,98</li> <li>1,00</li> </ul> |
|--|--|--|

**Figura 35 – Demandas totais, demandas subterrâneas e relação entre demanda subterrânea e total dos municípios da região de Belém**



**ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA**

Fonte: Limites políticos: IBGE. Hidrografia: CPRM. Ilhas: adaptado de SEMAS/PA. Demandas: indústria e outros usos: calculado a partir de outorgas SEMAS/PS; abastecimento: população atendida: ATLAS/ANA, não atendida: calculada a partir da aplicação de valor per capita

Sistema de Coordenadas:	UTM
Datum Horizontal:	SIRGAS 2000
Unidade:	Metros
Fiscalização:	ANA
Data:	Junho/2018
Arquivo:	Figura_35_Demandas_Outorgadas_A3
Escala:	1:290.000

### 3 ATIVIDADES RELATIVAS AO ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O adensamento populacional nos centros urbanos propicia a geração, concentrada de efluentes domésticos e industriais. O manejo e o modelo de disposição desses efluentes exercem forte influência na qualidade das águas subterrâneas. O processo de degradação natural dos esgotos provoca a geração de nitrato que, pelas características de persistência e mobilidade e o contínuo processo de infiltração representa atualmente um potencial contaminante das águas subterrâneas dos centros urbanos, assim como também da região de Belém.

A caracterização dos serviços e sistemas de esgotamento sanitário da área de estudo foi realizada através de consulta ao Atlas Esgoto: Despoluição de Bacias Hidrográficas (ANA, 2017). O Atlas Esgoto subdivide a população urbana em população atendida com coleta e tratamento de esgoto, população urbana que possui algum tipo de solução individual e população urbana que lança o esgoto doméstico diretamente em cursos d'água sem qualquer tipo de tratamento.

O Quadro 12 apresenta os prestadores de serviço de esgoto em Belém e nos demais municípios da área de estudo. A COSANPA administra os serviços de esgoto em Belém, Marituba e Ananindeua. Em Benevides e Santa Bárbara do Pará, os serviços são realizados pela prefeitura e em Santa Izabel do Pará, pelo SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgotos. Nos municípios em estudo, tanto os serviços de água como os serviços de esgoto são realizados pelos mesmos prestadores.

Quadro 12 – Prestadores de serviço de esgotamento sanitário

Município	Prestador	Sigla do Prestador
Ananindeua	Companhia de Saneamento do Pará	COSANPA
Belém	Companhia de Saneamento do Pará	COSANPA
Benevides	Prefeitura Municipal de Benevides	Prefeitura
Marituba	Companhia de Saneamento do Pará	COSANPA
Santa Bárbara do Pará	Prefeitura Municipal de Santa Bárbara do Pará	Prefeitura
Santa Izabel do Pará	Serviço Autônomo de Água e Esgotos	SAAE

O Quadro 13 apresenta os indicadores de cobertura dos serviços de esgoto, por município, discriminados em: esgoto coletado, esgoto coletado e tratado, esgoto tratado em soluções individuais e esgoto sem coleta e tratamento.

Quadro 13 – Indicadores de atendimento dos serviços de esgotamento sanitário

Município	Índice de coleta de esgoto (%)	Índice de tratamento do esgoto coletado (%)	Índice de tratamento com solução individual (%)	Índice sem coleta e sem tratamento (%)
Ananindeua	11,3%	0,0%	44,0%	44,7%
Belém	20,5%	10,7%	31,1%	48,5%
Benevides	2,2%	0,0%	15,2%	82,7%
Marituba	4,4%	0,0%	14,5%	81,1%
Santa Bárbara do Pará	2,8%	0,0%	6,9%	90,2%
Santa Izabel do Pará	1,3%	0,0%	10,2%	88,6%

Fonte: Atlas Esgoto: Despoluição das Bacias Hidrográficas (ANA, 2017).

Conforme pode ser observado no Quadro 13, nos municípios da área estudo os índices de coleta são extremamente baixos, ficando todos abaixo da média nacional (55,2%). Quando comparado ao índice médio de coleta do Estado do Pará (5,4%), somente Belém e Ananindeua apresentam índices de coleta superiores ao índice estadual. Em relação ao tratamento, somente Belém encaminha parte dos esgotos coletados para Estações de Tratamento de Esgoto – ETEs. A Figura 36 apresenta de forma gráfica os índices de coleta e tratamento de esgoto dos municípios da área de estudo. O Quadro 14 apresenta informações sobre as ETEs do município de Belém.

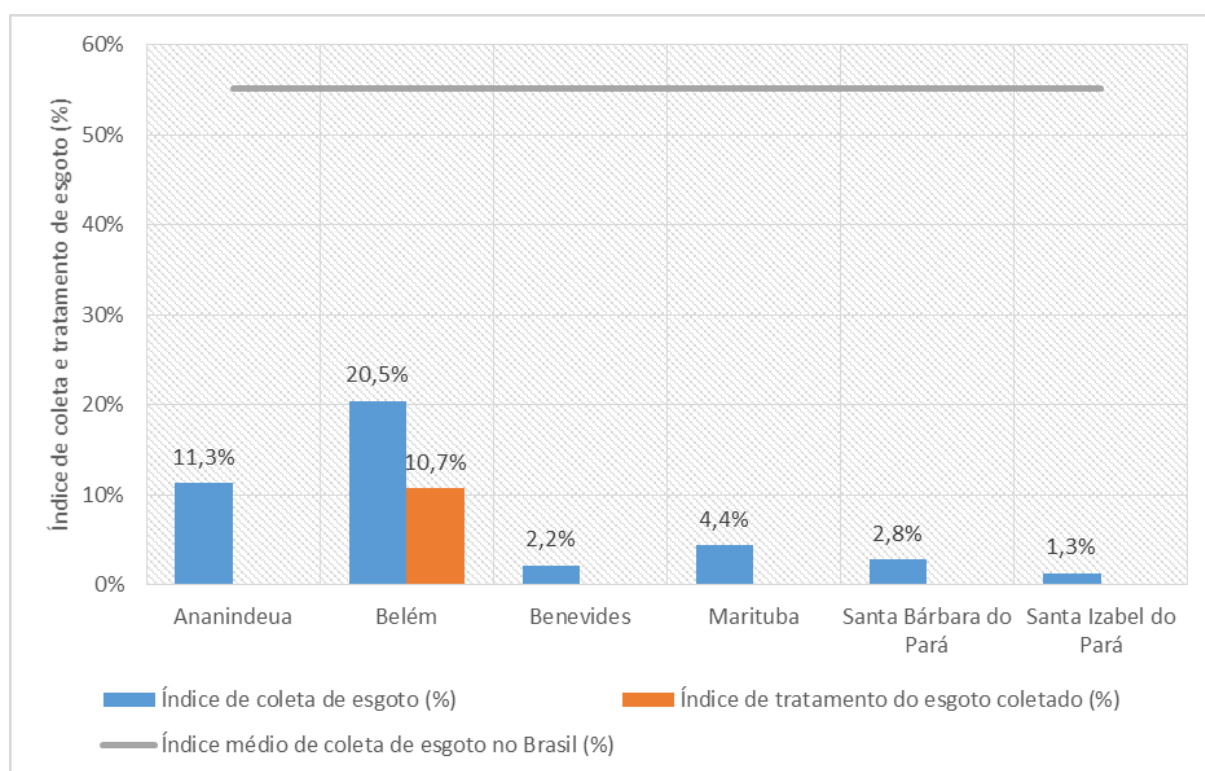


Figura 36 – índice de coleta e tratamento de esgoto. Fonte: ANA (2017).

Quadro 14 – Informações sobre as ETEs do município de Belém.

Município	Status	Nome	Tipo de tratamento predominante	Corpo receptor
Belém	Ativa	ETE SIDERAL	Reator UASB	Canal Massaquara
Belém	Ativa	ETE COQUEIRO	Reator UASB	Canal Ariri
Belém	Ativa	ETE BENGUI	Reator UASB	Canal Ariri
Belém	Ativa	ETE PORTO	Reator UASB compacto	Drenagem
Belém	Ativa	ETE VILA DA BARCA	Reator UASB compacto	Baía de Guajará
Belém	Ativa	ETE VIVER PRIMAVERA	Reator UASB enterrado	Rio Paracurí
Belém	Ativa	ETE UG/TN	Reator UASB compacto	Drenagem
Belém	Ativa	ETE PRATINHA I	Reator UASB compacto	Baía do Guajará
Belém	Ativa	ETE OUTEIRO	Reator UASB compacto	Igarapé Água Boa
Belém	Ativa	ETE MOSQUEIRO – VILA	Lagoa de Estabilização	Rio Murubira
Belém	Ativa	ETE UNA	Emissário Aquático/ Diluição	Baía do Guajará
Belém	Inativa	ETE MOSQUEIRO – AEROPORTO	Lagoa de Estabilização	Rio Murubira
Belém	Inativa	ETE COMUNIDADE FÉ EM DEUS	Reator UASB compacto	Drenagem
Belém	Inativa	ETE RUA DA MATA	Reator UASB + lodo ativado	Canal Água Cristal
Belém	Inativa	ETE TAVARES BASTOS	Reator UASB + físico-químico	Canal Água Cristal
Belém	Inativa	ETE JK	Reator UASB compacto	Drenagem
Belém	Inativa	ETE IPASEP	Reator UASB	Baía de Guajará

Fonte: COSANPA (2018).



Figura 37 – ETE Sideral, em Belém. Fonte: Barbosa (2006).



Figura 38 – ETE Coqueiro, em Belém. Fonte: PMB (2014).



Figura 39 – ETE Vila da Barca, em Belém. Fonte: COSANPA

Percebe-se, que a cobertura de serviços de esgotamento sanitário na região de Belém não acompanhou a expansão do processo de urbanização. Os principais problemas do setor são a baixa eficiência operacional, a escassez de investimentos, a insuficiência de regulação e de controle social e a presença de déficit de atendimento, especialmente no tocante à coleta e tratamento de esgoto.

A ausência de coleta e tratamento de esgoto propicia alternativas de disposição dos efluentes em soluções individuais, como por exemplo, fossas e sumidouros ou outra destinação que se utilize de decantação e infiltração. A Figura 40 apresenta, por município, além da população atendida com rede e tratamento, o percentual da população que se utiliza de algum tipo de solução individual para destinação final do esgoto.

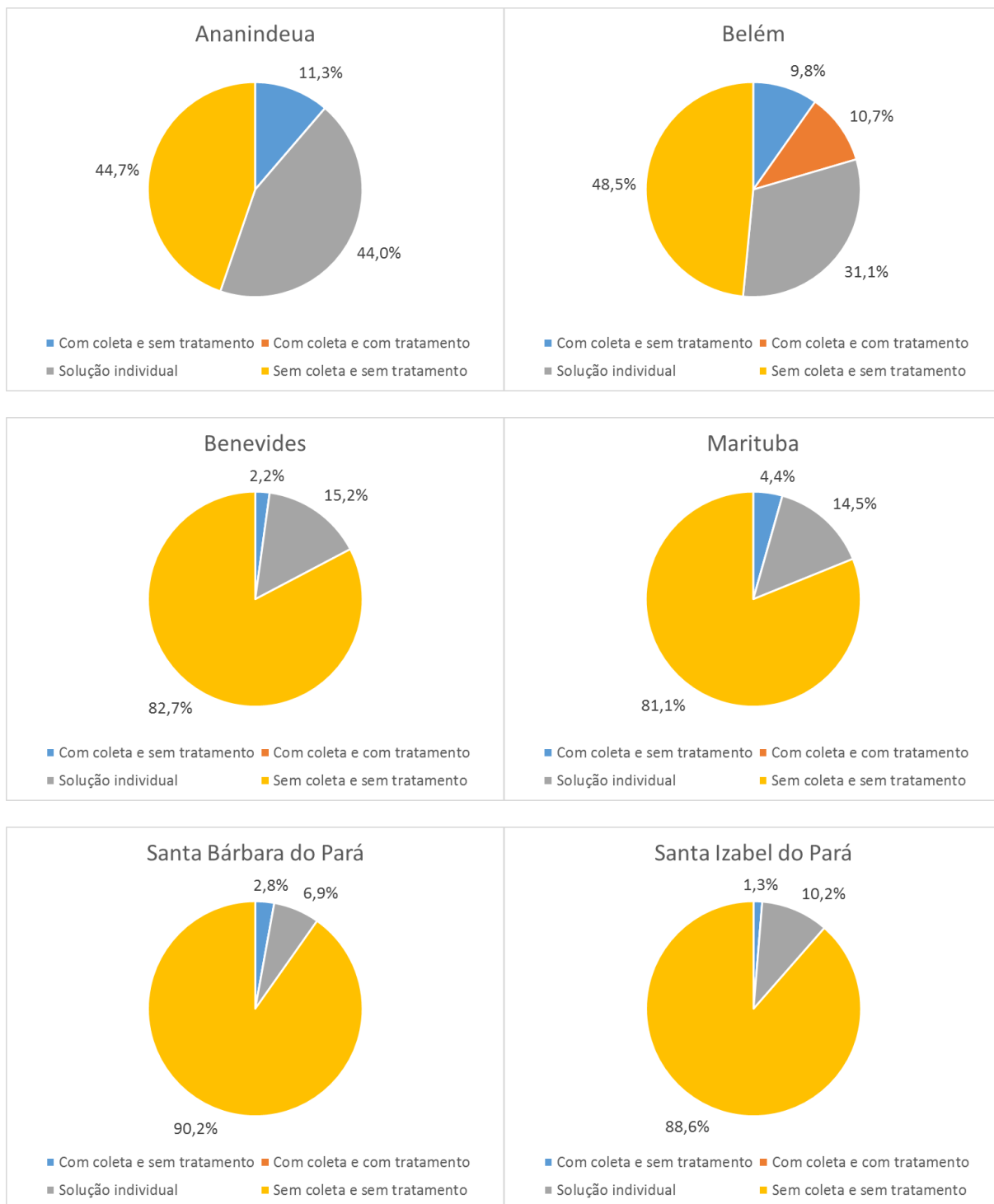


Figura 40 – Indicadores de atendimento dos serviços de esgotamento sanitário nas áreas urbanas da área de estudo. Fonte: ANA (2017).



Figura 41 – Contaminação do solo e corpos hídricos devido à carência de saneamento básico em Belém e região

A falta de coleta e tratamento e a disposição dos efluentes domésticos em fossas realizada durante anos, concentradas em uma mesma região, representa um contínuo aporte de contaminantes aos aquíferos. Esse cenário ocorrendo em uma região, na qual a superfície e o principal aquífero são constituídos de terrenos arenosos amplamente conectados, torna-se mais fácil o processo de contaminação (ANA, 2012).

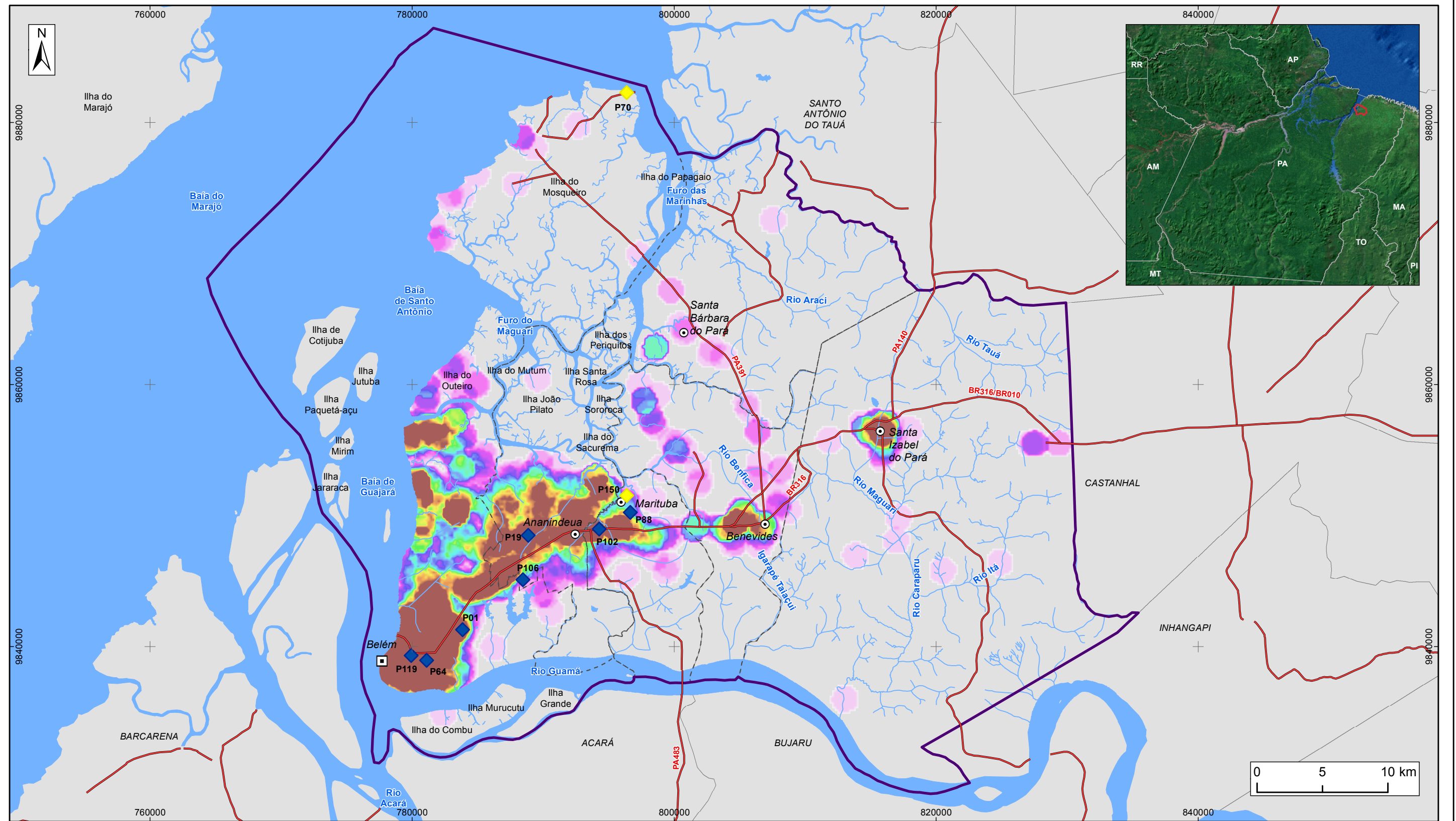
Diversos estudos conduzidos na Região Metropolitana de Belém apontam que as infiltrações dos efluentes domésticos através do sistema de saneamento *in situ* são potenciais fontes de contaminação do aquífero Barreiras (LIMA, 2000; GASPAR, 2001; ARAÚJO, 2001; CABRAL, 2004; CABRAL & LIMA, 2006). Os estudos apontam principalmente contaminação por compostos nitrogenados e cloreto ( $\text{NH}_4$  e  $\text{NO}_3$ ).

Nas campanhas de amostragem para caracterização hidroquímica, realizadas no presente estudo, foi possível ratificar a existência de contaminação das águas subterrâneas por nitrato em alguns pontos de coleta. Na primeira campanha foram detectados valores de nitrato acima do limite permitido pela Portaria nº 2914/2011 nas amostras dos poços P01, P19, P64, P102, P106 e P119 (Aquífero Barreiras); e P150 (Pós-Barreiras). Nessas amostras também aparecem teores elevados de cloreto. Na segunda campanha, além dos poços da primeira campanha, ainda foram detectados valores de nitrato acima do limite permitido pela Portaria nº 2914/2011 nos poços P88 (Barreiras) e P70 (Pós-Barreiras).

A Figura 42 apresenta uma comparação entre a densidade populacional e os poços onde os valores de nitrato estão acima dos limites da Portaria nº 2914/2011. Os poços mencionados estão localizados em áreas urbanas, em locais com grande concentração populacional sem serviço de coleta do esgoto doméstico, com exceção do poço P150, que está localizado em área rural, próximo às estufas para produção de hortifrúteis.

