

**AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, DA
DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DAS ÁREAS DE
RISCO GEOLÓGICO E DOS INSUMOS MINERAIS PARA
CONSTRUÇÃO CIVIL NAS SEDES DOS MUNICÍPIOS
SITUADOS NA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES (AM)**

Manaus, 2009

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

MINISTRO DE ESTADO
Edison Lobão

SECRETÁRIO EXECUTIVO
Márcio Pereira Zimmermann

**SECRETÁRIO DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO MINERAL**
Cláudio Scliar

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

DIRETOR PRESIDENTE
Agamenon Sérgio Lucas Dantas

DIRETOR DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
José Ribeiro Mendes

DIRETOR DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
Manoel Barretto da Rocha Neto

**DIRETOR DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS E
DESENVOLVIMENTO**
Fernando Pereira de Carvalho

DIRETOR DE ADMINISTRAÇÃO E FINANÇAS
Eduardo Santa Helena da Silva

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL
Cássio Roberto da Silva

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
Superintendência Regional de Manaus

SUPERINTENDENTE REGIONAL (INTERINO)

Marco Antonio Oliveira

GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Daniel de Oliveira

SUPERVISOR DE GESTÃO TERRITORIAL

José Luiz Marmos

CHEFE DO PROJETO

Guilherme Nogueira dos Santos

EXECUÇÃO TÉCNICA

AUTORIA DOS TEXTOS

Geólogo Guilherme Nogueira dos Santos

Geólogo Hyercem Santos Machado

Geólogo José Luiz Marmos

Técnico Hilton de Souza Diógenes

Economista Ivens de Brito (consultor em socioeconomia)

COLABORAÇÃO

Geólogo Amaro Luiz Ferreira (geoprocessamento)

Geólogo José Moura Villas Boas

Geóloga Sílvia Benites Gonçales

Técnico Aldenir Justino de Oliveira (geoprocessamento)

Técnica Maria Tereza Costa Dias (editoração)

O documento técnico ora apresentado constitui o produto final de um projeto concebido e executado a partir de recursos provenientes de emenda parlamentar do Senado Federal proposta em 2008 pelo Senador pelo Estado do Amazonas João Pedro Gonçalves da Costa, para o qual externamos aqui nossos agradecimentos. No projeto foram desenvolvidos estudos geológicos, geotécnicos, hidrogeológicos e geoquímicos, realizados com objetivo de avaliar o abastecimento de água para consumo humano, no tocante à sua qualidade e quantidade, a coleta e o local da destinação final dos resíduos sólidos, com ênfase na contaminação dos recursos hídricos, a identificação das áreas de risco geológico e o potencial de insumos minerais utilizados na construção civil em doze municípios situados na região do alto rio Solimões, no Estado do Amazonas, quais sejam: Atalaia do Norte, Benjamin Constant, Tabatinga, São Paulo de Olivença, Amaturá, Santo Antônio do Itá, Tonantins, Jutai, Fonte Boa, Uarini, Alvarães e Tefé. A região abriga cerca de 300.000 habitantes e possui IDH muito baixo, sendo merecedora, portanto, de estudos que possam colaborar para melhorias na qualidade de vida de sua população.

Para os temas mencionados, foi elaborado um diagnóstico conciso e avaliada a situação das doze sedes municipais e, com base nos resultados obtidos, traçados prognósticos com metas definidas para minimizar os aspectos negativos detectados. Destaca-se que, como complemento aos trabalhos, foi realizada também uma breve caracterização socioeconômica dos municípios estudados, divididos por sub-regiões.

Os gestores públicos encontrarão, nas informações aqui apresentadas, uma valiosa ferramenta técnica para subsidiar e otimizar a aplicação de boa parte de seus recursos financeiros, notadamente aqueles destinados a obras de saneamento básico. Assim, com esta contribuição, a CPRM – Serviço Geológico do Brasil espera ter desempenhado uma de suas principais atribuições, no sentido de colocar as geociências a serviço do bem-estar da sociedade e do desenvolvimento sustentável do país.

Os estudos desenvolvidos na região do Alto Solimões evidenciaram que a captação de águas para abastecimento público está condicionada ao tipo de substrato geológico sobre o qual cada cidade se encontra assentada. Naquelas situadas mais a oeste da região, sobre os sedimentos da Formação Solimões, de caráter essencialmente argiloso a siltico-argiloso, o abastecimento é feito a partir de captação em corpos d'água superficiais com posterior tratamento em Estações de Tratamento de Águas – ETA's. Nas demais cidades, instaladas sobre os sedimentos arenosos da Formação Içá, que se constituem em bom aquífero, o fornecimento de água para consumo humano é feito por captação subterrânea, por meio de poços tubulares com profundidades que variam de 35 a 100 metros, com exceção de Santo Antônio de Içá, que apresenta um sistema de abastecimento misto, já que também capta águas no igarapé São Salvador, as quais são bombeadas para uma ETA simplificada.

Em todas as cidades, o órgão responsável pelo sistema pratica a cobrança de taxas fixas, independentemente do volume de água que é consumido por cada usuário, o que gera uma cultura de desperdícios. Além disso, nenhum dos órgãos gestores realiza o controle periódico completo da qualidade das águas que são distribuídas à população, apenas análises laboratoriais simplificadas, insuficientes para atestar a potabilidade dessas águas.

As ETA's de Benjamin Constant e São Paulo de Olivença produzem águas com concentração de alumínio muito superior ao valor permitido pela legislação. Como as águas brutas possuem concentrações baixas de alumínio, é certo que o enriquecimento nesse metal nas águas tratadas ocorre durante o processo de tratamento, pelo uso em excesso do composto sulfato de alumínio, utilizado como coagulante. Assim, faz-se necessária a revisão urgente de parte do processo utilizado nas ETA's citadas. Já em Atalaia do Norte foi constatado excesso do elemento químico selênio nas águas tratadas, fato que necessita ser mais bem investigado.

Das cidades abastecidas por águas subterrâneas, com exceção de Uarini, as demais possuem parte dos poços públicos comprometidos por contaminações de origem química (excesso de ferro, manganês, nitrato e/ou cloreto) e/ou bacteriológica (presença de coliformes), além de valores altos de cor e/ou turbidez das águas. Destaca-se a cidade de Amaturá, onde, dos quatro poços de abastecimento público, três produzem águas contaminadas por ferro, manganês e coliformes. Os coliformes nas águas de consumo podem ser eliminados com a simples adição de hipoclorito de sódio. Porém, somente em Alvarães foi observada a prática da cloração das águas produzidas pelos poços públicos.

Com relação à coleta e disposição final dos resíduos sólidos, apenas em Tefé a questão é tratada com maior rigor: é o único município da região que dispõe de aterro sanitário semi-controlado em operação. Entretanto, a proximidade desse aterro com o aeroporto da cidade representa sério risco à segurança dos voos e o mesmo deverá ser desativado. Nos demais municípios não se observa uma política pública voltada para a questão. Tal fato leva a situações como as constatadas em São Paulo de Olivença, onde o lixo não era recolhido há

meses, e em Santo Antônio do Içá, onde um aterro semi-controlado já se encontra pronto, mas inoperante por falta de trator para remanejar o lixo.

Em regra, o problema dos resíduos sólidos é sempre resolvido da maneira mais simplista nas cidades visitadas, pois o baixo volume de lixo gerado pode ser facilmente despejado em qualquer área desocupada adjacente à zona urbana, sem nenhuma preocupação ambiental.

Com exceção de Tabatinga, São Paulo de Olivença e Fonte Boa, onde já há avaliações técnicas que indicaram as áreas mais propícias para implantação de aterros sanitários, nas demais cidades faz-se necessário o desenvolvimento de estudos competentes para a seleção de áreas e implantação de projetos voltados para as demandas locais. Destaca-se que os depósitos de resíduos sólidos de Uarini e Alvarães, operados na forma de lixões, estão situados em locais que atendem aos requisitos técnicos para implantação de aterros sanitários.

Na região de estudo, as áreas de risco geológico são quase sempre restritas à orla dos grandes rios, Solimões e Javari, e os riscos estão associados principalmente à sazonalidade do nível das águas desses rios e à elevada declividade de taludes fluviais (barrancos), o que predispõe à existência de fenômenos naturais de movimentos de massa, como escorregamentos e “terras-caídas”, e áreas suscetíveis a alagamentos/inundações.

No que diz respeito a movimentos de massa, a cidade de São Paulo de Olivença é a que apresenta a mais extensa área sob alto risco de escorregamento, representada por sua orla fluvial, onde os taludes do rio Solimões mostram uma configuração topográfica e geológica que coloca em risco de desmoronamento dezenas de moradias situadas em seu topo e na meia-encosta. Situação semelhante, porém em área mais restrita, ocorre nas cidades de Tonantins, Santo Antônio do Içá, Tefé, Jutaí e Amaturá. Já nas áreas sob risco de alagamento, a situação mais crítica foi observada na cidade de Benjamin Constant, onde mais de 800 famílias moradoras da orla do rio Javari, conforme cadastro da Defesa Civil local, já haviam sido afetadas pelas cheias de 2009, a maior já registrada na região.

Nas áreas de situação mais crítica em Tefé e Jutaí, mapeadas como de risco iminente de escorregamento, se recomenda a imediata retirada dos poucos ocupantes, ainda que temporária, com sua transferência para locais a serem definidos pelos gestores municipais.