Avalia-se, portanto, que o principal fator gerador dessa contaminação é o baixo nível de atendimento aos preceitos fundamentais do saneamento básico, principalmente relacionado ao esgotamento sanitário, com alguma contribuição da drenagem urbana.





**LEGENDA**

- ▣ Capital Estadual
- ⊙ Sede Municipal
- ▣ Poço com valor de Nitrato acima do limite da Portaria nº 2914/2011 por Aquifero
- ◆ Pós-Barreiras
- ◆ Barreiras
- ~ Hidrografia
- Rodovia
- ☁ Massa d'água
- ⊕ Área de Estudo
- ⋮ Limite municipal
- Densidade de empreendimentos
- 45,2
- 0

**Figura 42 – Localização dos poços com valores de Nitrato acima do limite da Portaria nº 2914/2011 e densidade de empreendimentos com risco potencial de contaminação**



**ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA**

Fonte: Rodovia: SEMAS/PA. Limites políticos: IBGE. Hidrografia: CPRM. Ilhas: Adaptado de SEMAS/PA. Valores de Nitrato e densidade de empreendimentos: ANA/PROFILL

Sistema de Coordenadas:	UTM
Datum Horizontal:	SIRGAS 2000
Unidade:	Metros
Fiscalização:	ANA
Data:	Junho/2018
Arquivo:	Figura_42_Localizacao_poços_valores_Nitrato_A3
Escala:	1:290.000

Para a estimativa do esgoto gerado pela população urbana, aplicou-se um coeficiente de retorno de 80% à água efetivamente consumida pela população e outros usuários, conforme determina a NBR 9649/1986 – Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário (ABNT, 1986). Para a população rural, o coeficiente de retorno utilizado foi de 50%, usual em Planos de Bacias Hidrográficas e sugerido em ONS (2005).

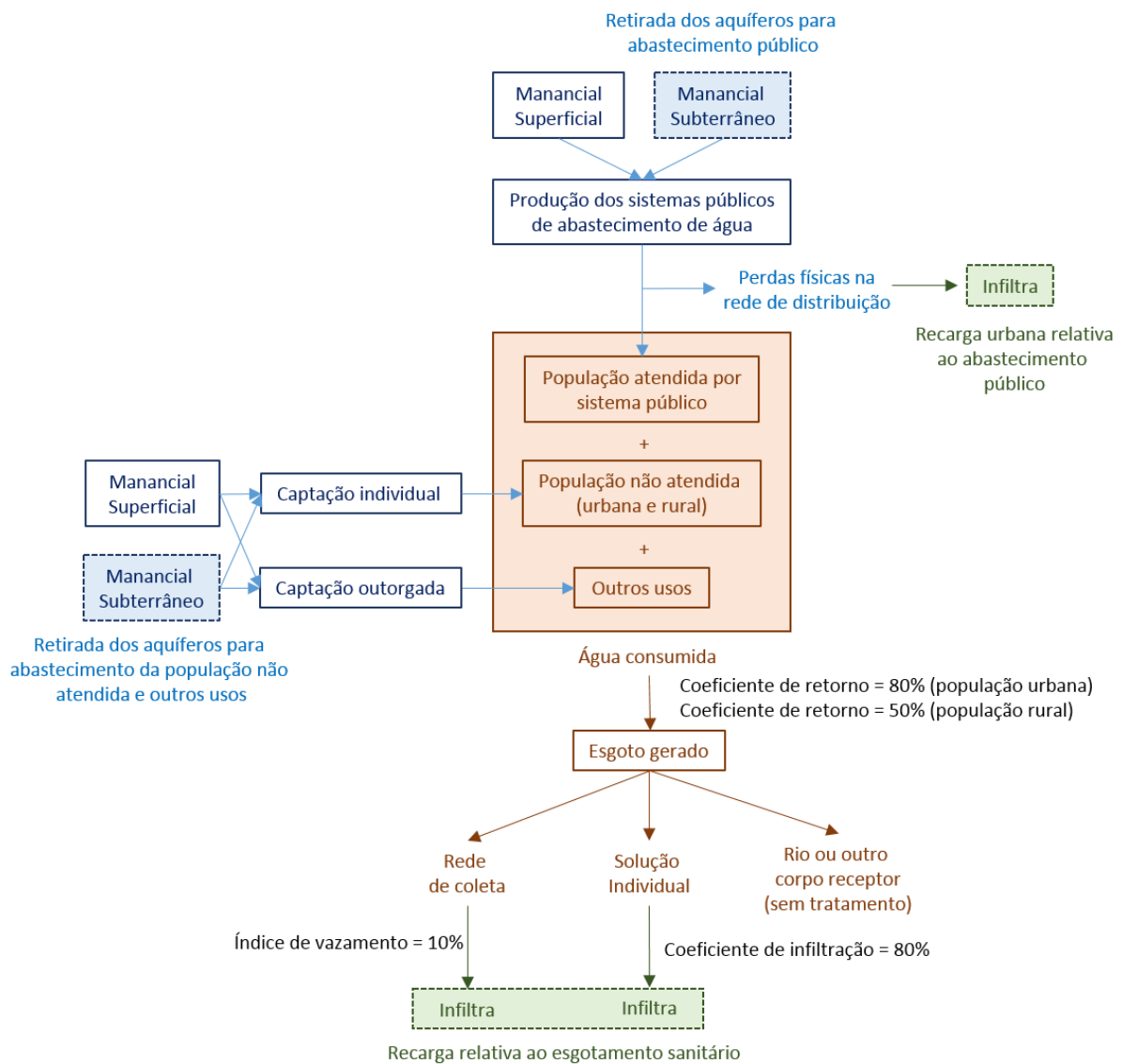


Figura 43 – Esquema metodológico utilizado para a estimativa do esgoto gerado e da recarga relativa à vazamentos na rede de coleta e infiltração através de soluções individuais.

O volume de esgoto gerado tem destinos diversos. Aplicando-se os índices observados na Figura 40 ao esgoto gerado em cada município, foi possível estimar a parcela de esgoto coletada, a parcela de esgoto tratada em soluções individuais e a parcela de esgoto

que não recebe nenhum tipo de tratamento. O Quadro 15 apresenta os resultados obtidos a partir da metodologia descrita e exposta na Figura 43.

Quadro 15 – Produção e destinação final do esgoto doméstico na região de Belém

Município	Esgoto gerado (m <sup>3</sup> /s)	Esgoto coletado (m <sup>3</sup> /s)	Esgoto tratado em solução individual (m <sup>3</sup> /s)	Esgoto sem nenhum tipo de tratamento (m <sup>3</sup> /s)
Ananindeua	1,122	0,127	0,493	0,502
Belém	3,107	0,636	0,965	1,506
Benevides	0,153	0,003	0,023	0,127
Marituba	0,296	0,013	0,043	0,240
Santa Bárbara do Pará	0,031	0,001	0,002	0,028
Santa Izabel do Pará	0,199	0,003	0,020	0,176
<b>Total Geral</b>	<b>4,909</b>	<b>0,782</b>	<b>1,547</b>	<b>2,580</b>

Ressalta-se que o esgoto produzido pela indústria não foi estimado, uma vez que suas características físico-químicas são muito diferentes das do esgoto doméstico. Além disso, na maioria dos casos, os efluentes industriais são lançados, após tratamento, em algum corpo hídrico superficial, não retornando aos aquíferos.

A recarga dos aquíferos relativa ao esgotamento sanitário foi estimada considerando-se a parcela de esgoto perdida através de vazamentos nas redes coletoras e a parcela de esgoto que infiltra através das fossas e sumidouros.

O controle sobre a existência de vazamentos nas redes de coleta é pouco conhecido. As tubulações de esgotos, embora não estejam sob pressão, podem sofrer vazamentos como resultado da deterioração de juntas e ao redor de estruturas, sob ação gravitacional (MELO, 2001). Foster *et al.* (1999 *apud* Melo, 2001) estimaram uma taxa de vazamento média de 5%. No presente estudo, adotou-se um índice de vazamento médio de 10%, mesmo percentual utilizado no Estudo Hidrogeológico para a orientação e manejo das águas subterrâneas da Região Metropolitana de Natal (ANA, 2012).

Em relação ao volume infiltrado a partir das fossas e sumidouros, admitiu-se que 80% do esgoto destinado às soluções individuais acaba infiltrando e retornando aos aquíferos, mesmo coeficiente utilizado em ANA (2012). Esse volume infiltrado corresponde a uma parte do volume total da recarga urbana por esgotamento sanitário.

A parte não infiltrada, correspondente a 20% do volume de esgoto que chegam às fossas, não recarrega o aquífero por diversos fatores, entre os quais: eliminação pelo tempo de residência; retenção de parte do volume total em fossas sépticas; limpeza através

de caminhões a vácuo (limpa fossa); evapotranspiração; aspectos litológicos locais que impeçam a migração até o aquífero; diminuição da permeabilidade pela colmatção de fossas rudimentares, etc. (ANA, 2012).

Todo volume de água recarregado ao aquífero é importante para a manutenção dos níveis e da potencialidade. No entanto, a parcela da recarga urbana proveniente do esgotamento sanitário é altamente indesejável para o aquífero por ser tratar de um volume de água contaminada e que representa uma forte ameaça à qualidade das águas subterrâneas nas zonas urbanas (ANA, 2012). Nesse estudo, estimou-se que o aquífero Barreiras receba uma recarga de 1,32 m<sup>3</sup>/s de esgoto proveniente, sobretudo da baixa abrangência dos sistemas de coleta e tratamento dos esgotos domésticos. O Quadro 15 apresenta os resultados obtidos a partir da metodologia exposta.

Quadro 16 – Estimativa da recarga urbana relativa ao esgotamento sanitário na região de Belém

Município	Infiltração - Fossas e Sumidouros (m <sup>3</sup> /s)	Infiltração - Rede de Esgoto (m <sup>3</sup> /s)	Recarga Urbana - Esgotamento (m <sup>3</sup> /s)
Ananindeua	0,395	0,013	0,407
Belém	0,772	0,064	0,836
Benevides	0,019	0,000	0,019
Marituba	0,034	0,001	0,036
Santa Bárbara do Pará	0,002	0,000	0,002
Santa Izabel do Pará	0,016	0,000	0,016
<b>Total Geral</b>	<b>1,238</b>	<b>0,078</b>	<b>1,316</b>

Visando estimar ainda o potencial aporte de DBO, Fósforo e Nitrogênio ao aquífero Barreiras na região de Belém, calculou-se a carga produzida pela população para cada um destes parâmetros.

Para a estimativa da carga de DBO, considerou-se uma contribuição *per capita* característica de 54 g/hab.dia; para a estimativa da carga de Fósforo, considerou-se 1 g/hab.dia; e para a estimativa da carga de Nitrogênio, considerou-se 8 g/hab.dia. Esses valores são usualmente utilizados na literatura internacional e constam em Von Sperling (2005).

A carga total produzida pela população urbana foi então distribuída em carga coletada, carga tratada em solução individual e carga não tratada, aplicando-se os mesmos índices da Figura 40. Para a parcela de esgoto tratado em fossas e sumidouros considerou-se uma eficiência de remoção de DBO, Fósforo e Nitrogênio de 60%, 60% e 50%,

respectivamente (VON SPERLING, 2005). Os Quadro 17, Quadro 18 e Quadro 19 apresentam o aporte potencial de DBO, Fósforo e Nitrogênio ao aquífero Barreiras, respectivamente.

Quadro 17 – Aporte potencial de DBO ao aquífero Barreiras na região de Belém

Município	População Urbana (hab)	População Rural (hab)	Carga gerada (kg/dia)	Carga coletada (kg/dia)	Carga tratada em solução individual (kg/dia)	Infiltração de DBO (kg/dia)
Ananindeua	515.210	847	27.867	3.144	12.276	5.225
Belém	1.451.045	1.230	78.423	16.032	24.404	11.365
Benevides	46.949	14.041	3.293	55	1.142	462
Marituba	126.826	1.032	6.904	300	1.049	450
Santa Bárbara do Pará	14.915	5.577	1.107	23	357	145
Santa Izabel do Pará	61.606	7.230	3.717	43	728	296
Total	2.229.910	29.957	121.311	19.596	39.957	17.942

Quadro 18 – Aporte potencial de Nitrogênio ao aquífero Barreiras na região de Belém

Município	População Urbana (hab)	População Rural (hab)	Carga gerada (kg/dia)	Carga coletada (kg/dia)	Carga tratada em solução individual (kg/dia)	Infiltração de Nitrogênio (kg/dia)
Ananindeua	515.210	847	4.122	466	1.819	774
Belém	1.451.045	1.230	11.608	2.375	3.615	1.684
Benevides	46.949	14.041	376	8	169	68
Marituba	126.826	1.032	1.015	44	155	67
Santa Bárbara do Pará	14.915	5.577	119	3	53	21
Santa Izabel do Pará	61.606	7.230	493	6	108	44
Total	2.229.910	29.957	17.732	2.903	5.920	2.658

Quadro 19 – Aporte potencial de Fósforo ao aquífero Barreiras na região de Belém

Município	População Urbana (hab)	População Rural (hab)	Carga gerada (kg/dia)	Carga coletada (kg/dia)	Carga tratada em solução individual (kg/dia)	Infiltração de Fósforo (kg/dia)
Ananindeua	515.210	847	515	58	227	119
Belém	1.451.045	1.230	1.451	297	452	256
Benevides	46.949	14.041	47	1	21	11
Marituba	126.826	1.032	127	6	19	10
Santa Bárbara do Pará	14.915	5.577	15	0	7	3
Santa Izabel do Pará	61.606	7.230	62	1	13	7
Total	2.229.910	29.957	2.217	363	740	406

## 4 ATIVIDADES RELATIVAS À DRENAGEM URBANA

O processo de urbanização produz alterações significativas no meio ambiente e nos processos hidrológicos. A supressão da cobertura vegetal e a impermeabilização do solo praticamente tornam nula a infiltração nos grandes centros urbanos. Esse cenário acarreta a diminuição da recarga natural dos aquíferos e provoca aumento do escoamento superficial das águas pluviais, que chegarão em maior volume e velocidade aos baixos topográficos e aos corpos d'água receptores, muitas vezes ocasionando inundações, enxurradas e alagamentos e provocando transtornos e prejuízos à população.

Conforme a Lei nº 11.445/2007, que estabelece a Política Nacional de Saneamento Básico, a drenagem urbana e o manejo das águas pluviais englobam o conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

Para a caracterização dos sistemas de drenagem urbana dos municípios da área de estudo foram realizados levantamentos junto às prefeituras, sendo solicitados: i) cadastro da infraestrutura de drenagem; e ii) Plano Diretor de Drenagem Urbana – PDDrU. Belém informou à consulta feita que a componente drenagem urbana está prevista de ser contemplada na próxima atualização do Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB. Benevides e Marituba informaram que não possuem cadastro da infraestrutura de drenagem e nem PDDrU. Santa Izabel do Pará informou que o PMSB está para ser aprovado e que contempla drenagem urbana, no entanto, o mesmo não foi disponibilizado. Ananindeua e Santa Bárbara do Pará não responderam aos questionamentos.

Dessa forma, nesse estudo, o impacto da drenagem urbana nas águas subterrâneas foi estimado apenas pela parcela da água que deixa de infiltrar em função da supressão vegetal e da impermeabilização do solo nas áreas urbanas.

A impermeabilização é responsável direta pelo aumento do escoamento superficial das bacias urbanas e pela redução da infiltração. A metodologia utilizada para estimar a parcela da água da chuva que deixa de infiltrar devido à impermeabilização do solo foi baseada no estudo de Campana e Tucci (1994), que obtiveram curvas que relacionam a densidade demográfica de uma região com a área do solo impermeabilizada a partir de dados

das cidades de Porto Alegre, São Paulo e Curitiba. O Quadro 20 apresenta os valores da curva ajustada.

Quadro 20 – Densidade habitacional e área impermeável

Densidade populacional (hab/ha)	Área impermeável (%)
25	11,3
50	23,3
75	36,0
100	50,0
120	58,7
150	64,7
200	66,7

Fonte: Campana e Tucci (1994).

Campana e Tucci (1994) mostraram a partir de imagens de satélite, que a densidade populacional guarda uma boa correlação com a impermeabilização dos terrenos, que tende a uma saturação ao redor de 66,7% a partir de 100 habitantes/hectare, quando então a verticalização manifesta-se mais fortemente.

Cabe lembrar que o valor adotado pelo *Natural Resources Conservation Service* (EUA) para áreas residenciais com lotes menores que 500 m<sup>2</sup>, típico da ocupação urbana brasileira, é de 65%. Conforme Menezes Filho e Tucci (2012), essas relações têm sido utilizadas largamente no Brasil em Planos de Drenagem Urbana.

No presente estudo, a densidade populacional foi calculada por setor censitário (IBGE, 2010). Foram selecionados apenas os setores censitários inseridos nas áreas urbanas do mapeamento de uso e ocupação do solo, uma vez que no presente estudo pretende-se abordar isoladamente as recargas sob influência da urbanização. Feito isso, calculou-se a densidade populacional de cada setor censitário e os mesmos foram reclassificados atribuindo-se os índices de permeabilidade do trabalho de Campana e Tucci (1994), apresentados no Quadro 20. A Figura 45 apresenta o resultado dessa reclassificação.

Em seguida, multiplicou-se o *raster* índice de permeabilidade dos setores censitário em área urbana pelo *raster* recarga natural dos aquíferos livres, calculado pelos métodos climatológico e de hidrologia de superfície.

A recarga natural média dos aquífero livres, sem considerar a impermeabilização do solo, é de 10,58 m<sup>3</sup>/s. Após a multiplicação pelos índices de permeabilidade a recarga média resultou em 10,533 m<sup>3</sup>/s, o que representa um déficit de 0,047 m<sup>3</sup>/s para as águas subterrâneas, ou seja, a impermeabilização do solo nas áreas

urbanas reduz em 0,44% a infiltração de água no solo. A Figura 46 apresentam uma comparação das recargas, antes e após a impermeabilização do solo.

A Figura 44 apresenta uma representação esquemática da metodologia adotada para o cálculo da parcela da água da chuva que deixa de infiltrar devido à impermeabilização do solo nas áreas urbanas.