Com relação aos insumos minerais utilizados na construção civil, foi constatado que a região possui grande potencial de argila, representado pelos extensos horizontes argilosos das formações Solimões e Içá (parte superior), capazes de atender à demanda das olarias por vários anos. Em alguns locais, segundo as análises laboratoriais, a argila pode ser utilizada tanto para produção de tijolos simples como para tijolos refratários, cerâmica vermelha e até mesmo cerâmica branca. Contudo, o modo semi-artesanal como a maioria das olarias trabalha, a falta de mercado local para absorver a produção e a dificuldade de escoamento para os grandes centros tornam o aproveitamento em larga escala destes recursos inviável. A areia, encontrada em abundância na região, normalmente também é explorada de forma semi-artesanal e, além de representar mais uma fonte de receita para os municípios, quando extraída do leito dos rios auxilia na prevenção do assoreamento da principal via de acesso para as comunidades.

1. Introdução	11
2. Objetivos	12
3. Localização e Acesso	13
4. Contexto Geológico da Região do Alto Solimões	15
5. Materiais e Métodos	23
6. Socioeconomia da Região do Alto Solimões	30
6.1. Visão Geral	30
6.2. Sub-região 1: Trílice Fronteira	32
6.3. Sub-região 2: Solimões-Içá	40
6.4. Sub-região 3: Solimões - Juruá	48
6.5. Sub-região 4: Solimões - Japurá	56
6.6. Conclusões	64
6.7. Cenários	66
7. Diagnósticos por Municípios	67
7.1. Atalaia do Norte	67
7.1.1. Aspectos gerais do município	67
7.1.2. Avaliação das águas de abastecimento público	67
7.1.3. Avaliação da disposição final dos resíduos sólidos	76
7.1.4. Áreas de Risco	78
7.1.5. Insumos minerais para construção civil	83
7.2. Benjamin Constant	85
7.2.1. Aspectos gerais do município	85
7.2.2. Avaliação das águas de abastecimento público	85
7.2.3. Avaliação da disposição final dos resíduos sólidos	95
7.2.4. Áreas de Risco	100
7.2.5. Insumos minerais para construção civil	104
7.3. Tabatinga	109
7.3.1. Aspectos gerais do município	109
7.3.2. Avaliação das águas de abastecimento público	109
7.3.3. Avaliação da disposição final dos resíduos sólidos	122
7.3.4. Áreas de Risco	125
7.3.5. Insumos minerais para construção civil	131
7.4. São Paulo de Olivença	135
7.4.1. Aspectos gerais do município	135
7.4.2. Avaliação das águas de abastecimento público	135
7.4.3. Avaliação da disposição final dos resíduos sólidos	148
7.4.4. Áreas de Risco	153
7.4.5. Insumos minerais para construção civil	159
7.5. Amaturá	164
7.5.1. Aspectos gerais do município	164
7.5.2. Avaliação das águas de abastecimento público	164
7.5.3. Avaliação da disposição final dos resíduos sólidos	173
7.5.4. Áreas de Risco	178

7.5.5	Insumos minerais para construção civil	182
7.6	Santo Antônio do Içá	184
7.6.1	Aspectos gerais do município	184
7.6.2	Avaliação das águas de abastecimento público	184
7.6.3	Avaliação da disposição final dos resíduos sólidos	197
7.6.4	Áreas de Risco	203
7.6.5	Insumos minerais para construção civil	207
7.7	Tonantins	209
7.7.1	Aspectos gerais do município	209
7.7.2	Avaliação das águas de abastecimento público	209
7.7.3	Avaliação da disposição final dos resíduos sólidos	221
7.7.4	Áreas de Risco	226
7.7.5	Insumos minerais para construção civil	229
7.8	Jutai	231
7.8.1	Aspectos gerais do município	231
7.8.2	Avaliação das águas de abastecimento público	231
7.8.3	Avaliação da disposição final dos resíduos sólidos	242
7.8.4	Áreas de Risco	246
7.8.5	Insumos minerais para construção civil	252
7.9	Fonte Boa	255
7.9.1	Aspectos gerais do município	255
7.9.2	Avaliação das águas de abastecimento público	255
7.9.3	Avaliação da disposição final dos resíduos sólidos	264
7.9.4	Áreas de Risco	270
7.9.5	Insumos minerais para construção civil	273
7.10	Uarini	279
7.10.1	Aspectos gerais do município	279
7.10.2	Avaliação das águas de abastecimento público	279
7.10.3	Avaliação da disposição final dos resíduos sólidos	289
7.10.4	Áreas de Risco	292
7.10.5	Insumos minerais para construção civil	292
7.11	Alvarães	294
7.11.1	Aspectos gerais do município	294
7.11.2	Avaliação das águas de abastecimento público	294
7.11.3	Avaliação da disposição final dos resíduos sólidos	308
7.11.4	Áreas de Risco	311
7.11.5	Insumos minerais para construção civil	311
7.12	Tefé	313
7.12.1	Aspectos gerais do município	313
7.12.2	Avaliação das águas de abastecimento público	313
7.12.3	Avaliação da disposição final dos resíduos sólidos	328
7.12.4	Áreas de Risco	338
7.12.5	Insumos minerais para construção civil	349
8.	Considerações Finais	352
	Referências Bibliográficas	357

ANEXOS

Anexo I – Imagem de satélite Landsat com a localização da área de estudo, incluindo os limites políticos, as sedes municipais e as comunidades visitadas

Anexo II – Mapa geológico da região do alto Solimões

Anexo III – Mapa do sistema viário da cidade de Atalaia do Norte com a localização do ponto de captação de água bruta, da ETA, das cacimbas cadastradas e das áreas de risco mapeadas

Anexo IV – Imagem de satélite Landsat com localização da zona urbana, da olaria e do depósito de resíduos sólidos de Atalaia do Norte

Anexo V – Resultados laboratoriais dos ensaios cerâmicos preliminares realizados nas amostras de argila coletadas nas olarias visitadas

Anexo VI – Imagem de satélite de alta resolução da cidade de Benjamin Constant, com a localização do ponto de captação de água bruta, da ETA, dos pontos de água visitados e das áreas de risco mapeadas

Anexo VII – Imagem de satélite de alta resolução com a localização da zona urbana, das olarias, e do depósito de resíduos sólidos de Benjamin Constant

Anexo VIII – Tabelas 1, 2, 3 e 4 - Resultados analíticos das amostras de água coletadas nas sondagens realizadas nos depósitos de resíduos sólidos ou nos entornos

Anexo IX – Resultados das análises granulométricas realizadas no laboratório da EMBRAPA em Manaus

Anexo X – Imagem de satélite de alta resolução da cidade de Tabatinga com a localização do ponto de captação de água bruta, da ETA, dos poços tubulares visitados e das áreas de risco mapeadas

Anexo XI – Imagem de satélite de alta resolução com a localização da zona urbana, das olarias e do depósito de resíduos sólidos de Tabatinga

Anexo XII – Mapa do sistema viário da cidade de São Paulo de Olivença com a localização do ponto de captação de água bruta, da ETA, dos pontos de água visitados e das áreas de risco mapeadas

Anexo XIII – Imagem de satélite Landsat com a localização da zona urbana, da olaria, dos areais, da lixeira desativada e da área proposta para a construção do aterro sanitário de São Paulo de Olivença

Anexo XIV – Mapa do sistema viário da cidade de Amaturá com a localização dos poços de abastecimento visitados e da área de risco mapeada

Anexo XV – Imagem de satélite Landsat com a localização da zona urbana, da olaria, do depósito de resíduos sólidos e da área proposta para a construção do aterro sanitário de Amaturá

Anexo XVI – Imagem de satélite de alta resolução da cidade de Santo Antônio do Içá com a localização do ponto de captação de água bruta, da ETA, dos poços tubulares visitados e das áreas de risco mapeadas

Anexo XVII – Imagem de satélite Landsat com a localização da zona urbana, da olaria, do depósito de resíduos sólidos e do aterro sanitário em implantação de Santo Antônio do Içá

Anexo XVIII – Imagem de satélite de alta resolução da cidade de Tonantins com a localização dos poços tubulares visitados e das áreas de risco mapeadas

Anexo XIX – Imagem de satélite de alta resolução com a localização da zona urbana, do areal, do depósito de resíduos sólidos e de uma área avaliada com vistas à implantação do futuro aterro sanitário de Tonantins

Anexo XX – Mapa do sistema viário da cidade de Jutai com a localização dos poços tubulares visitados e das áreas de risco mapeadas

Anexo XXI – Imagem de satélite Landsat com a localização da zona urbana, do areal, da olaria e depósito de resíduos sólidos de Jutai

Anexo XXII – Mapa do sistema viário da cidade de Fonte Boa com a localização dos poços tubulares visitados e das áreas de risco mapeadas

Anexo XXIII – Imagem de satélite Landsat com a localização da zona urbana, do areal, das olarias, dos depósitos de resíduos sólidos e da área proposta para construção do aterro sanitário de Fonte Boa

Anexo XXIV – Mapa do sistema viário da cidade de Uarini com a localização dos poços tubulares visitados

Anexo XXV – Imagem de satélite Landsat com a localização da zona urbana, da olaria e dos depósitos de resíduos sólidos de Uarini