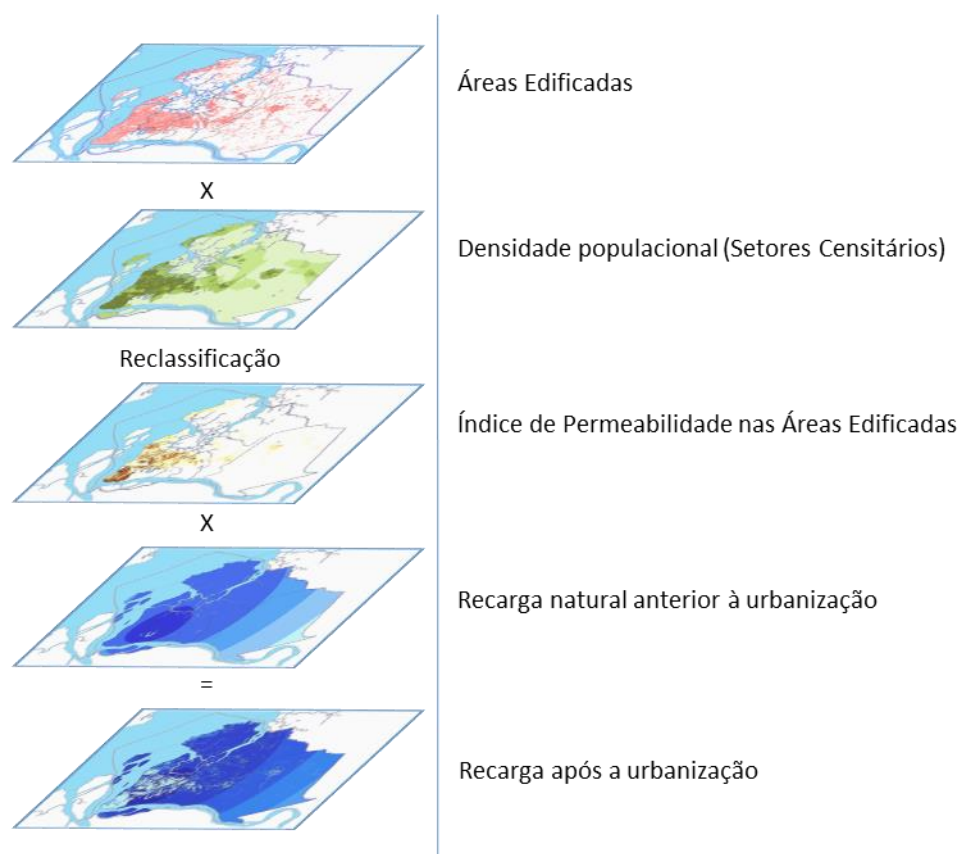
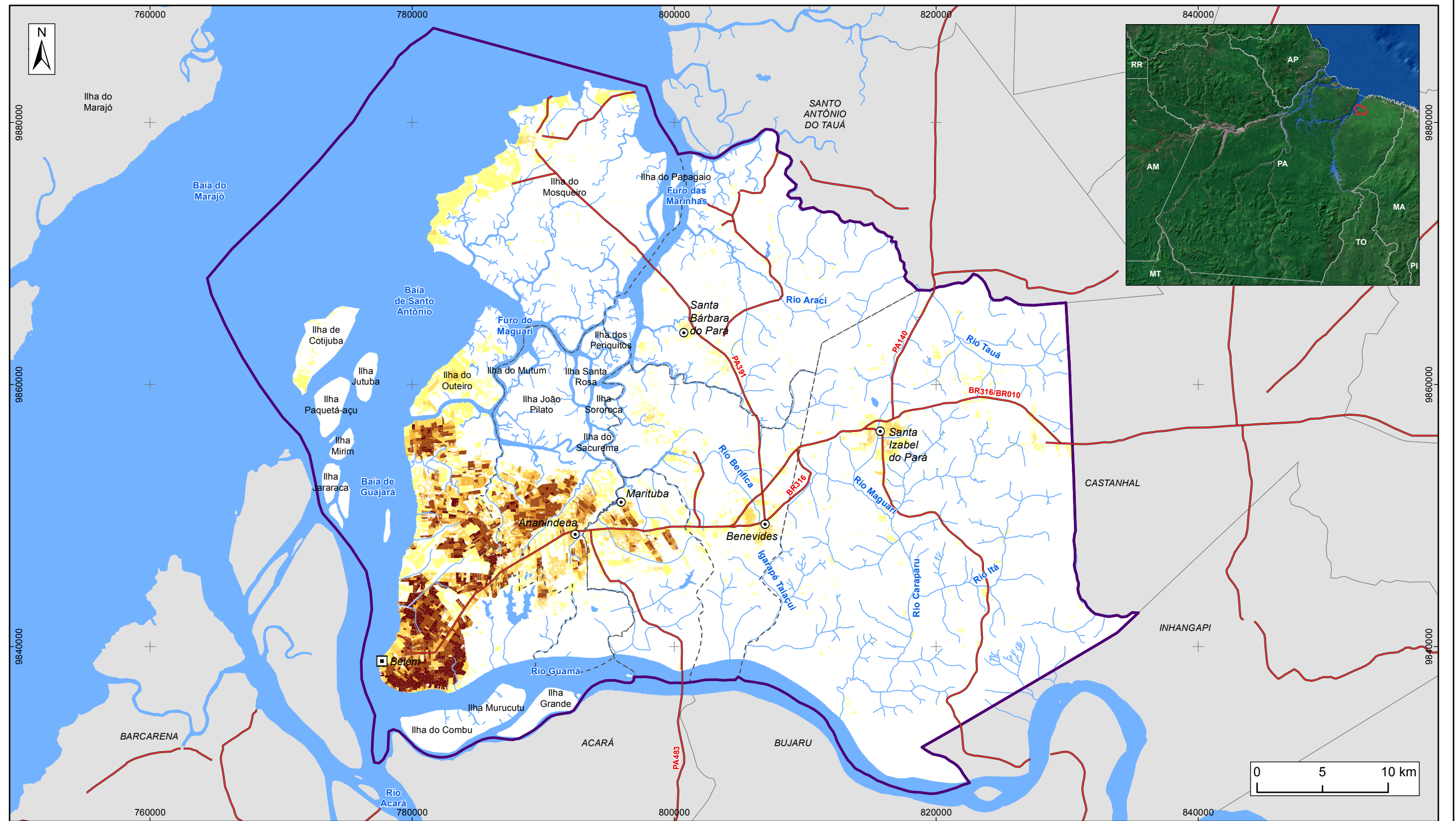


Figura 44 – Esquema metodológico adotado para o cálculo das recargas nas áreas urbanas, sob influência da impermeabilização do solo.





**LEGENDA**

- Capital Estadual **Área impermeável**
  - ⊙ Sede Municipal
  - ~ Hidrografia
  - Rodovia
  - ☪ Massa d'água
  - ⊕ Área de Estudo
  - - - Limite municipal
- |  |               |
|--|---------------|
|  | 11,3%         |
|  | 11,4% - 36%   |
|  | 36,1% - 50%   |
|  | 50,1% - 58,7% |
|  | 58,8% - 66,7% |
|  | 66,8% - 100%  |

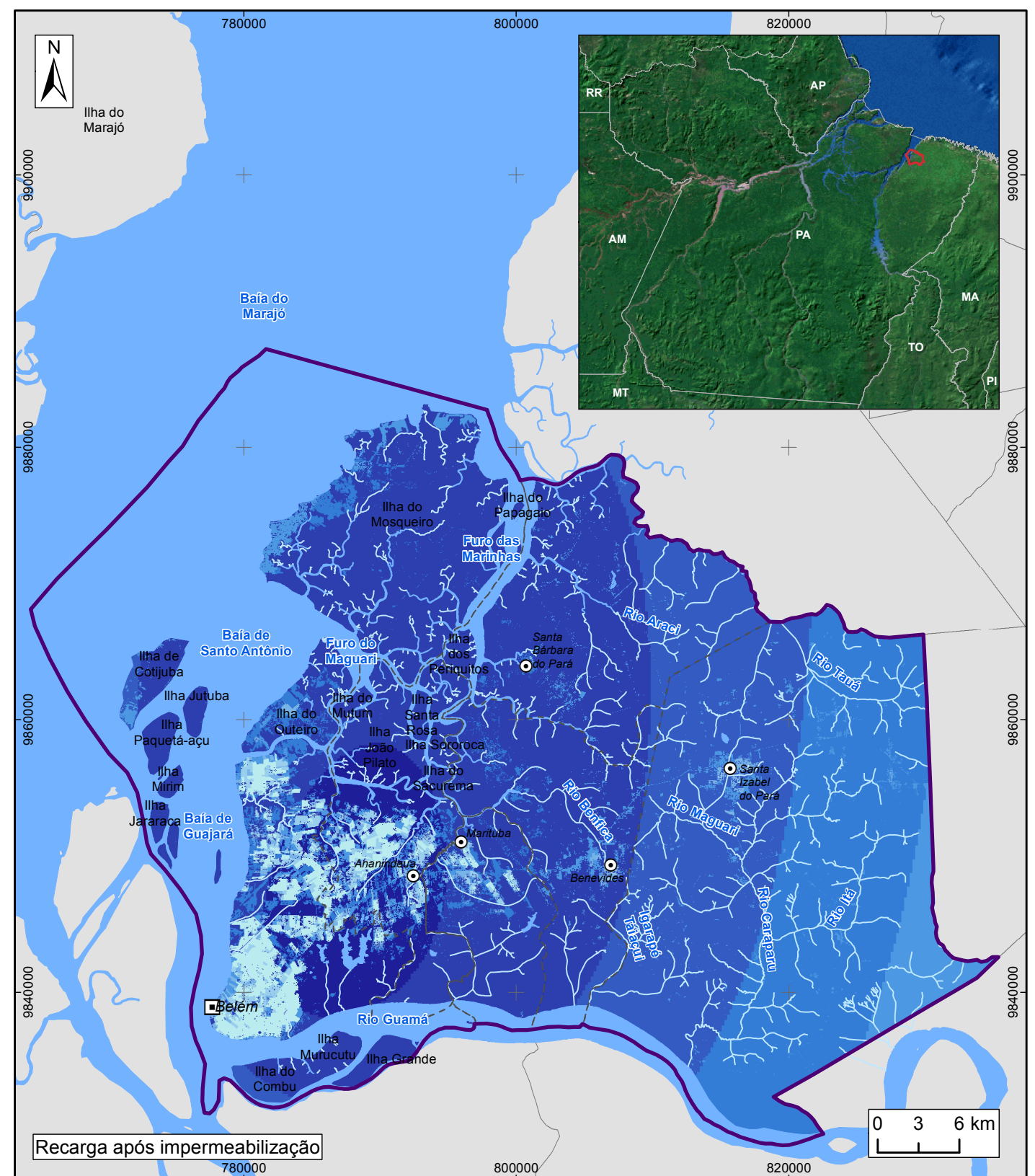
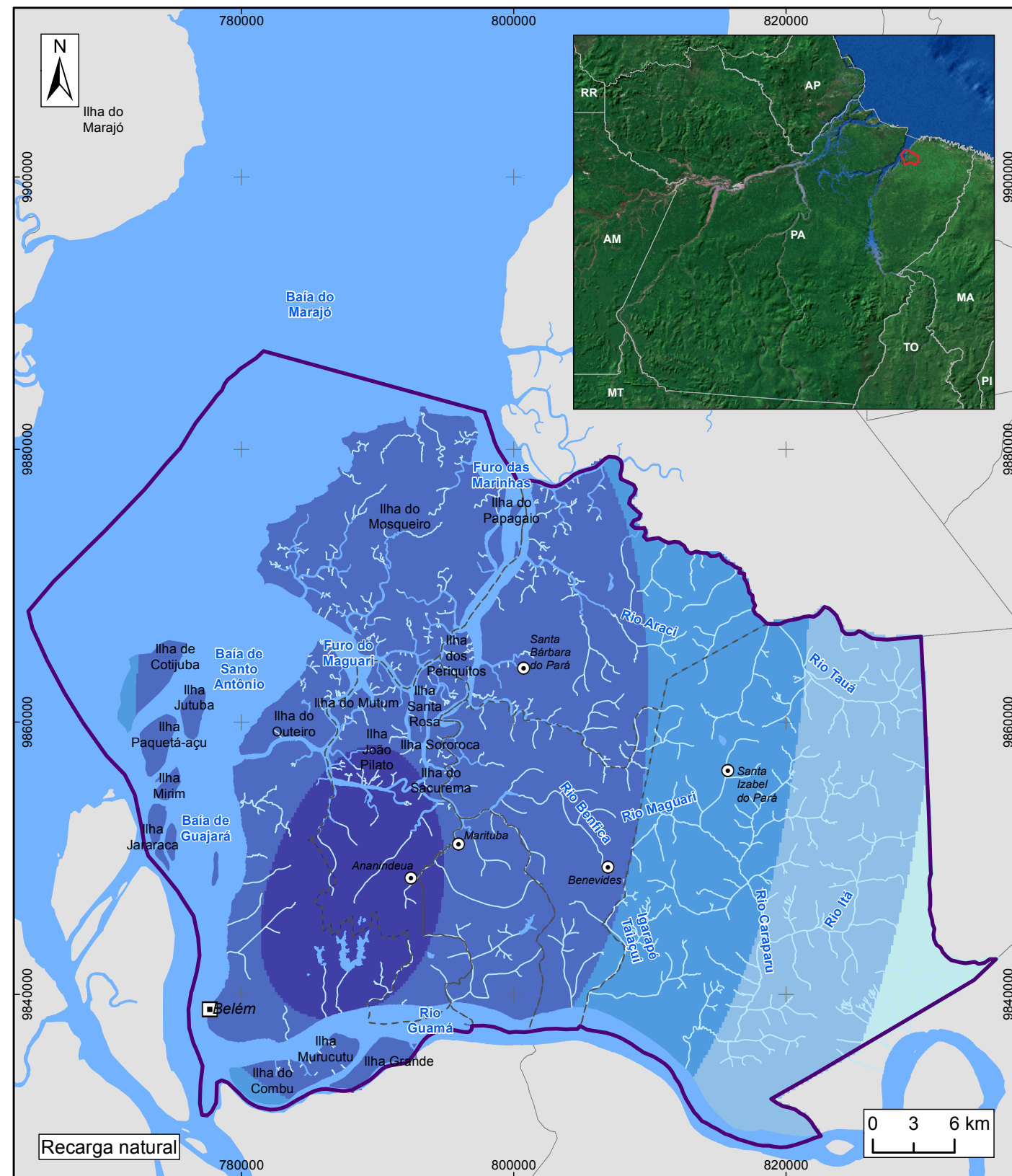
**Figura 45 – Taxa de permeabilidade nas áreas edificadas, por setor censitário**



**ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA**

Fonte: Limites políticos: IBGE. Hidrografia: CPRM. Ilhas: adaptado de SEMAS/PA. Impermeabilidade por setor censitário: Elaborado a partir de Campana e Tucci (1994), conforme densidade demográfica do Censo 2010

Sistema de Coordenadas:	UTM
Datum Horizontal:	SIRGAS 2000
Unidade:	Metros
Fiscalização:	ANA
Data:	Junho/2018
Arquivo:	Figura_45_Taxa_permeabilidade_Sector_A3
Escala:	1:290.000



**LEGENDA**

<ul style="list-style-type: none"> <li>▣ Capital Estadual</li> <li>⊙ Sede Municipal</li> <li>~ Hidrografia</li> <li>☪ Massa d'água</li> <li>⊕ Área de Estudo</li> <li>- - - Limite municipal</li> </ul>	<p><b>Recarga Natural</b></p> <p><b>m³/s</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>9,6 - 10</li> <li>10,1 - 10,5</li> <li>10,6 - 11</li> <li>11,1 - 11,5</li> <li>11,6 - 12</li> </ul>	<p><b>Recarga após impermeabilização</b></p> <p><b>m³/s</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2,21 - 4,5</li> <li>4,51 - 6,5</li> <li>6,51 - 8,5</li> <li>8,51 - 10</li> <li>10,1 - 10,5</li> <li>10,6 - 11</li> <li>11,1 - 11,5</li> <li>11,6 - 12</li> </ul>
---	---	---

**Figura 46 – Distribuição da recarga na área de estudo antes e após a impermeabilização do solo**



**ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA**

Fonte: Limites políticos: IBGE. Hidrografia: CPRM. Ilhas: adaptado de SEMAS/PA. Recarga: ANA/Profil

Sistema de Coordenadas:	UTM
Datum Horizontal:	SIRGAS 2000
Unidade:	Metros
Fiscalização:	ANA
Data:	Junho/2018
Arquivo:	Figura_46_Recarga_antes_apos_impermeabilizacao_A3
Escala:	1:400.000

## 5 RECARGA URBANA E SEUS IMPACTOS NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Conforme apresentado nos capítulos anteriores, diversas atividades, infraestruturas e fatores físicos naturais existentes em um aglomerado urbano podem provocar, influenciar ou potencializar um processo de degradação de um aquífero. Por exemplo, as impermeabilizações dos terrenos provocadas pelos arruamentos e edificações diminuem a parcela de água que naturalmente infiltraria para recarregar o aquífero naquela região. O adensamento de poços motivado pela crescente demanda de uma cidade em expansão, pode ser uma ameaça à quantidade, o qual, associado à diminuição da recarga pela impermeabilização, torna ainda mais crítico o potencial de superexploração. Em contrapartida, as fugas de água das redes de abastecimento contribuem com a recarga do aquífero, assim como os vazamentos das redes de esgoto e a infiltração das fossas e sumidouros (ANA, 2012).

A recarga urbana representa uma parcela de entrada de um dado volume de água no aquífero, situada na área de influência da urbanização, cuja origem é decorrente das ações antrópicas e dos modelos de uso e ocupação do solo (ANA, 2012). Dentre as componentes da recarga urbana avaliadas no presente estudo, estão: a quantidade de água que infiltra indiretamente no aquífero em decorrência de vazamentos nas redes de distribuição de água, vazamentos nas redes de esgoto e através da infiltração das fossas e sumidouros e, além disso, foi considerada como descarga urbana, a quantidade de água que deixa de infiltrar em função da impermeabilização do solo nas áreas urbanas. Os estudos pormenorizados apresentados nos capítulos anteriores, permitiram estimar os volumes de contribuição de cada componente da recarga urbana e avaliar os possíveis impactos dessa recarga no aquífero Barreiras.

Nos municípios da área de estudo, os índices de perdas físicas nas redes de distribuição de água, que representam o percentual da água disponibilizada para uso que não chega aos consumidores em decorrência de vazamentos em adutoras, redes, ramais, conexões, reservatórios e outras unidades operacionais do sistema, são na maioria superiores ao índice médio do Brasil (36,7%) e ao índice médio do estado do Pará (39,7%). Índices de perda superiores a 40% foram registrados em Ananindeua (48,9%), Belém (40,8%), Marituba (48,7%) e Santa Izabel do Pará (50,5%); apenas Benevides apresentou índice inferior à média nacional (30,2%). O índice de perdas de Santa Bárbara do Pará disponível no SNIS (2015)

era incompatível com a realidade operacional e, portanto, foi substituído pelo índice de 43,8%, média do índice de perdas dos demais municípios da região estudada.

A distribuição das perdas físicas na rede de abastecimento público dos municípios estudados é mostrada na Figura 47. As perdas totais foram estimadas em 3,02 m<sup>3</sup>/s de água. O volume de água oriundo do vazamento das redes de distribuição do sistema público de abastecimento infiltram no solo e contribuem para a recarga dos aquíferos.

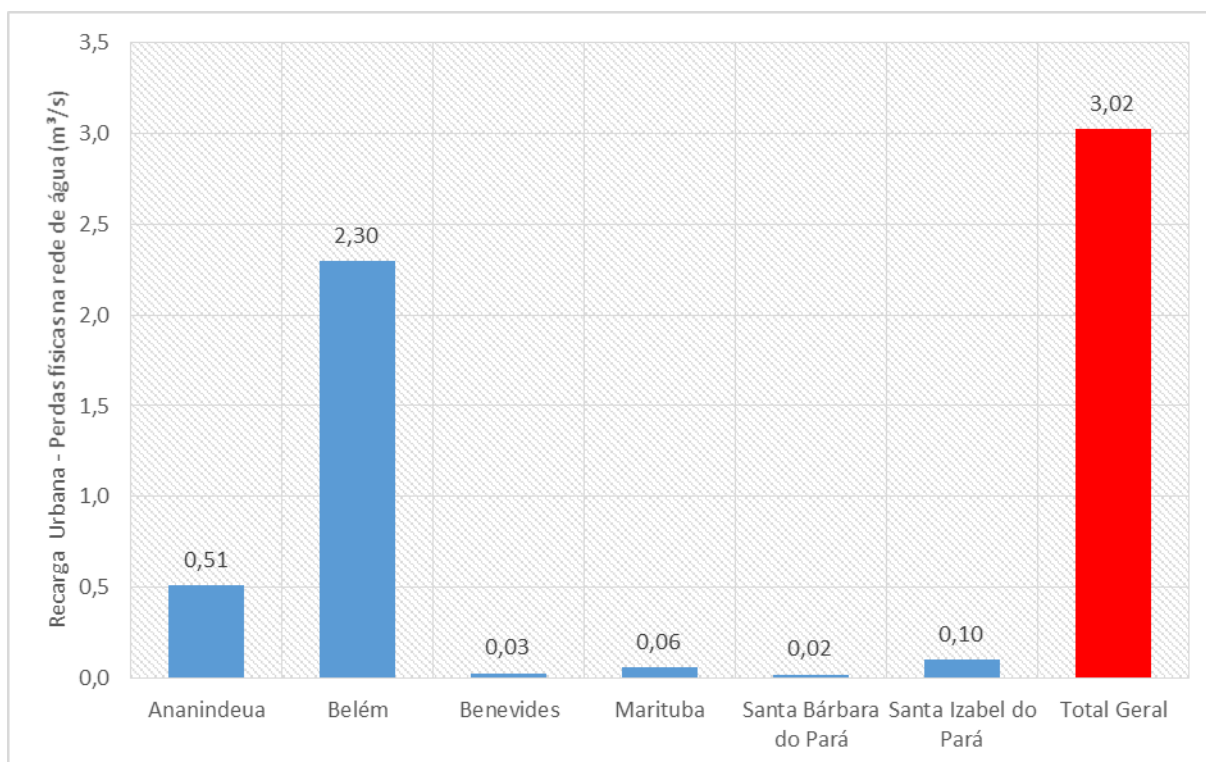


Figura 47 – Perdas físicas na rede de distribuição de água para abastecimento público

No que se refere à rede de coleta de esgoto, os índices de coleta são extremamente baixos na área estudada, muito abaixo da média nacional (55,2%). Conforme ANA (2017), o município de Belém apresenta o maior índice de coleta (20,5%), seguido de Ananindeua (11,3%), os quais apresentam índices de coleta superiores ao índice do Estado do Pará (5,4%). Os demais municípios têm índices que variam do máximo de 4,4% (Marituba) ao mínimo de 1,3% (Santa Izabel do Pará). Além de baixos, os volumes coletados de esgoto não são tratados, com exceção do município de Belém que trata pouco mais de 10% dos efluentes. A deficiência da coleta de esgotos propicia o uso de alternativas individuais, como fossas e sumidouros, etc.

A partir dos índices de coleta e tratamento disponíveis no Atlas Esgoto (ANA, 2017), estima-se que na região de Belém, apenas 15,9% do esgoto gerado é coletado ( $0,78 \text{ m}^3/\text{s}$ ), 52,6% dos esgotos são lançados em corpos d'água sem nenhum tipo de tratamento ( $2,58 \text{ m}^3/\text{s}$ ), enquanto 31,5% recebem tratamento por meio de solução individual ( $1,54 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Os efluentes industriais não foram considerados, uma vez que não existem dados nos cadastros dos órgãos ambientais.

A infiltração potencial no solo por efluentes, principalmente domésticos, originados de vazamentos na rede coletora de esgotos e despejos em fossas e sumidouros foi estimada para a região de Belém em  $1,32 \text{ m}^3/\text{s}$ , ou seja, dos  $4,91 \text{ m}^3/\text{s}$  de esgoto gerado (estimado por este estudo), 26,8% infiltram no solo, contribuindo para a recarga e potencial contaminação do aquífero Barreiras.

O município de Belém registra o maior valor de recarga potencial por esgotamento sanitário ( $0,84 \text{ m}^3/\text{s}$ ) em razão da maior população do município, seguido do município de Ananindeua ( $0,41 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Os demais municípios de área estudada somam apenas  $0,08 \text{ m}^3/\text{s}$  (Figura 48).

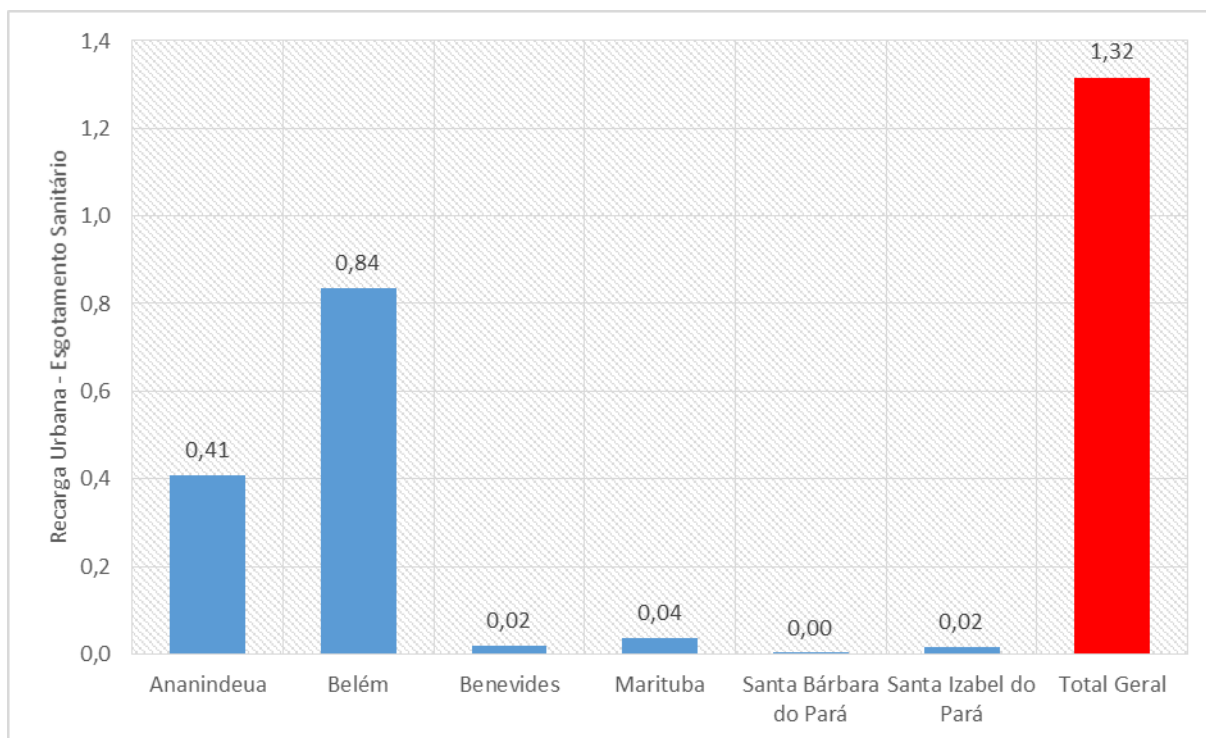


Figura 48 – Perdas na rede coletora de esgoto e infiltração das fossas e sumidouros

Os impactos nos aquíferos causados por vazamentos de água tratada da rede de abastecimento pública, vazamentos da rede coletora de esgotos e despejo de efluentes *in natura* em fossas e sumidouros são bastante distintos.

As águas superficiais são mais susceptíveis à poluição e podem apresentar qualidades físicas e bacteriológicas impróprias para o consumo humano. A poluição dos rios e represas com esgoto e rejeitos químicos nocivos também pode afetar a qualidade da água de abastecimento público, uma vez que o tratamento da água bruta pode não ser totalmente eficiente. A água que se infiltra nos aquíferos em decorrência de vazamentos na rede de distribuição têm características hidroquímicas diferentes daquelas encontradas em condições naturais nos aquíferos. As interações dessas águas modificam o ambiente hidroquímico natural e podem provocar dissolução ou precipitação de minerais, além de carregar em sua composição compostos poluentes, vindo a alterar a qualidade da água subterrânea.

Segundo Vinhal-Freitas *et al.* (2010), a maior ou menor disponibilidade dos metais é determinada pelos atributos físicos, químicos e mineralógicos dos solos como teor e tipo de argila, capacidade de troca catiônica, teor de matéria orgânica, pH, entre outros. Esses atributos influenciam as reações de adsorção/dessorção, precipitação/dissolução, complexação e oxirredução que, em conjunto, governam as formas de ocorrência dos elementos no solo. Se a capacidade adsorptiva do solo for ultrapassada, o elemento ficará potencialmente disponível para ser lixiviado para o aquífero.

Além disso, tanto a água superficial como a subterrânea são submetidas a tratamentos físicos, químicos ou uma combinação destes, com vistas ao atendimento do padrão de potabilidade exigido pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde. O tratamento para eliminar bactérias e outros microorganismos que podem estar presentes na água requer a adição de cloro em concentração mínima residual de 0,2 mg/L. Dependendo da concentração de cloro e da velocidade de escoamento, redes de distribuição de água de aço galvanizado podem sofrer corrosão e oxidação em diferentes intensidades, conforme as características químicas da água. Os efeitos indesejáveis compreendem a liberação de óxidos e hidróxidos de zinco, ferro, cádmio, chumbo e outros elementos contaminantes que podem atingir os aquíferos (TAJCHMAN, 1985).

Segundo Foster *et al.* (1998), os vazamentos da rede de distribuição de água são expressivos em termos de quantidade, mas pouco significantes no que se refere à contaminação das águas subterrâneas. Já os vazamentos da rede de esgoto ocorrem em pequena quantidade, porém, a qualidade da água que pode se infiltrar no aquífero é ruim (Quadro 21).

Quadro 21 – Recarga e poluentes associados

Fonte de Recarga	Importância	Qualidade	Poluentes indicadores
Vazamentos da rede de distribuição de água	Grande	Boa	Nenhum indicador óbvio
Irrigação de jardins	Moderada a Grande	Geralmente boa	Nenhum indicador óbvio
Fossas	Grande	Ruim	N, B, Cl, CF
Vazamentos da rede de esgoto	Menor	Ruim	N, B, Cl, CF, SO <sub>4</sub> , produtos químicos industriais
Bacias de drenagem de água superficial	Menor a maior	Boa a ruim	N, Cl, CF, HC, C, produtos químicos industriais
Infiltração proveniente de canais e rios	Menor a maior	Moderada a ruim	N, B, Cl, SO <sub>4</sub> , CF, C, produtos químicos industriais

B: Boro; CF: Coliformes Fecais; Cl: Cloreto e geralmente salinidade; C: Carbono; HC: Hidrocarbonetos; N: Compostos Nitrogenados; SO<sub>4</sub>: Sulfato

Fonte: Foster et al. (1998).

As redes de esgotamento geralmente conduzem dois grupos principais de efluentes: os sanitários e os industriais.

Os esgotos sanitários compreendem os despejos domésticos e são constituídos por matérias orgânicas e inorgânicas nas formas dissolvida, coloidal e suspensão. Os componentes orgânicos são constituídos por proteínas, carboidratos, gorduras, ureia e surfactantes, enquanto os inorgânicos são constituídos por substâncias minerais dissolvidas e areia (PAGANINI, 1997). Microorganismos como bactérias, vírus, protozoários e helmintos estão presentes, sendo que os primeiros são predominantes e responsáveis pela decomposição da matéria orgânica.

Foster e Hirata (1993) ressaltam que o principal contaminante da água subterrânea na zona urbana é proveniente do saneamento sem rede de coleta de esgoto, como fossas e sumidouros. Segundo os autores, boro, cloretos, hidrocarbonetos, compostos nitrogenados e sulfatos são os principais contaminantes provenientes do efluente sanitário (Quadro 21).

Os esgotos industriais possuem características químicas, físicas e biológicas próprias, variáveis em função do tipo de indústria, período de operação, matéria-prima utilizada, reutilização da água, etc. Destacam-se entre os principais contaminantes industriais os corantes (sólidos dissolvidos), tintas, óleos e graxas, ceras, ácidos graxos (geralmente insolúveis em água), detergentes (utilizados na lavagem de peças), ácidos usados nas indústrias de galvanoplastia, entre outros.

A caracterização do efluente industrial é de difícil consecução pela complexidade de processos e de elementos contaminantes envolvidos na produção. Normalmente, esses efluentes são lançados em um corpo hídrico superficial ou reutilizados após algum tipo de tratamento. A inexistência de um cadastro público não permitiu uma análise dos volumes de efluentes industriais gerados e descartados para o solo.

Não se pode desprezar, na qualidade da água da recarga urbana, as águas de precipitações atmosféricas que atingem regiões antropizadas e infiltram nos aquíferos rasos. Essas águas podem carrear poluentes industriais dispersos no ar e lavar superfícies contaminadas por diferentes componentes orgânicos e metais, como por exemplo, aterros sanitários, lixões, valas de lixo doméstico e lixo acumulado nas ruas, postos de combustível, cemitérios, etc. Ainda que a maior parte dessa água residual urbana seja descarregada para as drenagens, uma parcela pode se infiltrar e alcançar os aquíferos. Estudos geofísicos e hidroquímicos constataram contaminação de águas subterrâneas rasas em cemitérios de Belém (BRAZ et al., 2000; NASCIMENTO, 2009).

A despeito da ação atenuadora na retenção de elementos contaminantes que se infiltram no solo carregados pela água, a recarga derivada dos esgotos sanitários e industriais é potencialmente prejudicial à qualidade natural da água subterrânea. Do ponto de vista prático, a percolação de águas residuais deve ser vista como um processo de contaminação do aquífero em desenvolvimento.



## 6 AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES URBANAS EM UM CENÁRIO TENDENCIAL

Visando avaliar o impacto da urbanização nas águas subterrâneas nos horizontes de curto (2022), médio (2027) e longo prazo (2037), foi elaborado um cenário tendencial de crescimento econômico e populacional; e otimista relacionado aos serviços de saneamento básico. A população e o PIB Industrial foram projetados para cada horizonte temporal e a demanda hídrica para abastecimento humano, indústria e outros usuários seguiu a mesma proporção de crescimento dessas variáveis. Para cada horizonte temporal, foram incorporadas melhorias aos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Em relação ao abastecimento de água, considerou-se que, até 2037, 94% da população seja atendida com rede pública de abastecimento e que as perdas na rede de distribuição de água sejam reduzidas e alcancem índices em torno de 33%, metas do Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab).

Em relação ao esgotamento sanitário, considerou-se que, até 2037, a coleta e o tratamento de esgoto alcancem 87% da população, meta do Plansab; e que a população que hoje se utiliza de solução individual, seja incorporada gradativamente aos novos sistemas de coleta. A metodologia detalhada e os resultados são apresentados nos itens que seguem.

### 6.1 ABASTECIMENTO HUMANO

A projeção da demanda para abastecimento humano nos horizontes de curto (2022), médio (2027) e longo prazo (2037) seguiu as taxas de crescimento populacional observadas nos Censos Demográficos de 1991, 2000 e 2010 e estimada pelo IBGE, para 2017. Para cada cena temporal incorporou-se melhorias no acesso aos serviços de água (índice de cobertura) e na eficiência dos sistemas (índice de perdas), considerando, principalmente, as metas de cobertura e eficiência definidas pelo Plansab para a região Norte. A seguir, são apresentadas as premissas adotadas para o abastecimento humano em cada horizonte temporal:

Curto prazo (2022):

- Projeção da população para 5 anos.
- Reduzir a 50% os habitantes sem acesso a abastecimento público.
- Não haverá investimento em redução de perdas na rede de água.
- População incremental será 100% atendida com abastecimento público.

Médio prazo (2027):

- Projeção da população para 10 anos.
- Reduzir a 16% os habitantes sem acesso a abastecimento público.
- Reduzir as perdas de água a no máximo 41%.
- População incremental será 100% atendida com abastecimento público.

Longo prazo (2037):

- Projeção da população para 20 anos.
- Reduzir a 6% os habitantes sem acesso a abastecimento público.
- Reduzir as perdas de água a no máximo 33%.
- População incremental será 100% atendida com abastecimento público.

Nos municípios cujos índices de cobertura e de perdas estão dentro das premissas pré-estabelecidas, manteve-se o índice do cenário atual. É o caso, por exemplo do município de Belém, cujo índice de cobertura atual é de 90,10% (acima da meta estabelecida); e o município de Benevides, cujo índice de perdas atual é de 30,2% (acima da meta estabelecida). Os índices de cobertura e de perdas, para cada horizonte temporal, podem ser visualizados no Quadro 22 e no Quadro 23, respectivamente.

Quadro 22 – Índices de cobertura com abastecimento público de água adotados em cada horizonte temporal

Município	Índice de Cobertura (%)			
	2015	2022	2027	2037
Ananindeua	33,30	50,00	84,00	94,00
Belém	90,10	90,10	90,10	94,00
Benevides	47,71	50,00	84,00	94,00
Marituba	22,20	50,00	84,00	94,00
Santa Bárbara do Pará	60,07	60,07	84,00	94,00
Santa Izabel do Pará	62,07	62,07	84,00	94,00

Quadro 23 – Índices de perdas na rede de distribuição de água adotados em cada horizonte temporal

Município	Índice de Perdas (%)			
	2015	2022	2027	2037
Ananindeua	48,9	48,9	41,0	33,0
Belém	40,8	40,8	35,0	33,0
Benevides	30,2	30,2	30,2	30,2
Marituba	48,7	48,7	41,0	33,0
Santa Bárbara do Pará	43,8	43,8	41,0	33,0
Santa Izabel do Pará	50,5	50,5	41,0	33,0

O Quadro 24 apresenta a população total dos municípios da área de estudo observada nos Censos de 1991, 2000 e 2010 e a população estimada pelo IBGE para 2017. Além disso, o quadro apresenta a projeção da população para os horizontes de curto, médio e longo prazo, estimada utilizando-se a última taxa geométrica de crescimento observada entre 2010 e 2017, apresentada no Quadro 25.

Quadro 24 – Evolução e projeção da população total, por município.

População Total (hab)							
Ano	Ananindeua	Belém	Benevides	Marituba	Santa Bárbara do Pará	Santa Izabel do Pará	Total
Valores Observados							
1991	244.442	1.084.996	18.867	44.492	8.509	33.329	1.434.635
2000	393.569	1.280.614	35.546	74.429	11.378	43.227	1.838.763
2010	471.980	1.393.399	51.651	108.246	17.141	59.466	2.101.883
Projeção - Método Geométrico							
2017	516.057	1.452.275	60.990	127.858	20.492	68.836	2.246.508
2022	550.039	1.495.846	68.678	144.007	23.280	76.420	2.358.270
2027	586.259	1.540.725	77.334	162.195	26.446	84.839	2.477.798
2037	666.010	1.634.562	98.059	205.753	34.131	104.563	2.743.078

Fonte: IBGE (1991, 2000 e 2010).

Quadro 25 – Taxas geométricas de crescimento da população total, por município.

Município	Taxa Geométrica (% a.a)			
	1991	2000	2010	2017
Ananindeua	-	5,43%	1,83%	1,28%
Belém	-	1,86%	0,85%	0,59%
Benevides	-	7,29%	3,81%	2,40%
Marituba	-	5,88%	3,82%	2,41%
Santa Bárbara do Pará	-	3,28%	4,18%	2,58%
Santa Izabel do Pará	-	2,93%	3,24%	2,11%

A partir da projeção da população e das premissas apontadas no Quadro 22, estimou-se a população atendida por sistema público de abastecimento (Quadro 26 e Figura 49) e a população não atendida (Quadro 27 e Figura 50) em cada horizonte temporal.