Anexo XXVI – Imagem de satélite de alta resolução da cidade de Alvarães com a localização dos poços tubulares visitados

Anexo XXVII – Imagem de satélite Landsat com a localização da zona urbana, do areal, e do depósito de resíduos sólidos de Alvarães

Anexo XXVIII – Imagem de satélite de alta resolução com a localização dos poços tubulares visitados e das áreas de risco mapeadas na cidade de Tefé

Anexo XXIX – Imagem de satélite Landsat com a localização da zona urbana, da olaria, do depósito de resíduos sólidos e do aterro sanitário em implantação de Tefé

Anexo XXX – Projeto de construção de poços tubulares nas cidades de Tabatinga, Amaturá, Santo Antonio do Içá, Tonantins, Jutai, Fonte Boa, Uarini, Alvarães e Tefé

1. Introdução

A ausência de um programa habitacional associado a uma política de uso e ocupação racional do solo e a expansão urbana no interior do Estado do Amazonas que, embora pequena, ocorre muitas vezes em áreas impróprias, frequentemente inundáveis, levam boa parte da população ao consumo de água de baixa qualidade, fato comumente observado na maioria dos municípios do estado. Além disso, diversos poços tubulares de abastecimento público são perfurados em locais inapropriados e sua construção normalmente não obedece aos padrões técnicos exigidos, o que faz com que produzam águas contaminadas.

Ainda associado à expansão urbana desordenada, observa-se, em diversas regiões do estado, a ocupação indiscriminada de áreas com declividades acentuadas, geologicamente instáveis e/ou situadas junto a cursos de água, sujeitas à erosão, deslizamentos e frequentes inundações nos períodos chuvosos. Como agravante, o lixo depositado irregularmente em locais inadequados contamina as águas superficiais e subterrâneas, obstrui o curso natural das águas pluviais, além de promover a proliferação de vetores mecânicos de micro-organismos prejudiciais à saúde humana.

Em meados de 2007, o Senador da República pelo Estado do Amazonas João Pedro Gonçalves da Costa, acompanhado de uma equipe de assessores, esteve em uma viagem de barco pela região do Alto Solimões, no centro-oeste do Estado do Amazonas, com objetivo de visitar e ouvir as comunidades e lideranças locais e identificar suas principais demandas.

Durante essa viagem, que se estendeu da cidade de Atalaia do Norte até a cidade de Tefé, com paradas em todas as sedes municipais do percurso, dentre diversos outros problemas mencionados pela população e autoridades municipais, foram citadas questões relacionadas ao abastecimento de água para consumo humano, à disposição final de resíduos sólidos e à situação de moradias em área de risco geológico.

Diante desses fatos, em 2008 o Senado Federal aprovou a emenda parlamentar nº 25800008, na unidade orçamentária nº 322002, integrada na Lei Orçamentária de 2008 - LOA/2008, apresentada pelo Senador João Pedro, liberando recursos para a CPRM – Serviço Geológico do Brasil desenvolver estudos do meio físico, com ênfase nos aspectos mencionados no parágrafo anterior, nas sedes dos doze municípios que abrangem a região denominada Alto Solimões, no Estado do Amazonas.

2. Objetivos

O presente trabalho apresenta estudos geológicos e hidrogeológicos realizados com objetivos de avaliar o abastecimento de água para consumo humano, no tocante à sua qualidade e quantidade, a coleta e o local da destinação final dos resíduos sólidos, com ênfase na contaminação dos recursos hídricos, e a identificação das áreas de risco geológico nas sedes dos municípios de Atalaia do Norte, Benjamin Constant, Tabatinga, São Paulo de Olivença, Amaturá, Santo Antônio do Içá, Tonantins, Jutai, Fonte Boa, Uarini, Alvarães e Tefé, todos situados na região do alto rio Solimões. O intuito principal do estudo é o de fazer um diagnóstico e avaliar a situação das sedes municipais nos aspectos mencionados e, com base nos resultados obtidos, traçar um prognóstico com metas já definidas para mitigar as situações que estiverem inadequadas.

Embora não tenha sido contemplado pelo plano de trabalho original, a CPRM decidiu aproveitar o deslocamento fluvial e a presença de técnicos na região para estender os estudos referentes à qualidade da água e à disposição final dos resíduos sólidos para diversas comunidades rurais (indígenas ou não), considerando-se as facilidades de acesso, situadas ao longo do percurso Tabatinga – Tefé.

Além disso, apesar de também não contemplado pelo plano original, a equipe técnica entendeu ser importante efetuar o cadastro das jazidas de insumos minerais utilizados na construção civil (argila, areia e seixos) em exploração nas sedes municipais ou em seu entorno, e incluir uma breve caracterização socioeconômica de cada um dos municípios.

3. Localização e Acesso

O rio Solimões nasce na Cordilheira do Andes, mais precisamente no Peru. Recebe este nome a partir de sua entrada no território brasileiro, onde se estende desde o município de Tabatinga, no extremo oeste do Estado do Amazonas, na fronteira com a Colômbia, até a capital do estado, Manaus, quando se encontra com o rio Negro e forma o rio Amazonas. Sua extensão total é de 1.620 km e, na área de estudo, seus principais afluentes são: os rios Javari, Jutai e Juruá na margem direita, e os rios Içá e Japurá pela margem esquerda.

Localizada aproximadamente entre as coordenadas geográficas S 04°13'39.1" / W 69°57'04.3" e S 03°23'56,0" / W 64°29'51,0", a região do alto Solimões compreende o trecho entre os municípios de Tabatinga e Tefé e sua extensão é de cerca de 920 km, dividida territorialmente, de oeste para leste, nos municípios de Tabatinga, São Paulo de Olivença, Amaturá, Santo Antônio do Içá, Tonantins, Jutai, Fonte Boa, Uarini, Alvarães e Tefé. Os municípios de Atalaia do Norte e Benjamin Constant, embora também pertencentes à região do alto Solimões, estão situados na margem direita do rio Javari, que faz a divisa do Brasil com a República do Peru. (**Anexo I e Figura 3.1**)

Os estudos foram desenvolvidos nas sedes dos doze municípios do alto Solimões e nas seguintes comunidades: Feijoal (Benjamin Constant); Belém do Solimões e Palmares (Tabatinga); Vendaval, Santa Rita do Weil e Campo Alegre (São Paulo de Olivença); Bugaio, Copatana e Copeçu (Jutai); Campo Novo, São Sebastião e Punã (Uarini); Marajá e Nogueira (Alvarães) (**Anexo I**).

O acesso às sedes dos municípios de Tabatinga, São Paulo de Olivença, Fonte Boa e Tefé pode ser feito por via fluvial ou aérea. Essas quatro cidades dispõem de aeroportos que podem ser atingidos por voos comerciais que partem regularmente de Manaus. Nos demais municípios o acesso só é permitido por via fluvial. Vale destacar a existência de uma rodovia estadual pavimentada (AM-116), com 26 km de extensão, que liga as cidades de Atalaia do Norte e Benjamin Constant.

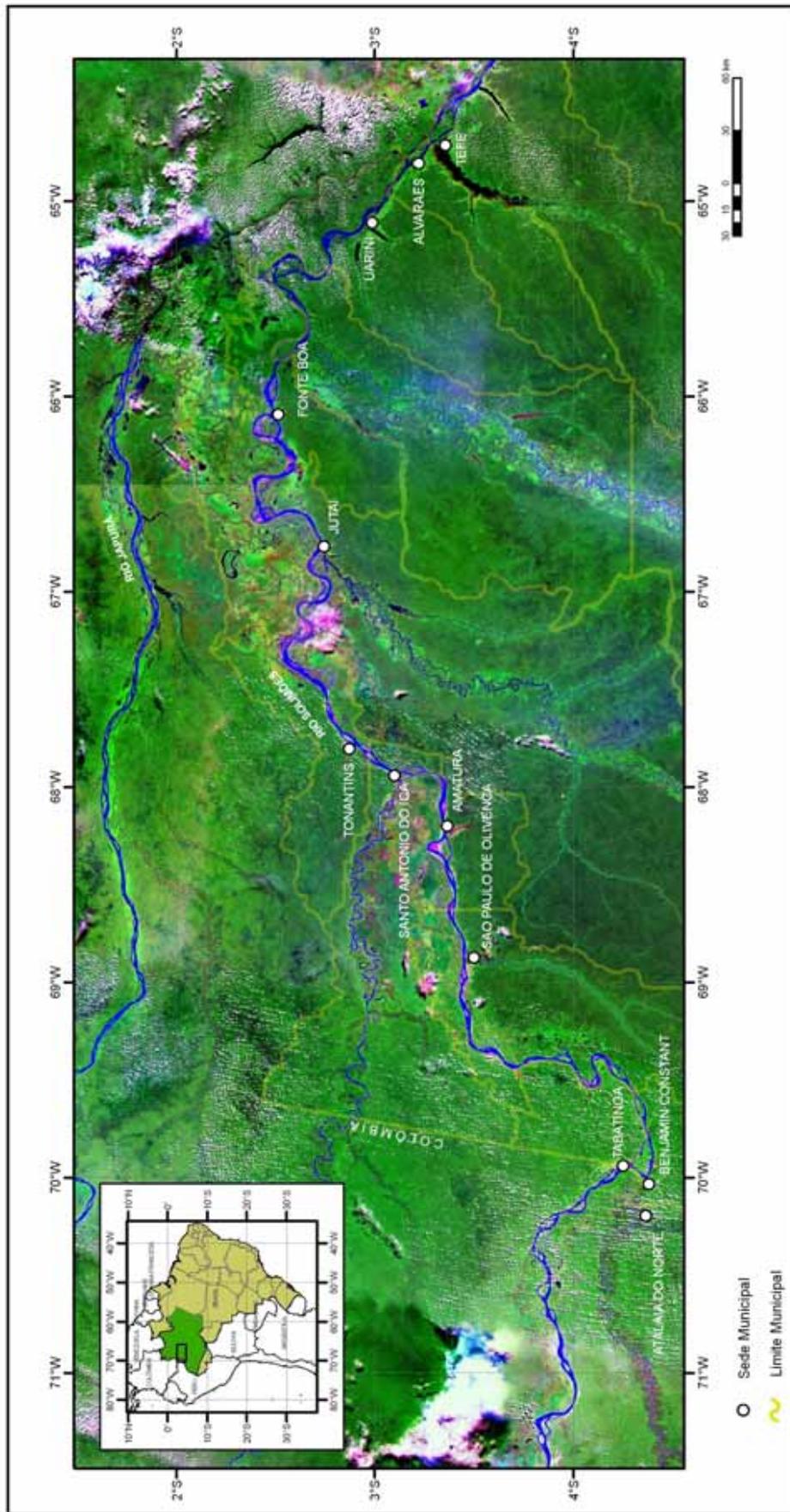


Figura 3.1 – Imagem de satélite Geocover, ano 2000, da região do alto rio Solimões, no Estado do Amazonas, com os limites políticos e as sedes municipais.

4. Contexto Geológico da Região do Alto Solimões

A área de estudo se encontra assentada na seção oeste da Bacia Sedimentar do Solimões (BSS). Conforme trabalhos desenvolvidos pela CPRM e condensados no Mapa Geológico do Estado do Amazonas em escala 1:1.000.000 (CPRM, 2005a), essa unidade geológica constitui uma bacia intracratônica, com aproximadamente 450.000 km², cujos limites são ocupados por rochas de idade paleozóica. A BSS é limitada a oeste pelo Arco de Iquitos, que a separa da Bacia Sedimentar do Acre, e a leste pelo Arco de Purus, que a separa da Bacia Sedimentar do Amazonas; ao norte e sul, ela é bordejada, respectivamente, por rochas proterozóicas dos escudos das Guianas e Brasil Central (**Figura 4.1**).

O interior da BSS encontra-se dividido em duas sub-bacias, Jandiatuba e Juruá, controladas pelo Arco de Carauari. De acordo com Eiras (2005), a geologia da sub-bacia Juruá, a leste do arco, é bem mais conhecida, devido à intensa prospecção de hidrocarbonetos desenvolvida pela Petrobras a partir da década de 70 – é nessa sub-bacia que se situam as províncias gasíferas/petrolíferas Juruá e Urucu. Já a geologia da sub-bacia Jandiatuba, a oeste do arco, é pouco conhecida devido às restrições legais de pesquisas em regiões dominadas por áreas indígenas e reservas florestais (**Figura 4.1**).

Segundo Eiras (2005), o preenchimento da BSS por rochas sedimentares fanerozóicas atinge 3.800 m e 3.100 m de espessura nas sub-bacias Juruá e Jandiatuba, respectivamente, e pode ser dividido em duas seqüências de primeira ordem: uma principal, paleozóica, seccionada por diques e soleiras de diabásio, e outra mesozóico-cenozóica (**Figura 4.2**). A seqüência paleozóica, que não aflora na área de estudo, tem destaque por conter rochas geradoras de hidrocarbonetos, reservatórios e selantes. Por sua vez, tais rochas encontram-se sobrepostas pelas extensas sucessões sedimentares cretáceas e tércio-quaternárias que predominam em superfície.



Figura 4.1 – Bacias sedimentares da Região Norte, com situação da Bacia do Solimões (em azul) e sub-bacias (em laranja) no Estado do Amazonas (adaptado de Eiras, 2005).

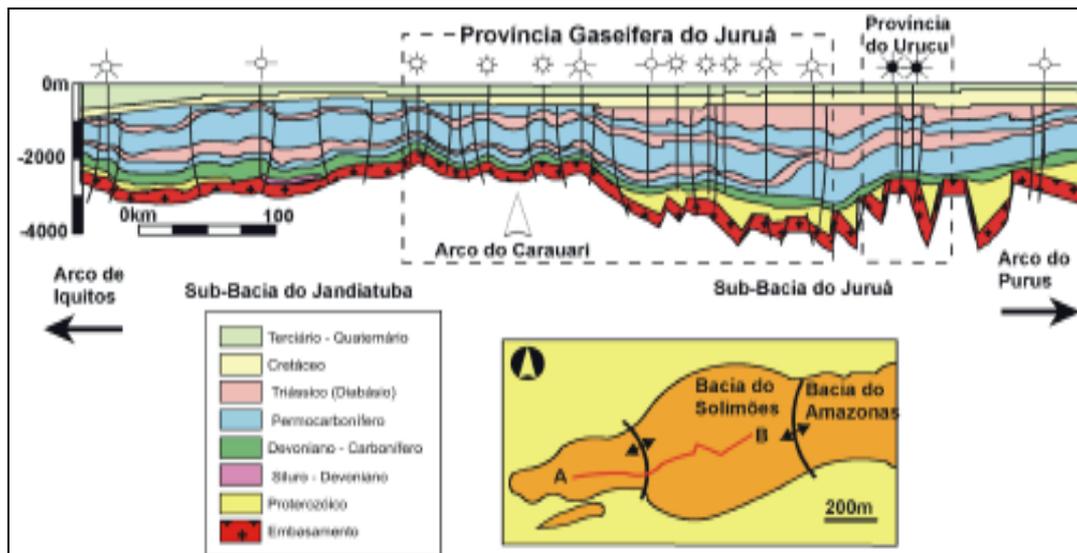


Figura 4.2 – Seção geológica longitudinal da Bacia Sedimentar do Solimões (Eiras, 2005)

Na história de sedimentação da BSS são evidenciados registros de eventos tectônicos na borda da placa sul-americana com reflexos para seu interior, induzindo a movimentos de soerguimento da crosta e reativação de arcos, como os de Iquitos, Purus e Carauari (**Figura 4.2**). Estes vieram controlar as transgressões marinhas, as depressões deposicionais e processos erosivos com durações variáveis, além do magmatismo mesozóico. Além disso, causaram também deformações intraplaca sob a forma de dobras e falhas, reativação de falhas mais antigas, geração de anticlinais e falhas reversas que constituem importantes estruturas para acumulação de petróleo e gás na bacia (Eiras, 2005).

Em síntese, a estratigrafia da BSS, visualizada na **Figura 4.3**, revela discordâncias bem marcantes que permitem estabelecer o reconhecimento de seis seqüências de segunda ordem (Eiras *et al.*, 1994):

Seqüência Ordoviciano – equivale aos sedimentos clásticos neríticos da Formação Benjamin Constant da sub-bacia Jandiatuba, que se encontram truncados por discordância decorrente de provável soerguimento relacionado à Orogenia Taconiana.

Seqüência Siluro-devoniano – representada pelos carbonatos e sedimentos terrígenos neo-silurianos e eo-devonianos da Formação Jutaí da sub-bacia Jandiatuba.

Seqüência Devoniano-carbonífero – equivale aos terrígenos e depósitos silicosos neríticos e glácio-marinhos neo-devonianos e eo-carboníferos do Grupo Marimari (Formações Jandiatuba e Uerê), os quais ultrapassam os limites do Arco Carauari e também se fazem presentes na sub-bacia Juruá. A discordância decorrente é aparentemente relacionada à Orogenia Eo-Herciniana.

Seqüência Permo-carbonífera – representada pelos sedimentos clásticos, carbonatos e evaporitos marinhos e continentais do Grupo Tefé (Formações Fonte Boa, Carauari e Juruá), encontrados em quase toda a BSS. Sobre esta seqüência há uma discordância erosiva, com hiato da ordem de 170 milhões de anos, decorrente da atuação da Orogenia Tardi-Herciniana e Diastrofismo Juruá.

Seqüência Cretácea – representada pelos sedimentos fluviais da Formação Alter do Chão, preservados em função da subsidência ligada à atividade da Orogenia Andina.

Seqüência Terciária (Neógena) – equivale aos espessos pacotes de argilitos e siltitos, com lentes de arenitos flúvio-lacustres, da Formação Solimões, também depositados em conexão com a Orogenia Andina.

De todas as seqüências descritas apenas a terciária (neógena) ocorre em superfície na região do alto Solimões. No entanto, acima dessa seqüência ainda são observadas unidades sedimentares mais jovens (pleistocênicas/holocênicas), conforme exposto no Mapa Geológico da área de estudo (**Anexo II**), representadas pela Formação Içá, pelos Terraços Fluviais e pelos Depósitos de Planícies Aluvionares, as quais, juntamente com Formação Solimões, são descritas a seguir com base em literatura e em dados de campo.