Quadro 26 – Projeção da população atendida por sistema público de abastecimento, por município

Município	População atendida (hab)			
	2017	2022	2027	2037
Ananindeua	171.847	292.011	503.690	635.047
Belém	1.308.500	1.352.071	1.396.950	1.547.426
Benevides	29.097	38.183	67.576	94.400
Marituba	28.384	80.078	141.738	198.082
Santa Bárbara do Pará	12.309	15.097	23.167	32.901
Santa Izabel do Pará	42.727	50.311	73.825	100.433
<b>Total</b>	<b>1.592.864</b>	<b>1.827.751</b>	<b>2.206.946</b>	<b>2.608.289</b>

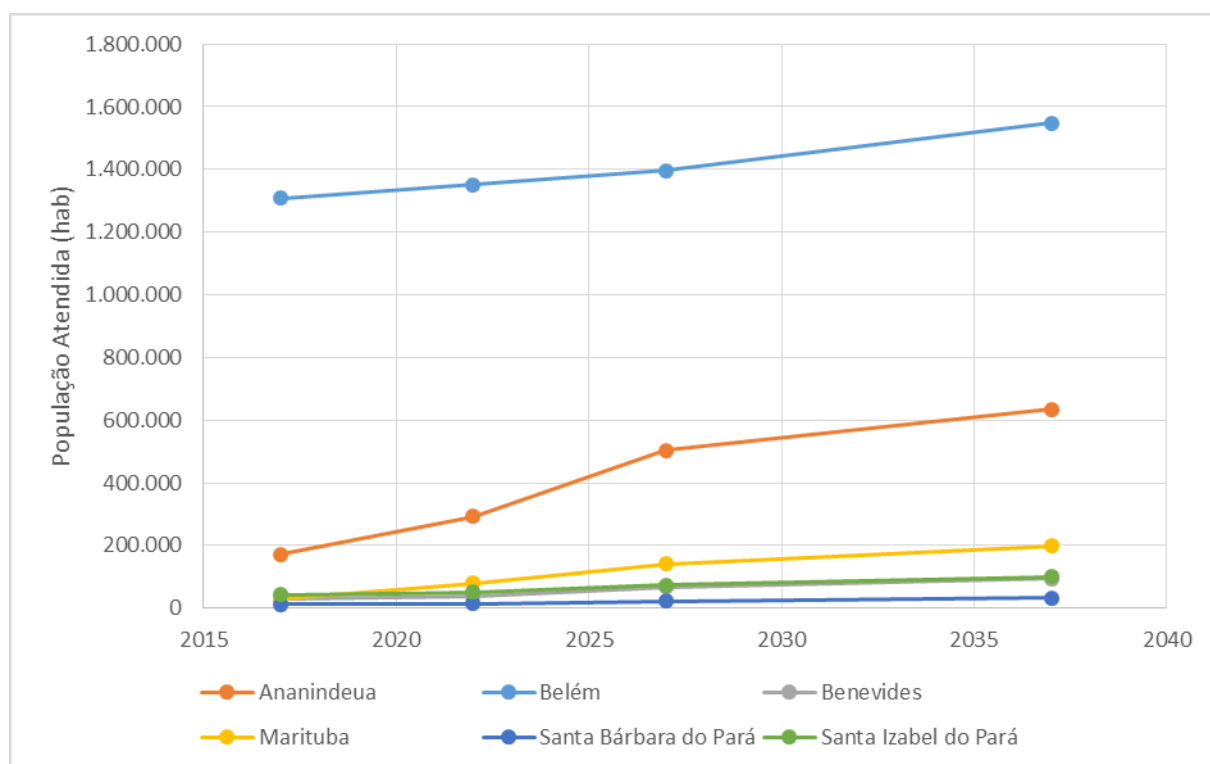


Figura 49 – Projeção da população atendida por sistema público de abastecimento, por município

Quadro 27 – Projeção da população não atendida por sistema público de abastecimento, por município

Município	População não atendida (hab)			
	2017	2022	2027	2037
Ananindeua	344.210	258.028	82.569	30.963
Belém	143.775	143.775	143.775	87.136
Benevides	31.893	30.495	9.758	3.659
Marituba	99.474	63.929	20.457	7.671
Santa Bárbara do Pará	8.183	8.183	3.279	1.230
Santa Izabel do Pará	26.109	26.109	11.014	4.130
<b>Total</b>	<b>653.644</b>	<b>530.519</b>	<b>270.852</b>	<b>134.789</b>

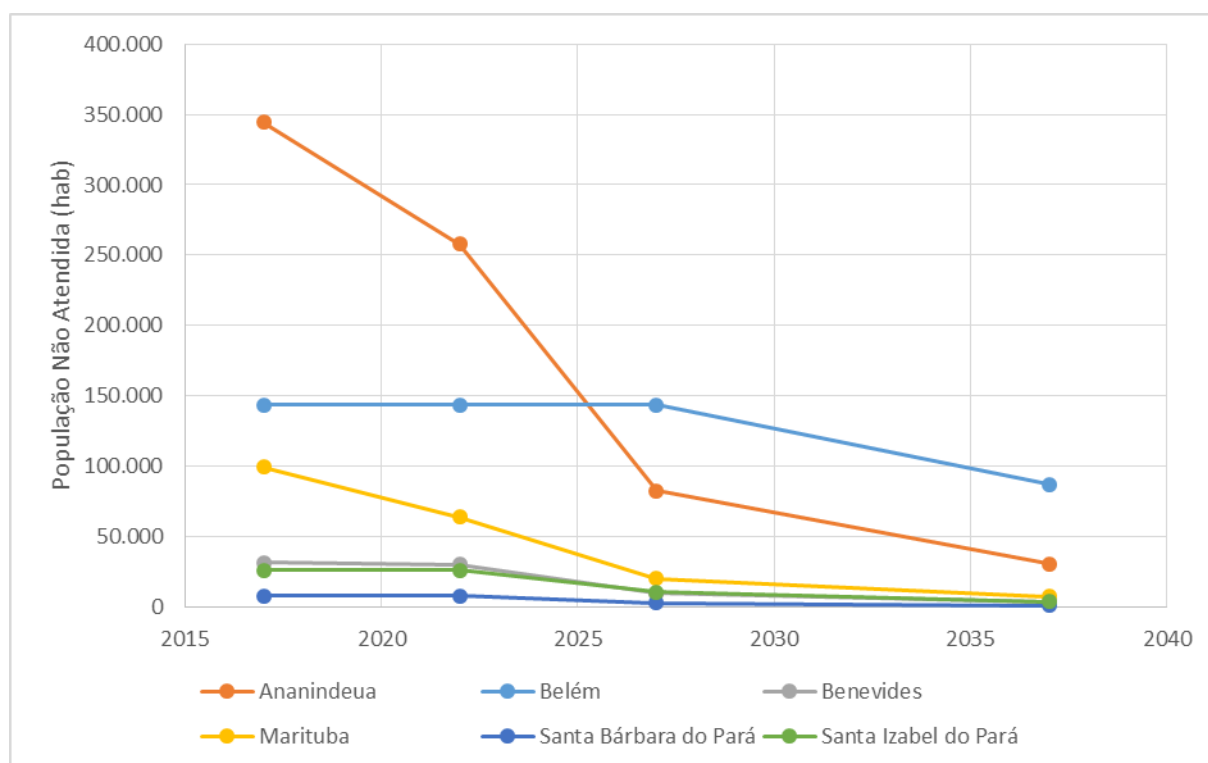


Figura 50 – Projeção da população não atendida por sistema público de abastecimento, por município

### **6.1.1 População atendida por Sistema Público**

Para a estimativa da quantidade de água a ser produzida pelos sistemas públicos de abastecimento, multiplicou-se o consumo médio *per capita* de cada município pela população atendida em cada horizonte temporal. Além disso, considerou-se a quantidade de água perdida na rede de distribuição, de forma que o consumo *per capita* pré-estabelecido fosse atendido. Para Ananindeua, Belém e Marituba foi utilizado o consumo médio *per capita* informado pela COSANPA (2018) (Quadro 2). Para os demais municípios, utilizou-se um consumo médio *per capita* de 200 L/hab.dia. O Quadro 28 e a Figura 51 apresentam a quantidade de água a ser produzida para abastecimento da população atendida por sistema público.

Quadro 28 – Projeção da quantidade de água a ser produzida pelos sistemas públicos de abastecimento

Município	Produção – Abastecimento Público (m³/s)			
	2017	2022	2027	2037
Ananindeua	1,05	1,79	2,67	2,96
Belém	5,63	5,82	5,82	5,82
Benevides	0,10	0,13	0,22	0,31
Marituba	0,12	0,34	0,53	0,65
Santa Bárbara do Pará	0,05	0,06	0,09	0,11
Santa Izabel do Pará	0,20	0,24	0,29	0,35
<b>Total</b>	<b>7,15</b>	<b>8,37</b>	<b>9,62</b>	<b>10,20</b>

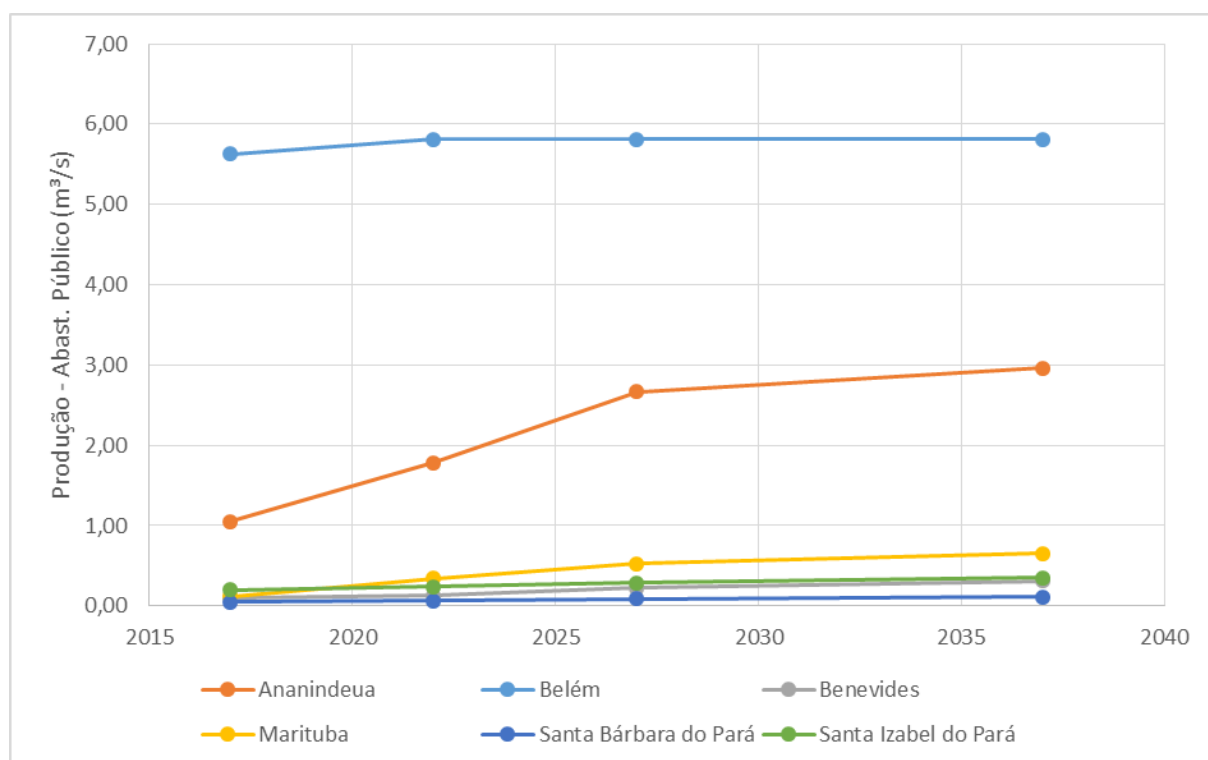


Figura 51 – Projeção da quantidade de água a ser produzida pelos sistemas públicos de abastecimento

O Quadro 29 e a Figura 52 apresentam a projeção das perdas na rede pública de água, considerando as premissas estabelecidas no Quadro 23.

Quadro 29 – Projeção das perdas nos sistemas público de abastecimento

Município	Perdas – Abastecimento Público (m³/s)			
	2017	2022	2027	2037
Ananindeua	0,51	0,87	1,09	0,98
Belém	2,30	2,37	2,04	1,92
Benevides	0,03	0,04	0,07	0,09
Marituba	0,06	0,17	0,22	0,21
Santa Bárbara do Pará	0,02	0,03	0,04	0,04
Santa Izabel do Pará	0,10	0,12	0,12	0,11
<b>Total</b>	<b>3,02</b>	<b>3,60</b>	<b>3,57</b>	<b>3,36</b>

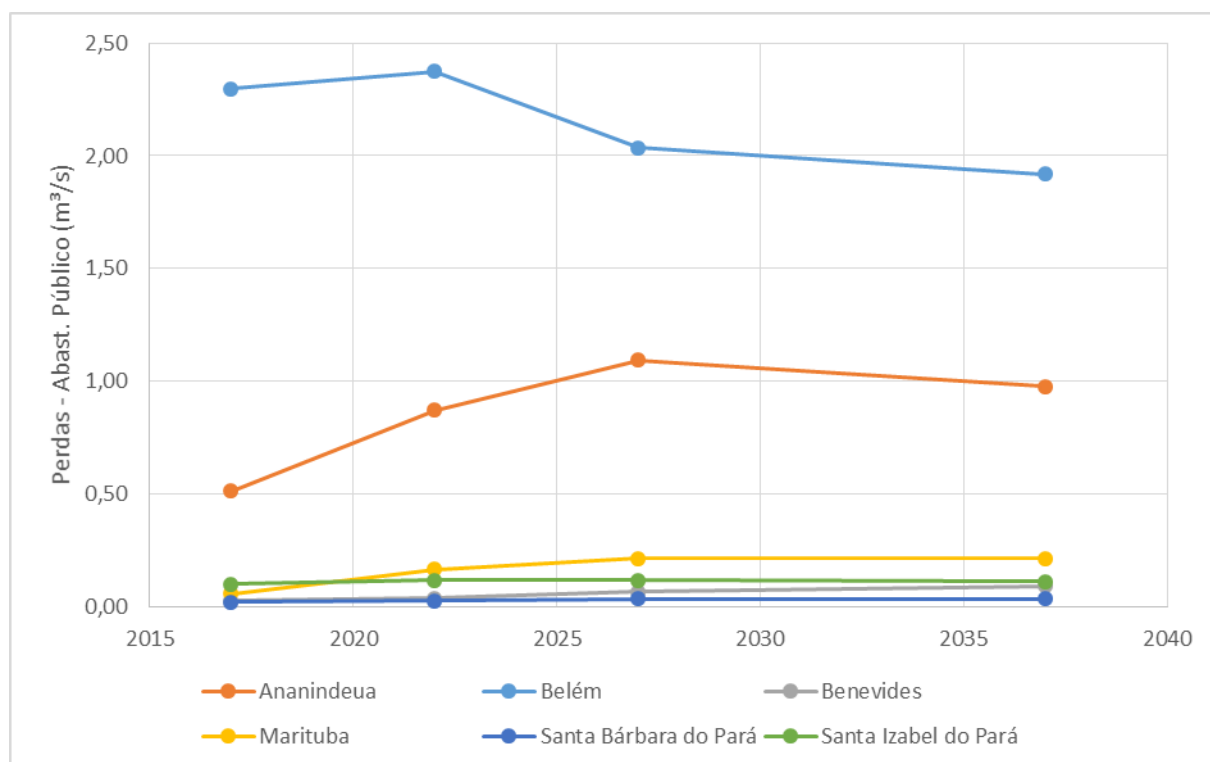


Figura 52 – Projeção das perdas nos sistemas público de abastecimento

Ao observar a Figura 51 e a Figura 52, percebe-se que o município de Belém não precisaria mais aumentar a produção de água, caso investisse no controle das perdas físicas (eficiência dos sistemas) a partir de 2022. A vazão que deixaria de ser perdida, seria suficiente para suprir a demanda de 94% da população do município até 2037.

O maior crescimento na produção de água é verificado em Ananindeua (Figura 51) pelo fato do índice de atendimento atual ser muito baixo (33,3%). Com o aumento da cobertura de atendimento da população, seria necessário um investimento significativo na produção de água e na rede de distribuição. Esse aumento na rede de distribuição seria



acompanhado por um crescimento das perdas (Figura 52), pois mais água estaria sendo distribuída e, conseqüentemente, mais água estaria sendo perdida.

Marituba também apresenta atualmente um índice de cobertura baixo (22,2%), mas como o município é menos populoso, a expansão necessária de produção de água é menos significativa. Além de um aumento na produção, também se nota um incremento nas perdas na rede de distribuição de água desse município, uma vez que mais água estaria sendo distribuída.

A participação dos mananciais subterrâneos na produção de água foi estimada considerando-se a manutenção da proporção entre as captações superficiais e subterrâneas verificada atualmente, uma vez que não há como prever uma tendência de crescimento de determinado tipo de captação. Para Belém, contudo, devido ao potencial instalado e, atualmente, subutilizado do Complexo Bolonha, considerou-se que haveria um investimento na revitalização e modernização desse Sistema, assim como a ampliação do sistema de adução. Como a água desse Sistema é inteiramente proveniente de mananciais superficiais, haveria um crescimento maior da participação dos mananciais superficiais nesse município e uma manutenção da participação das águas subterrâneas aos níveis atuais. Assim, a participação dos mananciais subterrâneos na produção de água para abastecimento público é apresentada no Quadro 30 e Figura 53.

Quadro 30 – Projeção da participação de mananciais subterrâneos na produção de água para abastecimento público

Município	Água Subterrânea – Abastecimento Público (m³/s)			
	2017	2022	2027	2037
Ananindeua	0,75	1,28	1,91	2,12
Belém	3,03	3,03	3,03	3,03
Benevides	0,10	0,13	0,22	0,31
Marituba	0,12	0,34	0,53	0,65
Santa Bárbara do Pará	0,05	0,06	0,09	0,11
Santa Izabel do Pará	0,20	0,24	0,29	0,35
<b>Total</b>	<b>4,25</b>	<b>5,07</b>	<b>6,07</b>	<b>6,57</b>

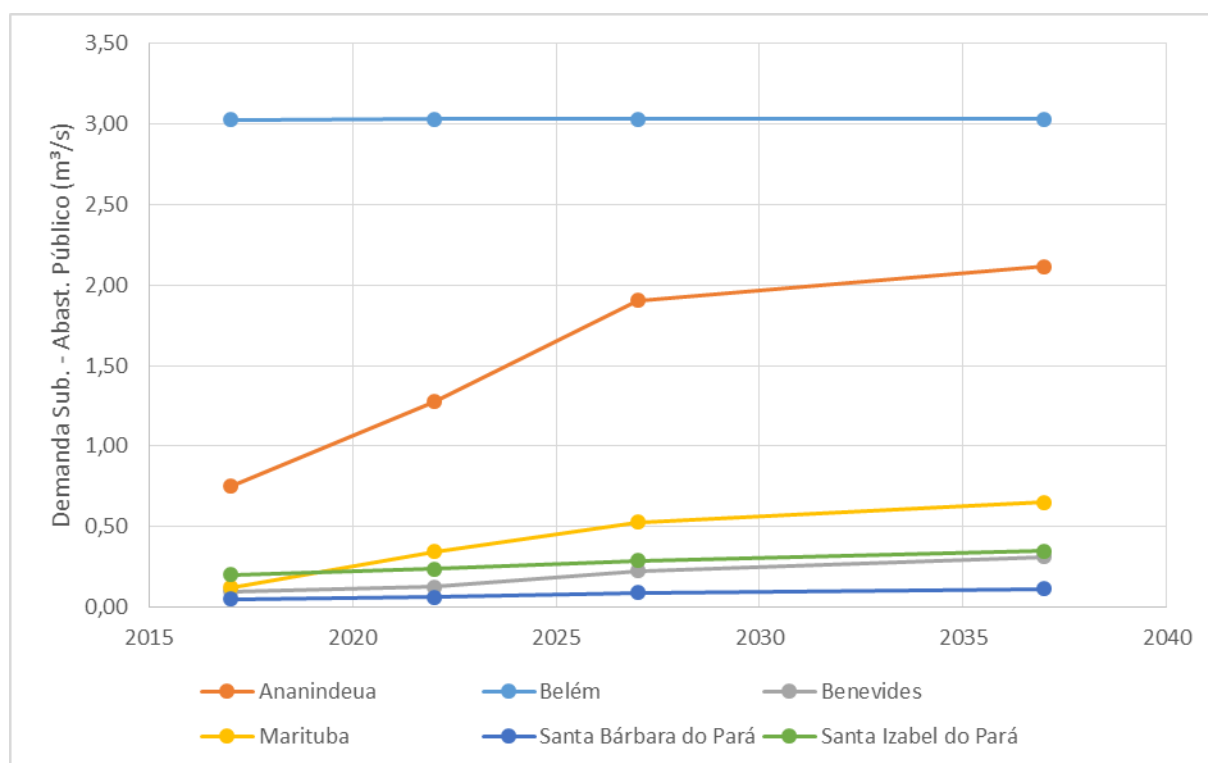


Figura 53 – Projeção da participação de mananciais subterrâneos na produção de água para abastecimento público

### 6.1.2 Demanda da população não atendida por Sistema Público

Para a estimativa da demanda de água necessária para abastecimento do restante da população que não recebe água da rede pública, considerou-se um consumo médio *per capita* de 200 L/hab.dia para a população residente em área urbana e 100 L/hab.dia para a população residente em área rural. O Quadro 31 e a Figura 54 apresentam a projeção da demanda para a população urbana não atendida por sistema público.

Quadro 31 – Projeção da demanda hídrica para a população urbana não atendida por sistema público de abastecimento

Município	Demanda – População urbana não atendida (m³/s)			
	2017	2022	2027	2037
Ananindeua	0,795	0,596	0,191	0,071
Belém	0,330	0,330	0,330	0,200
Benevides	0,041	0,040	0,013	0,005
Marituba	0,228	0,146	0,047	0,018
Santa Bárbara do Pará	0,006	0,006	0,002	0,001
Santa Izabel do Pará	0,044	0,044	0,018	0,007
<b>Total</b>	<b>1,444</b>	<b>1,161</b>	<b>0,601</b>	<b>0,302</b>

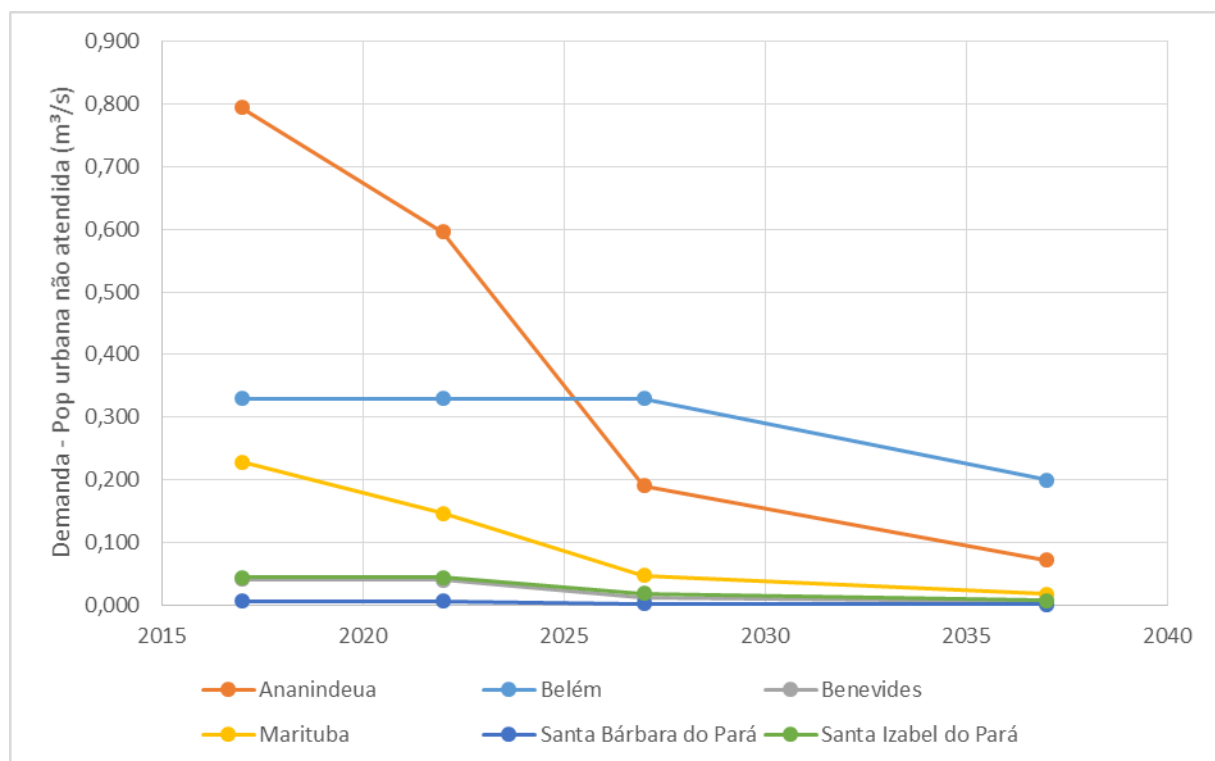


Figura 54 – Projeção da demanda hídrica para a população urbana não atendida por sistema público de abastecimento

O Quadro 32 e a Figura 55 apresentam a projeção da demanda para a população rural não atendida por sistema público.

Quadro 32 – Projeção da demanda hídrica para a população rural não atendida por sistema público de abastecimento

Município	Demanda – População rural não atendida (m³/s)			
	2017	2022	2027	2037
Ananindeua	0,001	0,001	0,000	0,000
Belém	0,001	0,001	0,001	0,001
Benevides	0,016	0,016	0,005	0,002
Marituba	0,001	0,001	0,000	0,000
Santa Bárbara do Pará	0,006	0,006	0,003	0,001
Santa Izabel do Pará	0,008	0,008	0,004	0,001
<b>Total</b>	<b>0,035</b>	<b>0,033</b>	<b>0,013</b>	<b>0,005</b>

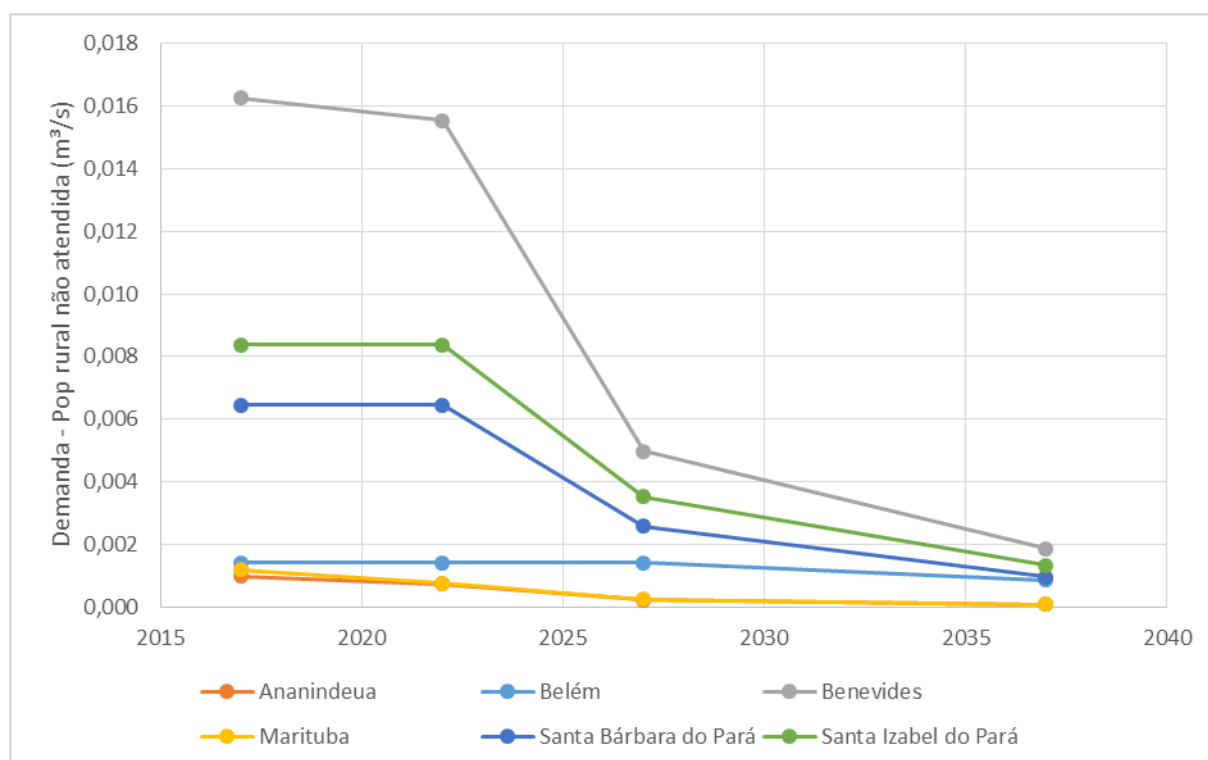


Figura 55 – Projeção da demanda hídrica para a população rural não atendida por sistema público de abastecimento

Percebe-se, portanto, uma redução da população que se abastece com fontes individuais, uma vez que a demanda dessa população, com o passar do tempo, passa a ser incorporada pelos sistemas públicos de abastecimento.

Para a estimativa da participação das águas subterrâneas no abastecimento da população não atendida, considerou-se a manutenção da proporção entre as demandas superficiais e subterrâneas aos níveis atuais. Assim, a projeção da demanda por água subterrânea da população urbana e rural somadas é apresentada no Quadro 33 e Figura 56.

Quadro 33 – Projeção da demanda hídrica subterrânea para a população total não atendida por sistema público de abastecimento

Município	Demanda subterrânea – População total não atendida (m³/s)			
	2017	2022	2027	2037
Ananindeua	0,789	0,591	0,189	0,071
Belém	0,324	0,324	0,324	0,196
Benevides	0,056	0,054	0,017	0,006
Marituba	0,228	0,147	0,047	0,018
Santa Bárbara do Pará	0,011	0,011	0,005	0,002
Santa Izabel do Pará	0,049	0,049	0,021	0,008
<b>Total</b>	<b>1,458</b>	<b>1,177</b>	<b>0,603</b>	<b>0,301</b>

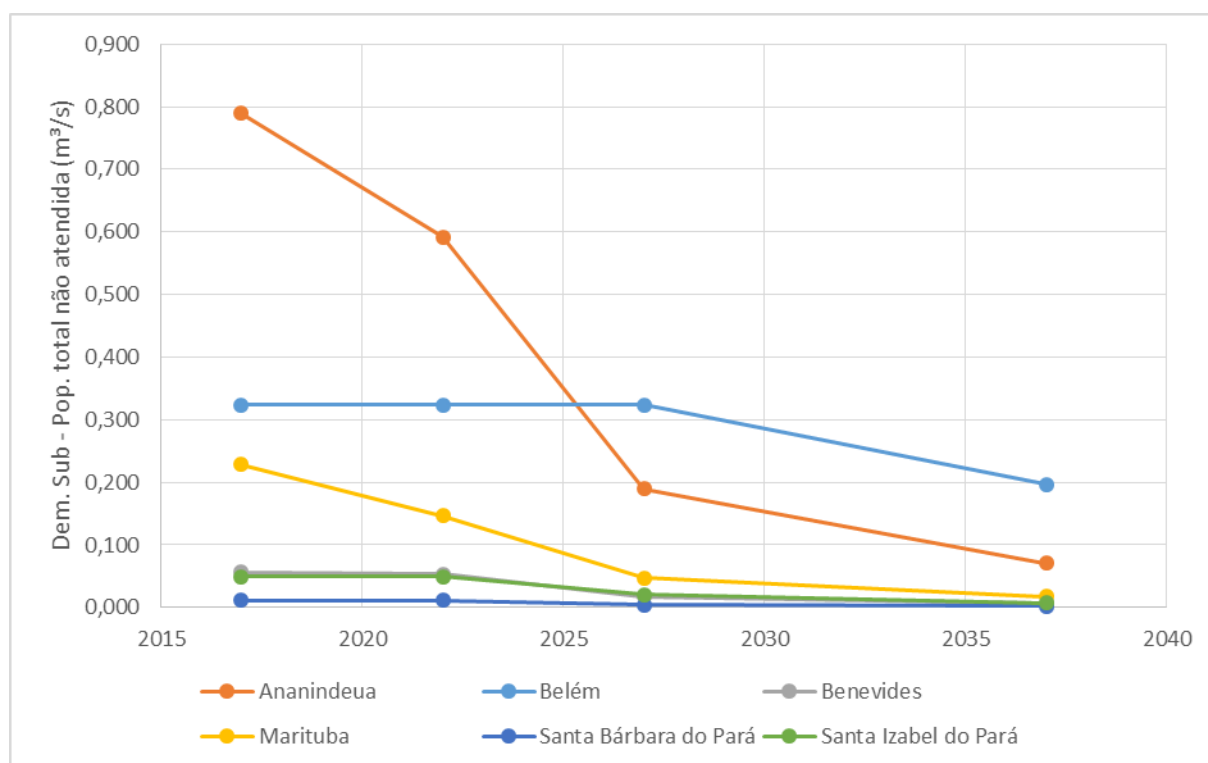


Figura 56 – Projeção da demanda hídrica subterrânea para a população total não atendida por sistema público de abastecimento

## 6.2 INDÚSTRIA E OUTROS USUÁRIOS

A projeção das demandas do setor industrial e de outros usuários para horizontes de planejamento de curto (2022), médio (2027) e longo prazo (2037) foi avaliada em função da tendência de crescimento dos Valores Agregados Brutos (VAB) da indústria entre 2002 e 2015. Os valores foram obtidos no site do IBGE para cada município. A evolução e as projeções do VAB da Indústria dos municípios da área de estudo são apresentadas no Quadro 34.

Quadro 34 – Evolução e projeção do VAB Industrial, por município.

VAB Indústria (R\$ 1.000)							
Ano	Ananindeua	Belém	Benevides	Marituba	Santa Bárbara do Pará	Santa Izabel do Pará	Total
Valores Observados							
2002	268.828	1.395.195	20.546	98.912	8.520	33.352	1.825.353
2003	257.945	1.786.434	19.460	87.119	6.741	31.560	2.189.259
2004	391.075	2.142.930	27.070	137.923	12.891	48.405	2.760.294
2005	435.549	1.981.197	53.512	128.736	16.241	37.164	2.652.399
2006	518.470	2.120.689	131.622	133.998	26.092	31.010	2.961.881
2007	533.565	2.014.746	200.145	140.232	30.776	35.946	2.955.409
2008	553.094	2.316.006	219.720	137.634	28.058	38.726	3.293.238
2009	507.714	2.256.453	183.217	115.915	16.752	43.092	3.123.142
2010	670.904	2.691.089	231.197	144.135	16.022	60.091	3.813.438
2011	834.337	3.407.447	260.503	130.383	21.227	73.991	4.727.888
2012	1.046.100	4.792.097	286.299	118.029	26.099	11.792	6.280.416
2013	845.420	3.990.043	334.996	143.032	23.633	58.831	5.395.954
2014	1.027.552	4.319.939	361.626	185.750	31.938	69.283	5.996.089
2015	1.130.121	4.370.083	388.270	167.637	30.003	78.856	6.164.971
Projeção Tendencial							
2017	1.203.711	4.905.627	448.025	168.094	32.040	69.006	6.826.503
2022	1.533.066	6.128.107	597.980	189.204	39.095	82.351	8.569.803
2027	1.862.421	7.350.587	747.935	210.314	46.150	95.696	10.313.103
2037	2.521.131	9.795.547	1.047.845	252.534	60.260	122.386	13.799.703

A Figura 57 apresenta a tendência de crescimento do VAB Industrial de cada município, assim como a projeção, a partir da tendência observada.

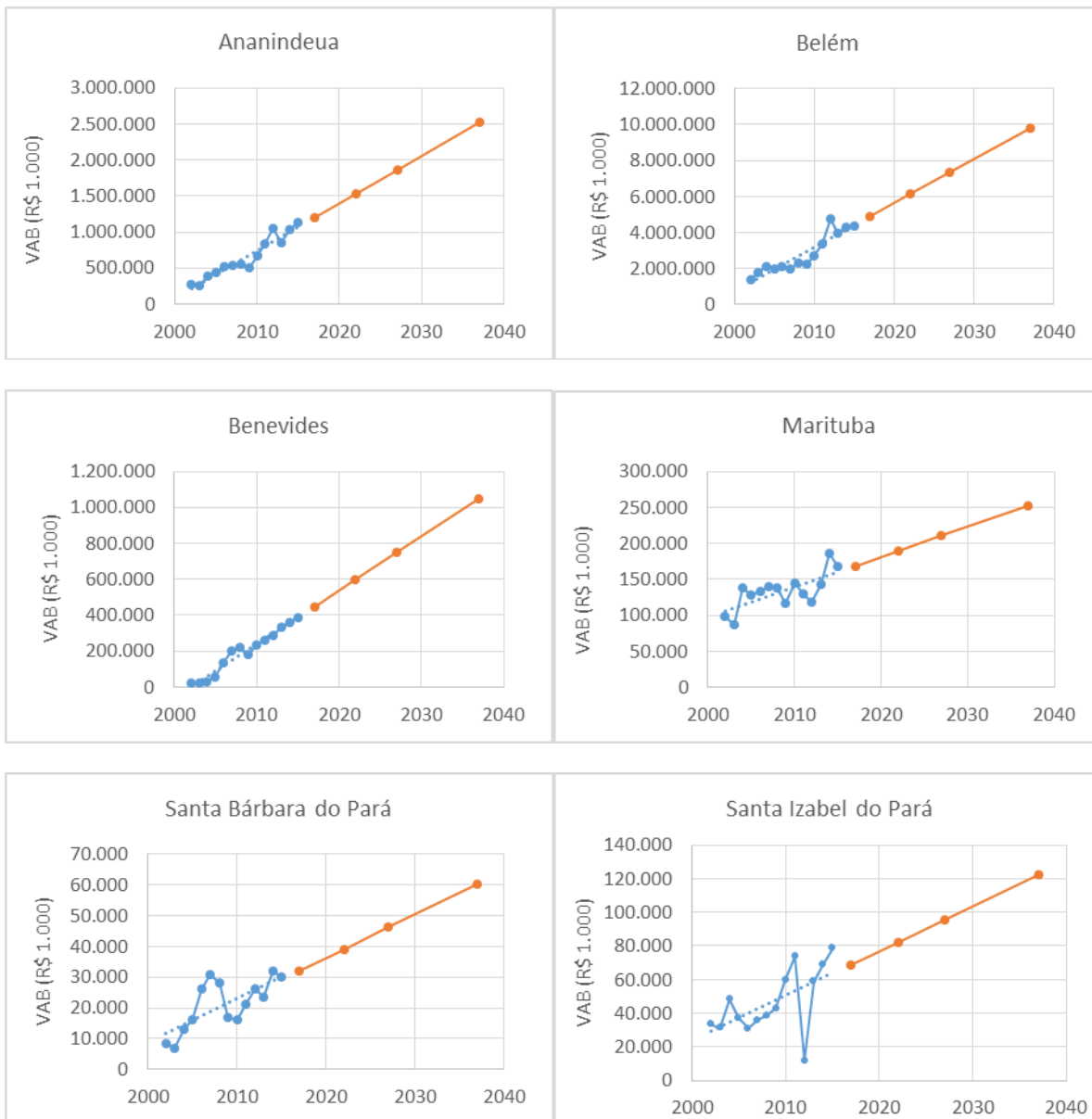


Figura 57 – Evolução e Projeção do VAB Industrial, por município.

As demandas da indústria e de outros usuários, estimadas a partir do Cadastro de Outorgas da SEMAS para o cenário atual, foram então projetadas para os horizontes de planejamento de 5, 10 e 20 anos, aplicando-se a mesma proporção de crescimento do VAB Industrial em relação ao cenário atual.

O Quadro 35 e a Figura 58 apresentam a projeção da demanda total da indústria e o Quadro 36 e a Figura 59 apresentam a demanda total de outros usuários.