Carta Estratigráfica da Bacia do Solimões

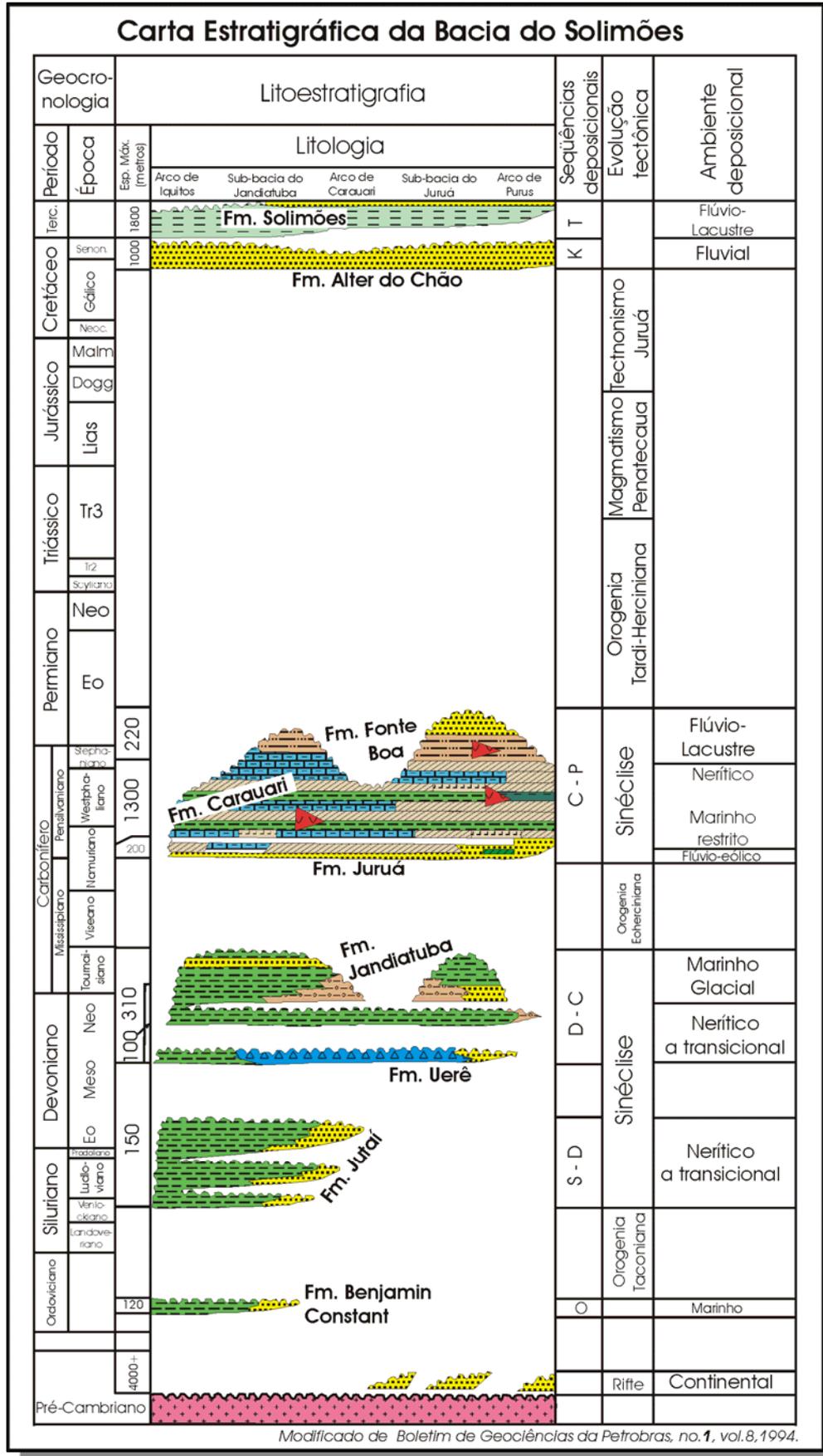


Figura 4.3 - Carta Estratigráfica da Bacia Sedimentar do Solimões (adaptada de Eiras et al., 1994)

Formação Solimões

O termo Solimões foi revalidado por Caputo *et al.* (1971) para agrupar argilitos e siltitos avermelhados a acinzentados, com subordinados níveis de linhito e de arenitos conchíferos (**Fotos 4.1 e 4.2**), com ampla distribuição nas bacias sedimentares do Solimões e do Acre.



Foto 4.1 – Afloramento de linhito da Formação Solimões na margem esquerda do rio Solimões, em Tabatinga

Foto 4.2 – Afloramento de horizonte conchífero em sedimentos da Formação Solimões na cidade de Benjamin Constant

Os sedimentos finos da Formação Solimões possuem estrutura maciça e, secundariamente, laminação planar. Contudo, são comuns as estratificações plano-paralela e cruzadas, planar e acanalada, de pequeno a grande porte. A unidade é muito rica em fósseis vegetais e vertebrados, incluindo troncos, folhas, ostracodes, escamas, dentes e ossos (Caputo *et al.*, 1971). Cruz (1984), por meio de estudos de polens fósseis, definiu três principais zonas palinológicas para a formação, que permitiram estabelecer a idade da sedimentação no Mioceno-Plioceno, níveis superiores do período Neógeno.

De acordo com Eiras (2005), o início do soergimento da cordilheira andina, no Paleógeno, levou ao isolamento da bacia fluvial onde se depositaram os sedimentos da Formação Alter do Chão. Os rios do período Cretáceo, muitos dos quais corriam para o Oceano Pacífico, cederam lugar a grandes lagos de água doce e rasa, pouco movimentada, alimentados por um sistema fluvial meandrante de baixa energia. A elevação da umidade também favoreceu o desenvolvimento de uma vegetação incipiente, que depois viria a se tornar a exuberante floresta amazônica.

Nesse ambiente, foram depositados os sedimentos argilosos da Formação Solimões, acompanhados, nos meandros abandonados, por restos vegetais e animais, como conchas de moluscos. A partir do Mioceno, época do clímax do soergimento andino, a bacia passou a ser assoreada por abundante aporte de sedimentos oriundos dos Andes e começou a se implantar a rede de drenagem em direção ao Oceano Atlântico, precursora da bacia hidrográfica atual.

A Formação Solimões constitui o substrato geológico das cidades de Atalaia do Norte, Benjamin Constant, Tabatinga e São Paulo de Olivença, o que tem implicações na definição do tipo de captação de água para abastecimento público (captação superficial), conforme se verá adiante. Em Tabatinga, porém, grande parte da zona urbana é sustentada por terraços fluviais, com até 25m de espessura, que se assentam diretamente sobre a Formação Solimões (**Foto 4.3**). Já em São Paulo de Olivença é possível observar, nos barrancos fluviais, que a Formação Solimões é por vezes sobreposta por sedimentos arenosos, friáveis, com espessuras variáveis (máximo 8m), interpretados como representantes da Formação Içá (**Foto 4.4**). De fato, conforme se observa no mapa geológico apresentado no Anexo II, a linha de contato entre as Formações Solimões e Içá passa nas proximidades dessa cidade.



Foto 4.3 – Vista de terraço fluvial na margem esquerda do rio Solimões, na zona urbana de Tabatinga.



Foto 4.4 – Horizonte de sedimentos arenosos, representativos da Formação Içá, observado na cidade de São Paulo de Olivença.

Formação Içá

A Formação Içá foi definida por Maia *et al.* (1977) na localidade de São Joaquim, margem esquerda do rio Solimões. Em superfície, possui uma área-tipo que se estende do rio Içá, desde a localidade de Boa União, até a sua foz no rio Solimões.

No geral, reúne arenitos amarelo-avermelhados, finos a conglomeráticos, friáveis, com siltitos e argilitos subordinados, de características eminentemente continentais e depositados sob condições fluviais de elevada energia e clima árido. Estratos cruzados acanalados de porte variado são comuns no seu interior. A seção inferior da formação é constituída por siltitos e/ou argilitos maciços a finamente laminados, lenticulares, intercalados com arenitos estratificados (**Fotos 4.5 e 4.6**); já a seção superior está representada por arenitos conglomeráticos. Uma rica fauna e flora pleistocênica encontra registro na Formação Içá, que, por sua vez, está em discordância erosiva sobre a Formação Solimões (Maia *et al.*, 1977).

As cidades de Amaturá, Santo Antônio do Içá, Tonantins, Jutai, Fonte Boa, Uarini, Alvarães e Tefé estão assentadas sobre os sedimentos predominantemente arenosos da

Formação Içá (**Fotos 4.7 e 4.8**), fato que tem implicações na definição do tipo de captação de água para abastecimento público (captação subterrânea) conforme se verá adiante.



Foto 4.5 – Arenito fino, amarelo-avermelhado, com lente de argilito, observado na cidade de São Paulo de Olivença.



Foto 4.6 – Siltito/argilito maciço, com arenito estratificado na base, aflorantes na cidade de Santo Antônio do Içá.



Foto 4.7 – Barranco da Formação Içá no rio Solimões, próximo a Fonte Boa: arenitos róseos, com lentes de argilito cinzento



Foto 4.8 – Contato entre arenitos amarelados e siltitos cinza-claros da Formação Içá em barranco fluvial próximo a cidade de Fonte Boa

Terraços Fluviais

Os terraços fluviais correspondem a amplos depósitos sedimentares constituídos por argila, areia e cascalho, via-de-regra, inconsolidados a semiconsolidados, e com dezenas de metros de espessura. Os sedimentos revelam diferentes ciclos de erosão e deposição ao longo do tempo geológico.

No âmbito da Bacia Sedimentar do Solimões ocorrem em diversas áreas. Normalmente constituem zonas de interflúvios entre a principal drenagem e alguns de seus afluentes, registrando nível topográfico mais elevado do que aquele das planícies aluvionares.

Na área de estudo, as zonas urbanas de Tabatinga e Uarini estão parcialmente assentadas sobre depósitos de terraços fluviais (**Foto 4.3**).

Depósitos de Planícies Aluvionares

Os principais rios que integram a bacia do Solimões apresentam expressivas áreas de planícies aluvionares, que chegam a atingir dezenas de quilômetros de largura e de extensão. Na porção oeste têm destaque as planícies dos rios Solimões, Içá, Jutaí e Juruá, conforme se observa no **Anexo II**.

Esses depósitos sedimentares revelam uma morfologia característica de planície aluvial, onde é comum o padrão de canais fluviais meandranes, lagos de variada conformação e meandros abandonados, os quais registram a migração lateral do curso dos rios.

As planícies são constituídas por sedimentos arenosos a argilosos, inconsolidados a semiconsolidados, associados a níveis de cascalho e matéria orgânica. Os depósitos inconsolidados compõem-se predominantemente por areia de composição quartzo-feldspática e granulometria variável, com estratificações plano-paralelas, cruzadas tabulares e acanaladas. Os depósitos semiconsolidados são representados por camadas argilosas, maciças, com subordinados níveis arenosos de espessura variável (**Foto 4.9**).

Estes depósitos registram quantidades variáveis de troncos, matéria orgânica imatura e níveis de material vegetal (folhas) e são inundáveis periodicamente, durante as cheias dos rios, constituindo as chamadas várzeas atuais.



Foto 4.9 – Seção estratigráfica de um depósito aluvionar observado no rio Solimões logo a montante da cidade de Jutaí. Na base, arenito inconsolidado e no topo, horizonte argiloso maciço.

5. Materiais e Métodos

A primeira parte dos estudos, caracterizada como etapa de escritório, se desenvolveu na Superintendência Regional da CPRM em Manaus. Nela, foram coletados dados dos municípios a serem visitados, como localização e extensão da área urbana, população residente, rede hoteleira, acessos, e reunida a documentação técnica da região como um todo: imagens de satélites, mapas geológicos, perfis de poços tubulares já cadastrados no SIAGAS - Sistema de Informação de Águas Subterrâneas, projeto institucional da CPRM, bases planimétricas, estudos anteriores, etc. Essas informações foram fundamentais para a elaboração do planejamento das etapas de campo.

Os trabalhos de campo foram divididos em duas etapas, a primeira desenvolvida de Tabatinga a Tonantins, e a segunda de Jutai a Tefé. Com intuito de dinamizar os trabalhos e adequá-los ao cronograma físico-financeiro do projeto, foram formadas duas equipes técnicas: uma ficou responsável pela avaliação das águas de abastecimento e das áreas de risco, e a outra pela avaliação da disposição dos resíduos sólidos e pelo cadastro dos insumos minerais para construção civil.

A primeira etapa de campo teve por foco a cidade de Tabatinga, no início do mês de setembro de 2008. Em seguida, os trabalhos foram realizados nas áreas urbanas de Benjamin Constant, Atalaia do Norte, São Paulo de Olivença, Tonantins, Santo Antônio do Içá e Amaturá, além das comunidades rurais de Feijoal, Belém do Solimões, Palmares, Vendaval, Santa Rita do Weil e Campo Alegre, com encerramento no final de setembro de 2008.

A segunda fase, desenvolvida em novembro de 2008, se iniciou na cidade de Jutai, tendo sido realizados os mesmos procedimentos de coleta de dados da etapa anterior. Neste município também foram visitadas as comunidades Bugaio, Copatana e Copeçu. Na sequência, foram visitadas as cidades de Fonte Boa, Uarini, Tefé e Alvarães, além das comunidades rurais de Campo Novo, São Sebastião, Punã, Marajaí e Nogueira.

A equipe técnica responsável pela avaliação das águas de abastecimento público necessitou de uma etapa de campo complementar nas cidades de Benjamin Constant, Amaturá e Santo Antônio do Içá, realizada em abril de 2009, devido a inconsistências observadas nos dados coletados, causadas por problemas nas sondas de equipamentos portáteis e pelo extravio de algumas amostras no transporte do campo para o laboratório.

Em todas as cidades e comunidades, o primeiro procedimento efetuado era a busca de contato com as respectivas prefeituras ou lideranças locais para expor o motivo da visita. A partir daí, as equipes eram encaminhadas aos responsáveis diretos para obter informações mais precisas e detalhadas de cada tema a ser abordado e verificar a possibilidade de apoio logístico aos trabalhos de campo.

Na elaboração do diagnóstico das águas de abastecimento em cada sede municipal, foram tratados como prioridade os sistemas de abastecimento público, envolvendo não somente os seus aspectos gerenciais e a qualidade da água oferecida às populações, mas também a caracterização e o dimensionamento dos principais componentes do sistema, ou seja: a captação, a adução, o tratamento, a reservação e a distribuição final. Sempre que possível, foram também avaliados os sistemas de abastecimento de escolas, hospitais, postos de saúde, aeroportos e outros órgãos públicos.

Com base nos dados censitários do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e no número de ligações (pontos de água) conectadas à rede pública de distribuição foi avaliada a capacidade do sistema de abastecimento público em atender aos seus usuários, levando-se em conta a necessidade mínima diária de água por habitante de 200 litros, recomendada pela OMS – Organização Mundial de Saúde.

Neste tema, a abordagem inicial dos trabalhos de campo esteve sempre associada ao tipo de captação de água que é utilizada para o abastecimento público em cada cidade/comunidade: superficial ou subterrânea. Nas cidades com captação superficial (Atalaia do Norte, Benjamin Constant, Tabatinga, São Paulo de Olivença e Santo Antônio do Içá) foram obtidas as coordenadas geográficas (GPS modelo GARMIN 76) e coletadas amostras de água nos pontos de captação bruta (rio ou igarapé), nas saídas das Estações de Tratamento de Águas (ETAs) e em pontas de rede de distribuição. Nas cidades com captação subterrânea (Amaturá, Tonantins, Jutai, Fonte Boa, Uarini, Alvarães e Tefé), de modo semelhante, foram tomadas as coordenadas geográficas, obtidos dados técnicos e coletadas amostras dos poços tubulares visitados. As áreas de entorno dos pontos de captação de água, seja superficial ou subterrânea, foram avaliadas, observando-se as condições de proteção sanitária, o estado de conservação das instalações e a existência de fontes contaminantes nas proximidades.

Em cada ponto de água de abastecimento visitado, nos rios/igarapés onde há captação superficial, nas ETA's e/ou nos poços tubulares, eram inicialmente medidas, com auxílio de aparelhos digitais portáteis (pHmetro e condutivímetro da marca WTW), duas variáveis indicativas de contaminação química das águas: o pH e a condutividade elétrica (CE) (**Figura 5.1**). Além disso, para estimar a contaminação microbiológica das águas de abastecimento, eram realizados testes *in situ*, por meio de kits da marca La Motte que fazem uma determinação qualitativa, indicando presença ou ausência de coliformes totais. Esses testes consistem na introdução de 10ml da amostra de água numa cubeta de vidro que contém uma pastilha de reagente. A cubeta é, em seguida, tampada e mantida em repouso na temperatura ambiente por 48 horas. Após esse tempo, se obtém como resultado, no interior da cubeta, a formação de uma gelatina e de um indicador colorimétrico, que indicam presença ou ausência da bactéria e. coli, conforme se observa na **Figura 5.2**.



Figura 5.1 – Aparelhos digitais de marca WTW utilizados nos trabalhos de campo para determinação de condutividade elétrica e pH das águas de abastecimento: à esquerda, o condutivímetro e, à direita, o pHmetro.



Figura 5.2 – À esquerda, cubeta do teste de coliformes La Motte, contendo a pastilha de reagente; à direita, esquema contido no kit do teste, mostrando a coloração e as diferentes características da gelatina, indicativas dos resultados positivo e negativo.

Em função dos valores de pH e CE, medidos *in situ* nos locais de captação de águas de abastecimento, e das observações de campo, foram coletadas amostras, nos pontos onde

havia suspeitas de contaminação dessas águas, para envio aos laboratórios, onde se processaram as análises físico-químicas. Todas as amostragens foram feitas em duas alíquotas (**Figura 5.3**), uma com 600ml e outra com 50ml, as quais foram encaminhadas para laboratórios diferentes:

- as alíquotas de 600ml, não filtradas, foram enviadas ao Laboratório de Química Ambiental do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, que determinou, dentre outros parâmetros, as concentrações dos principais constituintes aniônicos (**Tabela 5.1**);

- as alíquotas de 50 ml, filtradas e acidificadas no campo, foram enviadas ao Laboratório de Análises Mineraias – LAMIN, operado pela CPRM na cidade do Rio de Janeiro, que dosou, via ICP-OES (Espectrometria de Emissão Ótica com Fonte de Plasma), os principais metais dissolvidos nas águas, incluindo-se os pesados (**Tabela 5.2**).