Quadro 35 – Projeção da demanda hídrica da indústria

Demanda – Indústria (m³/s)				
Município	2017	2022	2027	2037
Ananindeua	0,05	0,06	0,07	0,10
Belém	0,35	0,44	0,53	0,70
Benevides	0,18	0,24	0,30	0,41
Marituba	0,01	0,01	0,01	0,02
Santa Bárbara do Pará	0,01	0,01	0,01	0,01
Santa Izabel do Pará	0,02	0,03	0,03	0,04
<b>Total</b>	<b>0,61</b>	<b>0,78</b>	<b>0,95</b>	<b>1,28</b>

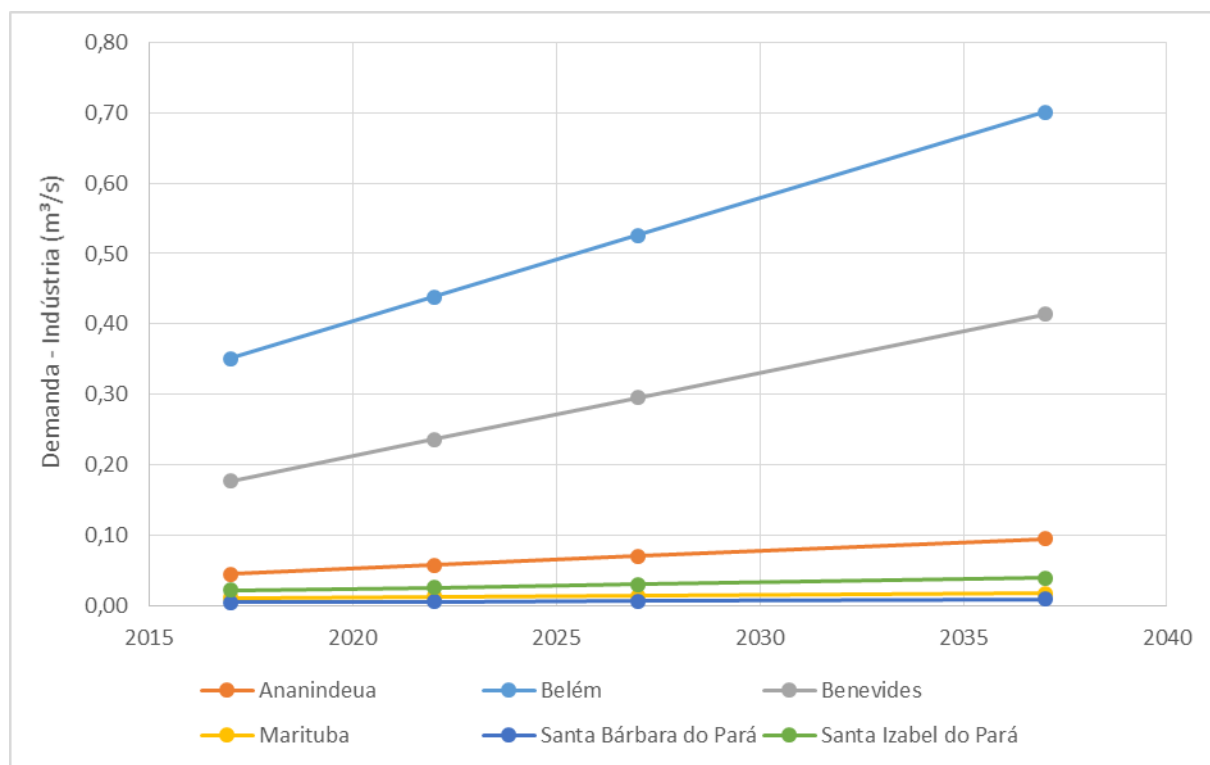


Figura 58 – Projeção da demanda hídrica da indústria.



Quadro 36 – Projeção da demanda hídrica de outros usuários

Demanda – Outros Usuários (m³/s)				
Município	2017	2022	2027	2037
Ananindeua	0,07	0,09	0,11	0,15
Belém	0,22	0,28	0,33	0,44
Benevides	0,07	0,10	0,12	0,17
Marituba	0,08	0,09	0,10	0,12
Santa Bárbara do Pará	0,00	0,00	0,00	0,00
Santa Izabel do Pará	0,10	0,12	0,14	0,18
<b>Total</b>	<b>0,54</b>	<b>0,67</b>	<b>0,80</b>	<b>1,06</b>

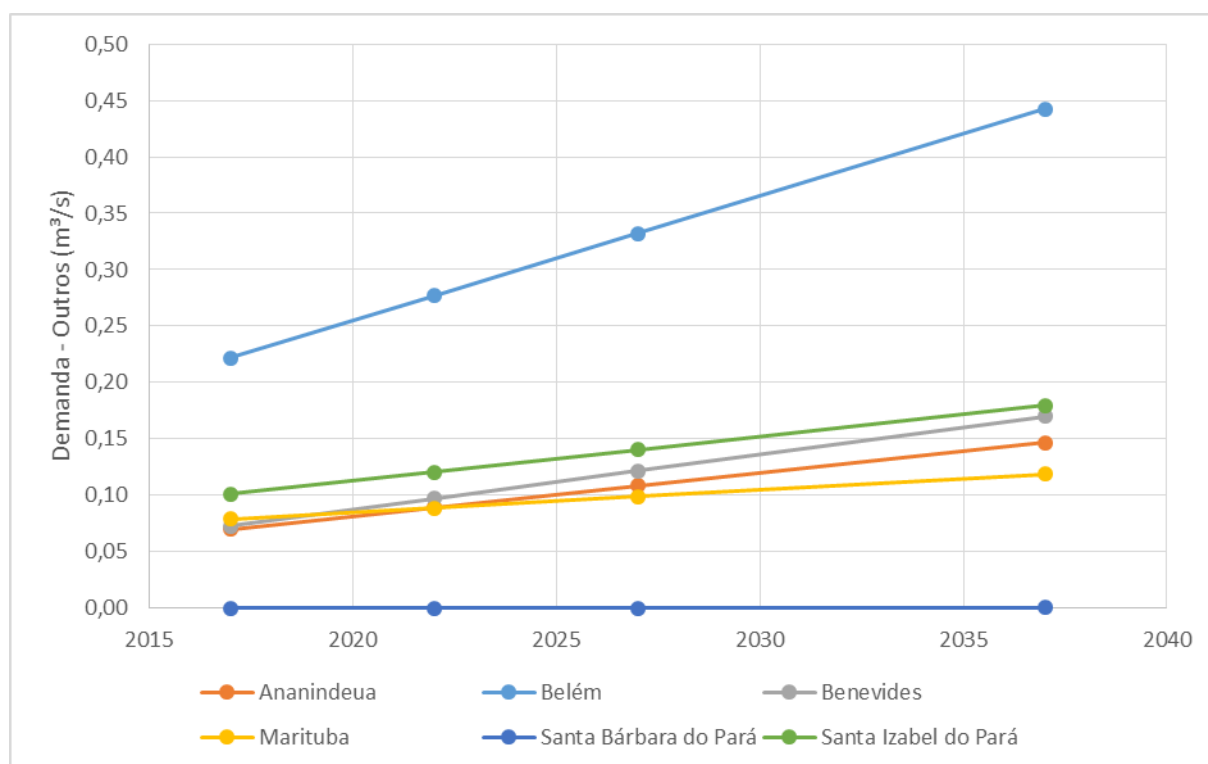


Figura 59 – Projeção da demanda hídrica de outros usuários.

Considerou-se que a proporção entre as captações superficiais e subterrâneas devam seguir a mesma proporção verificada atualmente. Assim, a demanda por água subterrânea da indústria e dos demais usuários é apresentada no Quadro 37 e no Quadro 38, respectivamente. A evolução da demanda nos horizontes de planejamento pode ser observada na Figura 60 e na Figura 61 para o setor industrial e demais usuários, respectivamente.

Quadro 37 – Projeção da demanda hídrica subterrânea da indústria

Demanda Subterrânea - Indústria (m³/s)				
Município	2017	2022	2027	2037
Ananindeua	0,05	0,06	0,07	0,10
Belém	0,34	0,43	0,52	0,69
Benevides	0,18	0,24	0,30	0,41
Marituba	0,01	0,01	0,01	0,02
Santa Bárbara do Pará	0,01	0,01	0,01	0,01
Santa Izabel do Pará	0,02	0,03	0,03	0,04
<b>Total</b>	<b>0,61</b>	<b>0,77</b>	<b>0,94</b>	<b>1,27</b>

Quadro 38 – Projeção da demanda hídrica subterrânea de outros usuários

Demanda Subterrânea – Outros Usuários (m³/s)				
Município	2017	2022	2027	2037
Ananindeua	0,07	0,09	0,11	0,15
Belém	0,21	0,27	0,32	0,43
Benevides	0,01	0,01	0,01	0,01
Marituba	0,08	0,09	0,10	0,12
Santa Bárbara do Pará	0,00	0,00	0,00	0,00
Santa Izabel do Pará	0,02	0,03	0,03	0,04
<b>Total</b>	<b>0,39</b>	<b>0,48</b>	<b>0,57</b>	<b>0,75</b>

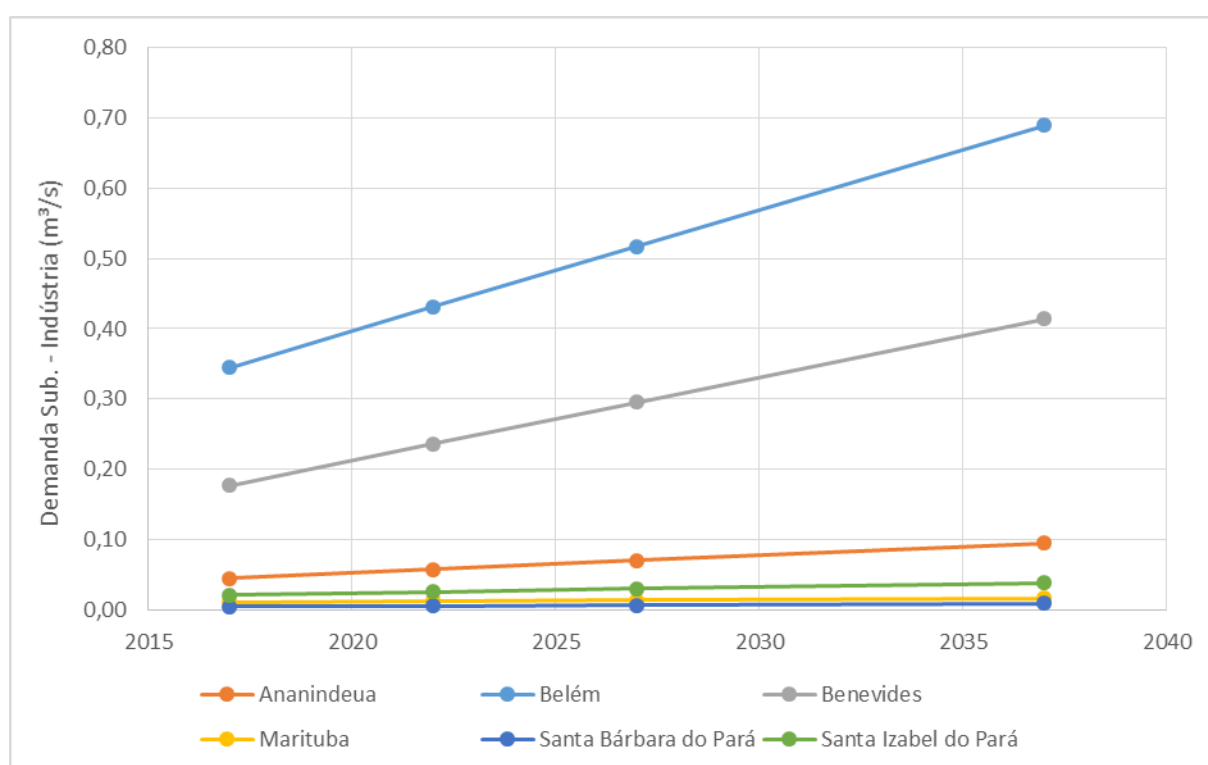


Figura 60 – Projeção da demanda hídrica subterrânea da indústria

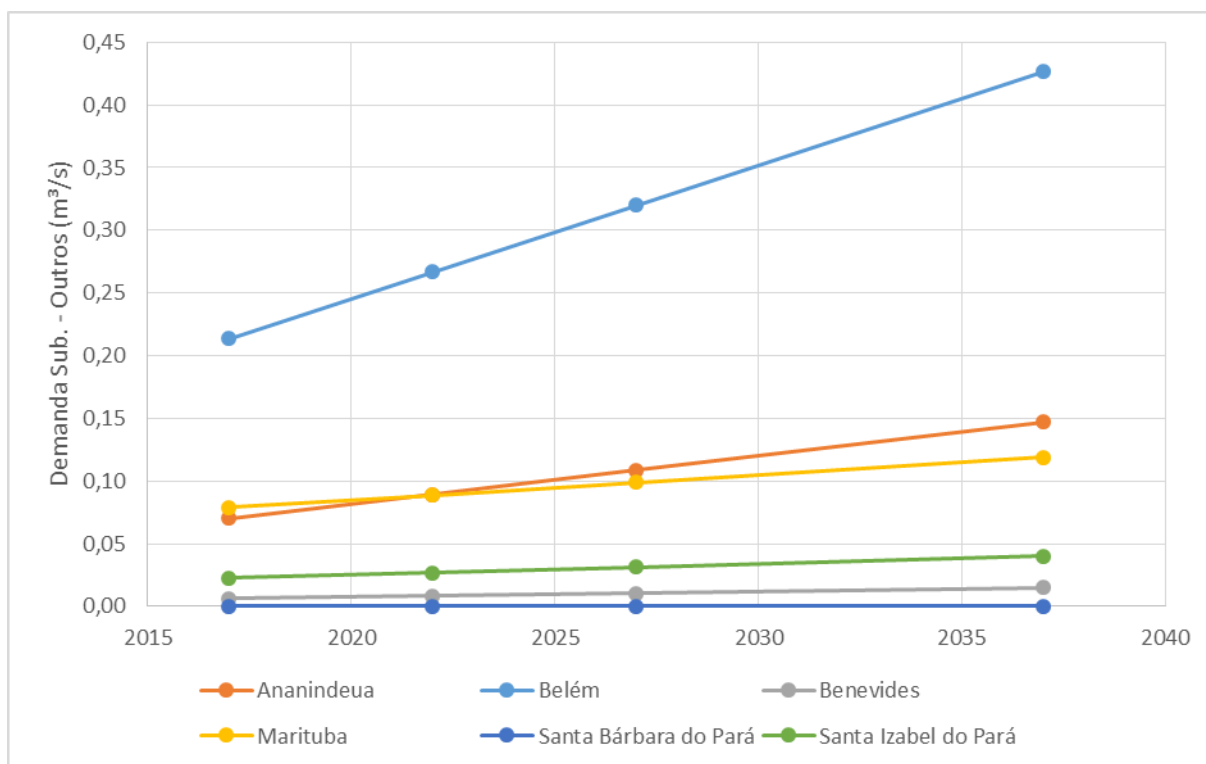


Figura 61 – Projeção da demanda hídrica subterrânea de outros usuários.

### 6.3 ESGOTAMENTO SANITÁRIO

A projeção do esgoto gerado nos horizontes de planejamento de curto (2022), médio (2027) e longo prazo (2037) foi estimada aplicando-se um coeficiente de retorno de 80% à água efetivamente consumida pela população e demais usuários da área de estudo, somado de 50% da água consumida pela população rural. Além disso, para cada cenário temporal foram incorporadas *possíveis melhorias nos serviços de esgotamento sanitário, como aumento da cobertura de coleta e tratamento e redução das fossas e sumidouros*. As melhorias foram definidas seguindo, principalmente, as metas definidas pelo Plansab.

As principais premissas adotadas para o esgotamento sanitário dos municípios são: para o curto prazo (2022), reduzir à 48% a população sem coleta; para o médio prazo (2027), reduzir a 37% a população sem coleta; e para o longo prazo (2037), reduzir a 13% a população sem coleta de esgoto. O tratamento deve acompanhar a coleta. O índice de coleta, para cada horizonte temporal, pode ser visualizado no Quadro 39.

Quadro 39 – Índices de coleta de esgoto adotados em cada horizonte temporal

Município	Índice de coleta (%)			
	2017	2022	2027	2037
Ananindeua	11,3%	52,0%	63,0%	87,0%
Belém	20,5%	52,0%	63,0%	87,0%
Benevides	2,2%	52,0%	63,0%	87,0%
Marituba	4,4%	52,0%	63,0%	87,0%
Santa Bárbara do Pará	2,8%	52,0%	63,0%	87,0%
Santa Izabel do Pará	1,3%	52,0%	63,0%	87,0%

O Quadro 40 apresenta a evolução da população com fossas sépticas e sumidouros. À medida que a população vai sendo atendida com rede de coleta, a utilização das fossas diminui.

Quadro 40 – Índices de cobertura com fossas sépticas e sumidouros adotados em cada horizonte temporal

Município	Solução Individual (%)			
	2017	2022	2027	2037
Ananindeua	44,0%	15,0%	10,0%	8,0%
Belém	31,1%	15,0%	10,0%	8,0%
Benevides	15,2%	15,0%	10,0%	8,0%
Marituba	14,5%	15,0%	10,0%	8,0%
Santa Bárbara do Pará	6,9%	15,0%	10,0%	8,0%
Santa Izabel do Pará	10,2%	15,0%	10,0%	8,0%

Por fim, o Quadro 41 apresenta a evolução da população sem acesso à rede de coleta ou qualquer tipo de tratamento do esgoto. À medida que a população vai sendo atendida com rede de coleta, o índice diminui.

Quadro 41 – índice da população sem qualquer tipo de solução para o esgoto adotados em cada horizonte temporal

Município	Sem coleta e sem tratamento (%)			
	2017	2022	2027	2037
Ananindeua	44,7%	33,0%	27,0%	5,0%
Belém	48,5%	33,0%	27,0%	5,0%
Benevides	82,7%	33,0%	27,0%	5,0%
Marituba	81,1%	33,0%	27,0%	5,0%
Santa Bárbara do Pará	90,2%	33,0%	27,0%	5,0%
Santa Izabel do Pará	88,6%	33,0%	27,0%	5,0%

Com base nessas premissas, estimou-se a partir do esgoto gerado, a vazão que infiltra através das fossas e sumidouros e a vazão que infiltra devido às perdas na rede de esgoto. Para as perdas na rede de esgoto adotou-se um índice de vazamento médio de 10%, mesmo percentual utilizado no cenário atual. Além disso, considerou-se que 80% do esgoto destinado às fossas e sumidouros ou outras soluções individuais acabam infiltrando e retornando aos aquíferos. O Quadro 42 e a Figura 62 apresentam a projeção do esgoto gerado em cada horizonte temporal.