Figura 5.3 – À esquerda, coleta de amostra de água de poço, na alíquota de 600ml, para ser enviada ao laboratório do INPA; à direita, coleta e filtragem de amostra de água, na alíquota de 50ml, para se enviada ao LAMIN.

Tabela 5.1 - Parâmetros físico-químicos das amostras de águas de abastecimento determinados no Laboratório do INPA, limites de detecção e métodos analíticos utilizados.

Parâmetros	Limites de Detecção (mg/L)	Métodos
Alcalinidade em bicarbonatos	0,02	Potenciometria
Cloreto (Cl ⁻)	0,10	Titulometria
Nitrato (NO ₃ ⁻)	0,01	Espectroscopia por FIA
Amônio (NH ₄ ⁺)	0,1	
Sulfato (SO ₄ ⁻²)	1,0	Espectroscopia
Demanda Química de Oxigênio	-	Titulometria com KMnO ₄
Turbidez	-	Turbidimetria
Cor	0,75	Espectroscopia

Tabela 5.2 - Elementos dissolvidos nas águas de abastecimento determinados pelo LAMIN, via ICP-OES, e respectivos limites de detecção.

Elementos/íons	Limites de Detecção (µg/L)
V	30
Zn	20
Ca, Mg, Pb, Se, Na, Sn	10
As	8
B, Mo, Mn, Ni	7
Ti, K	5
Al, Ba, Co, Cr	3
Cd, Cu, Fe, Si	2
Be, Li, Sr	1

Para avaliar a qualidade das águas de abastecimento nos pontos de captação superficiais (rios e igarapés) foi utilizada a Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), a qual estabelece, com base em valores de referência para diversos parâmetros, uma classificação dos corpos de água doce em cinco categorias: classe especial, e classes 1, 2, 3 e 4. Neste estudo foram tomados, para comparações, os valores referentes à classe 2, que são águas destinadas, entre outros fins, para “abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional”.

Para avaliação da qualidade das águas de abastecimento provenientes de poços tubulares, *in natura*, e das águas tratadas pelas ETA's, foram tomados como referência os valores máximos permitidos (VMP) para cada parâmetro de acordo com a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde - MS (BRASIL, 2004), que estabelece os padrões de potabilidade de água para consumo humano.

Com relação ao diagnóstico sobre os riscos geológicos, após a obtenção de informações, junto aos órgãos competentes municipais (Defesa Civil, Secretarias de Meio Ambiente ou de Obras), sobre a existência de áreas habitadas nos núcleos urbanos suscetíveis a alagamentos ou escorregamentos/desmoraamentos, foram realizadas visitas técnicas a cada uma dessas áreas. Então, foi feita a caracterização geológica e fisiográfica do local, avaliando-se, no caso de áreas suscetíveis a escorregamentos, o grau do risco (iminente, alto, médio ou baixo) com base na altura, inclinação e constituição litológica das paredes dos taludes fluviais. Com auxílio do GPS Garmin 76, foi delimitada a extensão de cada área de risco e estimado o número de moradias existentes no local.

No que tange ao tema da coleta e disposição dos resíduos sólidos, para a realização do estudo foi adotado, em todos os locais visitados, o procedimento descrito a seguir. Após o contato e confirmação, pelo administrador responsável, de que o município dispunha de um local certo para disposição final dos resíduos sólidos coletados na zona urbana, era então providenciada uma visita a esse ponto. Na coleta prévia de informações com o responsável era

levantado o histórico do Depósito de Resíduos Sólidos (DRS) municipal, como ano do início de sua utilização, volume de resíduos sólidos depositados diariamente, dimensão do terreno, tratamentos e sistemas utilizados, destino do lixo hospitalar, etc.

Durante a visita eram aferidas as coordenadas geográficas do DRS, com aparelho GPS marca/modelo Garmin e-Trex, tomadas algumas fotografias (máquina fotográfica Sony P-200) e realizado um reconhecimento pelo entorno com objetivo de verificar a presença de drenagens, igarapés, açudes, poços tubulares, cacimbas ou residências que pudessem estar sendo impactadas pelo DRS.

Caso fossem identificados riscos de contaminação a cursos d'água ou poços de abastecimento nas vizinhanças do DRS, eram selecionados pontos para realização de sondagens de subsuperfície com trado manual de 6" de diâmetro. O objetivo deste procedimento era caracterizar o tipo de solo onde o DRS está assentado e, se possível, determinar a profundidade das águas subterrâneas e se as mesmas apresentavam indícios de contaminação química, o que era feito por meio de medições *in loco* dos valores de pH e condutividade elétrica, com auxílio dos aparelhos digitais já descritos acima, em amostras de água coletadas ao final da perfuração.

De modo semelhante, nos corpos d'água situados próximos aos DRS eram tomadas medidas de pH e condutividade elétrica. No caso da existência de indícios de contaminação química, seja nas águas subterrâneas ou superficiais, eram coletadas amostras em duas alíquotas, para análises físico-químicas nos laboratórios do INPA e do LAMIN. Os parâmetros analisados nessas amostras foram os mesmos determinados naquelas coletadas para avaliar a qualidade das águas de abastecimento público (**Tabelas 5.1 e 5.2**).

Nas cidades onde a coleta de lixo estava interrompida, por qualquer motivo, ou já se sabia que o DRS em uso seria desativado em breve, foram feitas visitas a áreas indicadas pela própria administração municipal e realizados estudos preliminares para avaliar a favorabilidade dessas áreas em abrigar aterros sanitários, incluindo sondagens de subsuperfície, com trado manual, para coleta de amostras de solo que foram enviadas para ensaios granulométricos no laboratório da Embrapa, em Manaus. Os elementos balizadores desses estudos, assim como da avaliação de todos os DRS visitados, são as normas técnicas que regem a construção e operação de aterros sanitários (ABNT NBR's NBR 10157/87 e 13896/97).

Em relação à avaliação dos insumos minerais utilizados na construção civil, foram adotados os procedimentos a seguir descritos. Após a coleta de informações sobre as empresas ou pessoas responsáveis pela extração desses insumos, em cada sede municipal, eram realizadas visitas aos locais de extração.

Nas olarias e respectivas jazidas de argila eram aferidas as coordenadas geográficas, por meio de aparelho GPS marca/modelo Garmin e-Trex, tomadas fotografias das linhas de

produção e levantadas informações como produção mensal, capacidade de abastecer o mercado local, variedade de produto fabricado, tempo em funcionamento, etc. Nas jazidas, situadas normalmente ao lado das olarias, eram feitas análises tátil e visual das argilas utilizadas como matéria-prima. Para cada olaria foi coletada uma amostra da argila em uso, por vezes com auxílio de trado de 6" na própria jazida, para ensaios cerâmicos preliminares, os quais foram realizados no laboratório do ITEP – Instituto Tecnológico do Estado de Pernambuco, em Recife.

De modo similar, nos areais eram aferidas as coordenadas geográficas, tomadas fotografias da área em exploração e levantadas informações relativas à produção mensal, capacidade de abastecer o mercado local, tempo em funcionamento, etc. Nessas jazidas, situadas normalmente nas zonas urbanas, foram feitas também análises tátil e visual das areias e coletadas amostras para análises granulométricas, realizadas no laboratório da EMBRAPA, em Manaus.

Na confecção dos anexos deste relatório foram utilizadas imagens do satélite Landsat 7, com resolução espacial de 30 m na composição RGB, do próprio banco de imagens da CPRM; imagens do satélite Ikonos (alta resolução), extraídas do Google Earth, e arquivos digitais do sistema viário das sedes municipais fornecidos pelo IBGE.

A análise socioeconômica foi realizada com base em dados disponíveis no IBGE e, como complemento, em dados primários obtidos pela equipe de campo. A organização do capítulo correspondente ao tema está sequenciada pela área, aspectos demográficos, economia local e infraestrutura econômica.

As estimativas de população para o ano de 2009 foram feitas a partir da média geométrica anual do censo de 2000 e a contagem populacional de 2007, ambas do IBGE. As avaliações do PIB real e PIB per capita real por município tiveram por base a aplicação do deflator do PIB medido pelo IBGE no período concernente.

Para uma melhor compreensão da dinâmica socioeconômica da região do Alto Solimões, esta foi dividida em sub-regiões, a fim de tornar possível uma avaliação mais clara da heterogeneidade da área em estudo em termos de relações sociais, culturais e econômicas.

6. Socioeconomia da Região do Alto Solimões

6.1. Visão Geral

A região do Alto Solimões possui uma extensão de 253.144 km², superior a área de dezesseis estados brasileiros. Ela é compartilhada por 12 municípios, dentre os quais o de maior participação é Atalaia do Norte, com 76.355 km², área superior a de seis estados da federação, com 30,2% do seu território, e o menor é Tabatinga, com apenas 1,3% (**Tabela 6.1.1**).