Quadro 42 – Projeção do esgoto gerado

Município	Esgoto gerado (m³/s)			
	2017	2022	2027	2037
Ananindeua	1,122	1,279	1,499	1,762
Belém	3,107	3,240	3,554	3,632
Benevides	0,153	0,188	0,235	0,316
Marituba	0,296	0,330	0,366	0,458
Santa Bárbara do Pará	0,031	0,036	0,046	0,062
Santa Izabel do Pará	0,199	0,229	0,265	0,336
<b>Total</b>	<b>4,909</b>	<b>5,301</b>	<b>5,966</b>	<b>6,565</b>

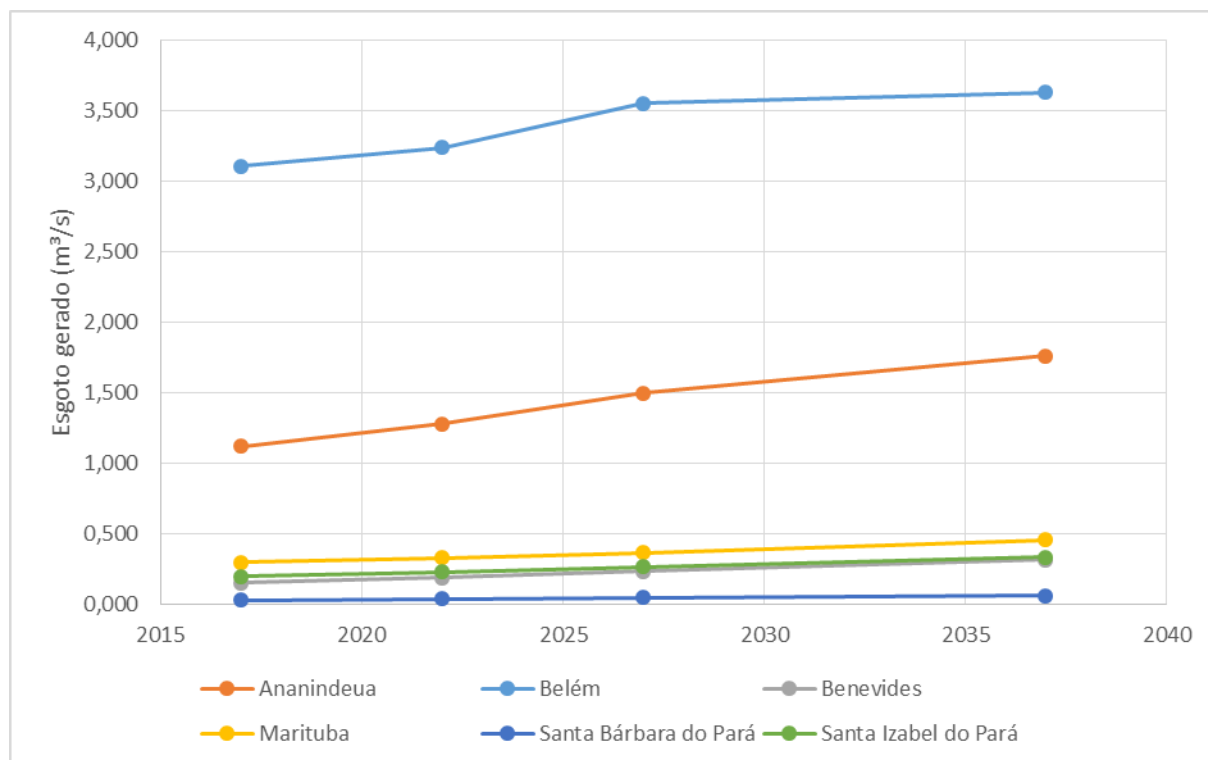


Figura 62 – Projeção do esgoto gerado

O Quadro 43 e a Figura 63 apresentam a projeção da infiltração através das fossas e sumidouros. Por sua vez, o Quadro 44 e a Figura 64 apresentam a projeção da infiltração devido às perdas na rede de esgoto.

Quadro 43 – Projeção da infiltração através das fossas e sumidouros

Município	Infiltração – Fossas e Sumidouros (m <sup>3</sup> /s)			
	2017	2022	2027	2037
Ananindeua	0,395	0,153	0,120	0,113
Belém	0,772	0,389	0,284	0,232
Benevides	0,019	0,023	0,019	0,020
Marituba	0,034	0,040	0,029	0,029
Santa Bárbara do Pará	0,002	0,004	0,004	0,004
Santa Izabel do Pará	0,016	0,027	0,021	0,021
<b>Total</b>	<b>1,238</b>	<b>0,636</b>	<b>0,477</b>	<b>0,420</b>

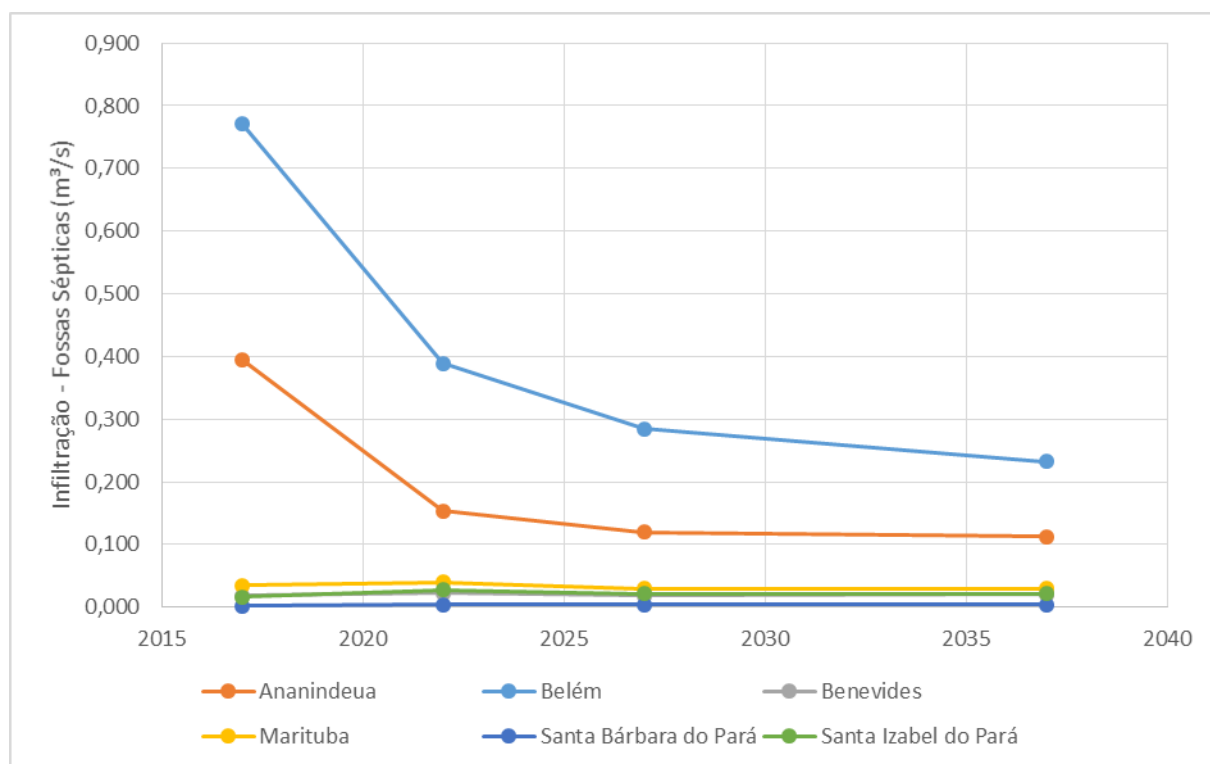


Figura 63 – Projeção da infiltração através das fossas e sumidouros

Quadro 44 – Projeção da infiltração devido às perdas na rede de esgoto

Município	Infiltração – Rede de Esgoto (m³/s)			
	2017	2022	2027	2037
Ananindeua	0,013	0,066	0,094	0,153
Belém	0,064	0,130	0,224	0,316
Benevides	0,000	0,010	0,015	0,027
Marituba	0,001	0,017	0,023	0,040
Santa Bárbara do Pará	0,000	0,002	0,003	0,005
Santa Izabel do Pará	0,000	0,012	0,017	0,029
<b>Total</b>	<b>0,078</b>	<b>0,237</b>	<b>0,376</b>	<b>0,571</b>

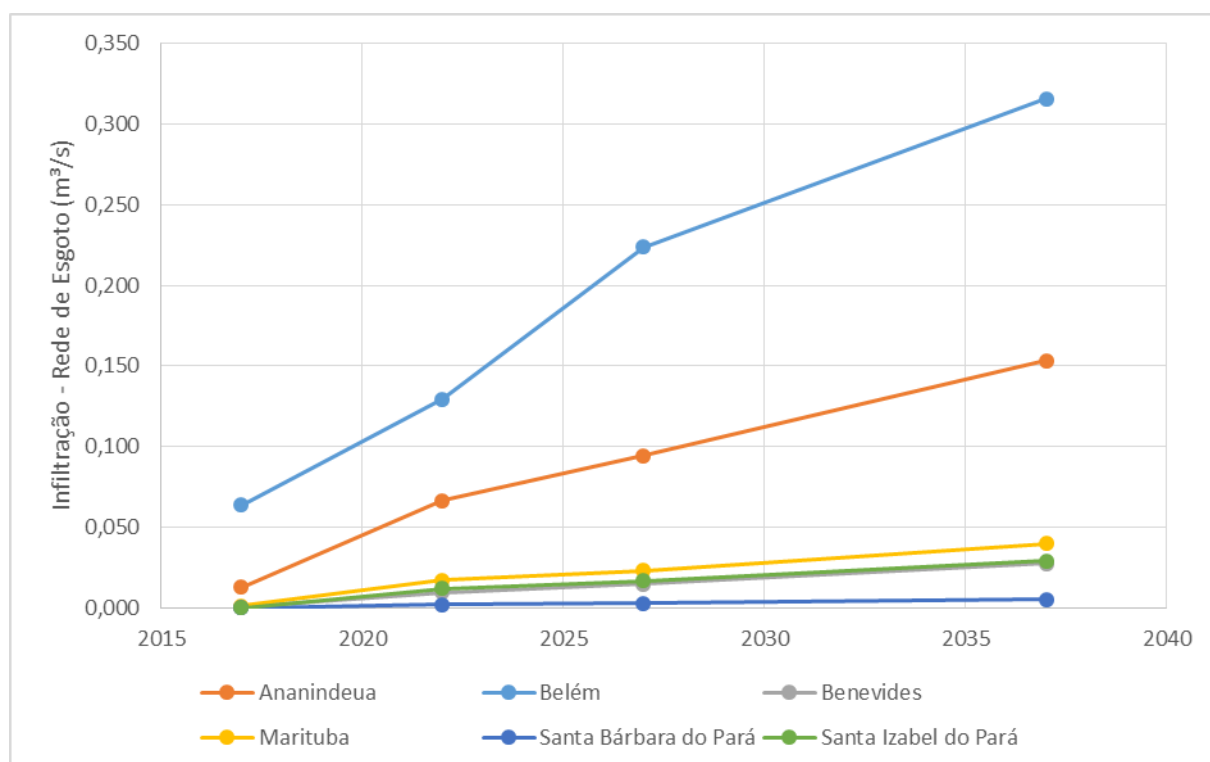


Figura 64 – Projeção da infiltração devido às perdas na rede de esgoto

O Quadro 43 e a Figura 63 apresentam a projeção da infiltração total relativa ao esgotamento sanitário (vazamentos na rede de esgoto + infiltração das fossas sépticas e sumidouros).

Quadro 45 – Projeção da recarga relativa ao esgotamento sanitário

Município	Infiltração Total – Esgotamento Sanitário (m³/s)			
	2017	2022	2027	2037
Ananindeua	0,407	0,220	0,214	0,266
Belém	0,836	0,557	0,508	0,548
Benevides	0,019	0,032	0,034	0,048
Marituba	0,036	0,057	0,052	0,069
Santa Bárbara do Pará	0,002	0,006	0,007	0,009
Santa Izabel do Pará	0,016	0,039	0,038	0,051
<b>Total</b>	<b>1,316</b>	<b>0,912</b>	<b>0,853</b>	<b>0,991</b>

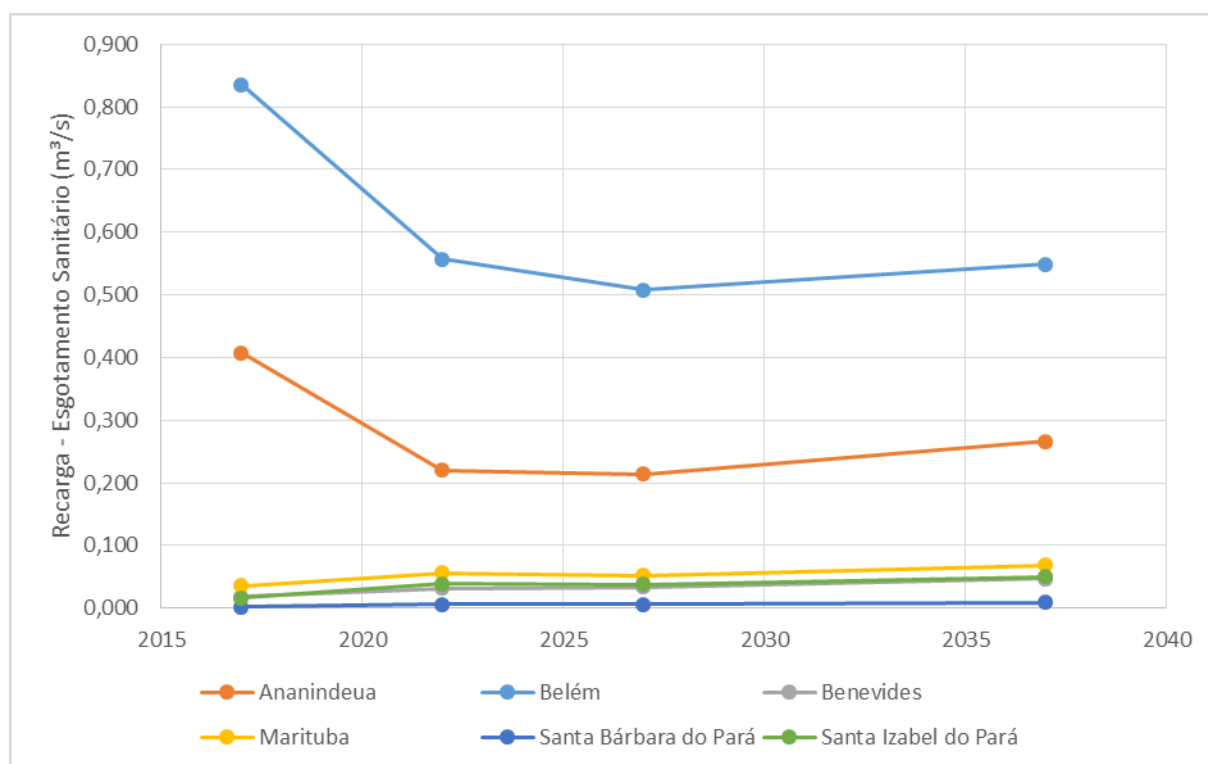


Figura 65 – Projeção da recarga relativa ao esgotamento sanitário

Percebe-se, portanto, que a recarga relativa ao esgotamento sanitário, tende a diminuir com o passar do tempo, quando consideradas as premissas adotadas. A redução ocorre, principalmente, devido à redução das fossas e sumidouros. No entanto, à medida que forem sendo implantadas as redes de coleta de esgoto, a infiltração tende a aumentar novamente, devido aos vazamentos que ocorrem na rede. Contudo, essa infiltração é muito menor frente àquela verificada com a utilização de fossas e sumidouros no cenário atual.



## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9649 – Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, RJ. 1986.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. 2009. Plano estratégico de recursos hídricos da bacia hidrográfica dos rios Tocantins e Araguaia. Relatório Síntese/Agência Nacional de Águas – Brasília, DF.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. 2010. Atlas de Abastecimento Urbano de Água. Disponível em <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>> Acesso em: novembro de 2017.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. 2012. Estudos hidrogeológicos para a orientação do manejo das águas subterrâneas da Região Metropolitana de Natal (RMN). Relatório Final – Volume 2 – Avaliação da Urbanização e de Outras Atividades Antrópicas Impactantes nas Águas Subterrâneas. Brasília, DF. 2012.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. 2015. Nota Técnica nº 56/2015/SPR (Atualização da base de demandas de recursos hídricos no Brasil). Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/snirh/snirh-1/acesso-tematico/usos-da-agua>>. Acesso em: novembro de 2017. Brasília, DF.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. 2017 Atlas Esgoto: Despoluição de Bacias Hidrográficas. Disponível em: <<http://atlasesgotos.ana.gov.br/>>. Acesso em: novembro de 2017.
- ARAÚJO, P. P. 2001. Variações sazonais dos componentes nitrogenados em aquífero livre na zona urbana de Santa Isabel do Pará. Dissertação de Mestrado. Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, 2001.
- BRAZ, V.; BECKMANN, L. & COSTA E SILVA, L. 2001. Integração de resultados bacteriológicos e geofísicos na investigação da contaminação de águas por cemitérios. 1ST Joint World on Congress, Fortaleza (CE), Brasil.
- CABRAL, N. M. T. 2004. Impacto da urbanização na qualidade das águas subterrâneas nos bairros do Reduto, Nazaré e Umarizal, Belém (PA). 278 f. Tese (Doutorado em Geologia) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, 2004.
- CABRAL, N. M. T.; LIMA, L. M. 2006. Comportamento hidrogeoquímico das águas do aquífero Barreiras nos bairros centrais de Belém, Pará. In: Ciências Naturais, Belém, v. 1, n. 1, p. 149-166, jan-abr. 2006.
- CAMPANA, N.A; TUCCI, C.E.M. 1994. Estimativa de área impermeável de macro-bacias urbanas. RBE, Caderno de Recursos Hídricos. Vol.2, n.2.

- CODEC – COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DO PARÁ. 2017. Disponível em: <<http://www.codec.pa.gov.br/>>. Acesso em: dezembro de 2017.
- COSANPA – COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ. 2018. Dados obtidos por meio do Ofício nº 10/2018/SIP-ANA. Documento no 00000.005338/2018-95.
- FOSTER, S., LAWRENCE, A., MORRIS, B. 1998. Groundwater in Urban Development - Assessing Management Needs and Formulating Policy Strategies. *In: World Bank Technical Paper*.
- FOSTER, S.; MORRIS, B.; LAWRENCE, A.; CHILTON, J. 1999. Groundwater impacts and issues in developing cities. In: 26 INTER ASSOC. OH HIDROLOG. CONGR. A. A. Balkema, Rotterdam.
- FOSTER, S; HIRATA, R. 1993. Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas: Um método baseado em dados existentes. São Paulo: Instituto geológico.
- GASPAR, M. T. P. 2001. Avaliação dos impactos da ocupação urbana sobre as águas da bacia Hidrográfica do igarapé Mata Fome, Belém-Pa. 112 f. Dissertação (Mestrado) – a. Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Belém
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censos Demográficos 1991, 2000 e 2010. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: novembro de 2017.
- LIMA, L. M. 2000. Estudo do comportamento subsuperficial dos compostos nitrogenados em bairros densamente povoados de Belém. Belém: Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Departamento de Geologia. 60 p.
- MELO, J.G.; QUEIROZ, M. A. 2001. The effects of urban development on the groundwater recharge and its quality in Natal, RN, Brasil. In: SEILER, K. P.; WOHNLICH, S. *New Approches Characterizing Groundwater Flow*. Netherland: v. 2, p. 1233 – 1236.
- MENEZES FILHO, F. C. M.; TUCCI, C. E. M. 2012. Alteração na relação entre densidade habitacional x área impermeável: Porto Alegre-RS. REGA – Revista de Gestão de Água da América Latina. Vol. 9, no. 1, p. 49-55, jan./jun. 2012.
- NASCIMENTO, W.G. 2009. Investigação geofísica ambiental e forense nos cemitérios do Benguí e do Tapanã (Belém - PA). Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Belém, 2009. Programa de Pós-Graduação em Geofísica.
- ONS – OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO, 2005. Estimativa das vazões para atividades de uso consuntivo da água em bacias do Sistema Interligado Nacional – SIN. Relatório Final: Metodologia e Resultados Consolidados. 220 p.

PAGANINI, W.S. 1997. Disposição de esgotos no solo (Escoamento à superfície). São Paulo, Fundo Editorial da AESABESP. 232 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELÉM, 2014. PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico de Belém. Elaborado por: B&B ENGENHARIA LTDA e GPAC AMAZÔNIA - UFPA. Apoio: Secretaria Municipal de Saneamento – SESAN; Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Belém – SAAEB; Agência Reguladora Municipal de Água e Esgoto de Belém. Apoio Técnico Financeiro: Companhia de Saneamento do Pará – COSANPA. Belém, PA.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO, 2015. Glossário de Indicadores. Disponível em <[www.snis.gov.br/](http://www.snis.gov.br/)> Acesso em: novembro de 2017.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO, 2015. Série Histórica 2015. Disponível em <[www.snis.gov.br/](http://www.snis.gov.br/)> Acesso em: novembro de 2017.

TAJCHMAN, G. 1985. Corrosão em tubos de aço galvanizado de instalações hidráulicas domiciliares. Revista DAE. Vol. 45. n. 141.

VON SPERLING, M. Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Volume 1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG; 2005.



AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Setor Policial, área 5, Quadra 3,  
Blocos "B", "L", "M", "N", "O" e T.  
PABX: (61) 2109-5400 | 21095252  
[www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)



Av. Iguazu, 451, 6º andar, Petrópolis.  
Porto Alegre - RS. CEP: 90470-430  
Fone | Fax: (51) 3211-3944  
[www.profill.com.br](http://www.profill.com.br)