Tabela 6.1.1 - Área superficial dos municípios que compõem a região do Alto Solimões

Município	Área (km ²)	% da Região
Alvarães	5.912	2,34
Amaturá	4.759	1,88
Atalaia do Norte	76.355	30,16
Benjamin Constant	8.793	3,47
Fonte Boa	12.111	4,78
Jutaí	69.552	27,48
Santo Antônio do Içá	12.308	4,86
São Paulo de Olivença	19.746	7,80
Tabatinga	3.225	1,27
Tefé	23.704	9,36
Tonantins	6.433	2,54
Uarini	10.246	4,05
Total	253.144	100,00

Fonte: IBGE

Nos municípios que a compõem estima-se que vivam em 2009 cerca de 307 mil pessoas (**Tabela 6.1.2**), sendo que a densidade demográfica é menor que um décimo da brasileira. O mais populoso e mais densamente habitado desses municípios é Tefé, com cerca de 62,5 mil habitantes, e o de menor população é Amaturá, com cerca de 8,7 mil habitantes. A taxa de urbanização na região do Alto Solimões é de 64,5 %, muito aquém da média brasileira.

Tabela 6.1.2 - População da Região do Alto Solimões – estimativa para 2009

Município	População	%	Dens. Demogr.
Alvarães	13.364	4,36	2,26
Amaturá	8.724	2,84	1,83
Atalaia do Norte	14.944	4,87	0,20
Benjamin Constant	31.285	10,19	3,56
Fonte Boa	18.313	5,98	1,51
Jutaí	16.456	5,36	0,24
Santo Antônio do Içá	29.925	9,76	2,43
São Paulo de Olivença	33.361	10,88	1,69
Tabatinga	47.666	15,52	14,78
Tefé	62.495	20,36	2,64
Tonantins	20.299	6,61	3,15
Uarini	9.749	3,27	0,95
Total	306.581	100,00	1,21

Fonte: IBGE

Sua economia é fraca e dependente da transferência de recursos estaduais e federais. Ela varia em função dos seus recursos naturais e da proximidade com a capital, representando apenas 2,63% da economia estadual. Especialmente, foi organizada em função do rio Solimões, seu principal acesso e ainda o único para vários desses municípios. Todavia, quase um quarto da economia da região está concentrada em Tefé (**Tabela 6.1.3**) e o restante pulverizado entre os demais municípios.

Tabela 6.1.3 - PIB da Região do Alto Solimões em 2006

Município	PIB	%	PIB per capita
Alvarães	52.467	4,57	3.550,81
Amaturá	28.212	2,46	3.083,23
Atalaia do Norte	37.358	3,26	3.242,03
Benjamin Constant	98.654	8,60	3.689,81
Fonte Boa	126.762	11,05	3.238,34
Jutaí	69.949	6,10	2.502,19
Santo Antônio do Içá	81.804	7,13	2.266,17
São Paulo de Olivença	85.797	7,48	2.867,95
Tabatinga	145.145	12,65	3.219,37
Tefé	284.243	24,77	3.949,19
Tonantins	59.666	5,20	3.069,41
Uarini	77.278	6,74	5.628,78
Total	1.147.334	100,00	3.320,53

Fonte: IBGE – PIB dos Municípios

A diversidade das relações sociais, culturais e econômicas entre esses municípios permite identificar quatro diferentes sub-regiões econômicas, a saber:

- Sub-região 1 - Tríplice Fronteira: municípios de Tabatinga, Benjamin Constant e Atalaia do Norte.
- Sub-região 2 - Solimões-Içá: municípios de São Paulo de Olivença, Amaturá, Santo Antônio do Içá e Tonantins.
- Sub-região 3 - Solimões-Juruá: municípios de Jutaí e Fonte Boa.
- Sub-região 4 - Solimões-Japurá: municípios de Uarini, Alvarães e Tefé.

6.2. Sub-região 1: Tríplice Fronteira

Essa sub-região se caracteriza por ser uma zona de fronteira com dois países, Peru e Colômbia. Ela é ocupada por cerca de 94 mil habitantes e composta pelos municípios de Tabatinga, Benjamin Constant e Atalaia do Norte.

Do lado peruano essa sub-região faz fronteira com o Departamento de Loreto e é ligada a ele pelo rio Solimões. Esse Departamento Peruano é composto por sete províncias: Alto Amazonas (Yurimaguas), Loreto (Nauta), Mariscal Ramón Castilla (Caballococha), Maynas (Iquitos), Requena (Requena), Ucayali (Contamana) e Datem del Marañón (San Lorenzo), com populações e densidades demográficas superiores a dos municípios desta sub-região.

Do lado colombiano sub-região em foco faz fronteira com o Estado do Amazonas, que tem os seguintes municípios/povoados: Letícia (capital), El Encanto, La Chorrera, La Pedrera, Mirití-Paraná, Puerto Nariño, Puerto Santander e Tarapacá.

A cidade de Tabatinga é uma cidade fronteiriça à Colômbia e ao Peru, sendo que a fronteira com o primeiro é terrestre. As cidades de Tabatinga e Letícia são interdependentes no tocante ao abastecimento das populações. Todavia, o único marco limítrofe é um poste com as duas bandeiras, o que faz com a população local transite livremente entre os dois países como se as duas cidades fossem uma. O acesso mais frequente à Colômbia é pela Avenida da Amizade, que começa no aeroporto de Tabatinga e termina em Letícia.

Dinâmica demográfica

É a sub-região com a segunda maior concentração demográfica do Alto Solimões, representando 30,6% de toda a sua população. O município que mais cresceu entre 2000 e 2007 foi Atalaia do Norte (36,15%), mas ainda é o menos populoso (**Tabela 6.2.1**).

Tabela 6.2.1 - População Total da Sub-região 1 – estimativa para 2009

Municípios	Tabatinga	Benjamin Constant	Atalaia do Norte	Total
1980	-	24.645	6.670	31.315
1991	27.923	18.312	7.993	54.228
2000	37.919	23.219	10.049	71.187
2007	45.293	29.268	13.682	88.243
2009	47.666	31.285	14.944	93.895

Fonte: IBGE – SIDRA

Entre as quatro sub-regiões do Alto Solimões possui a terceira maior taxa de urbanização, 62,7%. Dos três municípios que a compõem, Tabatinga e Benjamin Constant são os que apresentam as taxas mais elevadas de urbanização, 67,9% e 64,2%, para 2009 (**Tabela 6.2.2**)

Tabela 6.2.2 - População Urbana da Sub-região 1

Municípios	Tabatinga	Benjamin Constant	Atalaia do Norte	Total
1980	-	6.540	1.261	7.801
1991	19.822	11.539	2.161	33.522
2000	26.637	14.171	4.175	44.983
2007	30.998	18.598	5.796	55.392
2009	32.370	20.100	6.366	58.836

Fonte: IBGE – SIDRA

Dinâmica Econômica

A economia é a segunda mais forte da região do Alto Solimões, representando 24,51% do total. Nos últimos cinco anos pesquisados pelo IBGE (2002 a 2006), a sua economia cresceu 35,53% (**Tabela 6.2.3**) em termos reais (retirada à inflação). O município de Tabatinga cresceu 65,52% naquele período, enquanto que Benjamin Constant apenas 7,25%.

Tabela 6.2.3 - Produto Interno Bruto da Sub-região 1 – Mil Reais

Anos	Tabatinga	Benjamin Constant	Atalaia do Norte	Total
2002	64.247	67.396	20.346	151.989
2003	87.290	73.054	23.070	183.414
2004	93.782	78.532	25.523	197.837
2005	103.118	76.570	27.912	207.600
2006	145.145	98.654	37.358	342.454

Fonte: IBGE – PIB dos Municípios

A renda média da população dessa sub-região é próxima à da região do Alto Solimões. As rendas médias da população de Tabatinga, Benjamin Constant e de Atalaia do Norte estão representadas na **Tabela 6.2.4**

Tabela 6.2.4 - PIB per capita da Sub-região 1 – Reais

Anos	Tabatinga	Benjamin Constant	Atalaia do Norte	Total
2002	1.581,45	2.745,46	1.918,39	6.245
2003	2.091,28	2.911,09	2.129,21	7.131
2004	2.198,78	3.074,61	2.315,42	7.589
2005	2.344,97	2.923,54	2.471,44	7.740
2006	3.219,37	3.689,81	3.242,03	10.151

Fonte: IBGE – PIB dos Municípios

A fonte do crescimento econômico é o setor terciário (**Tabela 6.2.5**), sendo a transferência de recursos estaduais e federais o principal elemento propulsor desse segmento (**Tabela 6.2.6**).

Tabela 6.2.5 - Setores Econômicos da Sub-região 1 em 2006

Município/Setor	Tabatinga	Benjamin Constant	Atalaia do Norte
Primário	7,62	21,04	15,55
Secundário	9,58	7,85	8,52
Terciário	82,80	71,11	75,93
Total	100,00	100,00	100,00

Fonte: IBGE – Cidades

Tabela 6.2.6 – Finanças Municipais da Sub-região 1 em 2007

Conta/Município	Tabatinga	Benjamin Constant	Atalaia do Norte
Receitas orçamentárias realizadas	28.144.293,60	26.951.056,74	12.125.041,00
Correntes	29.451.601,54	26.422.892,24	13.339.688,00
Tributárias	811.184,16	856.617,03	446.136,00
- IPTU	211.488,08	1.114,57	-
- ISS	276.288,38	612.693,35	250.190,00
- ITBI	-	424,58	-
- Taxas	69.159,91	3.316,24	5.666,00
- Contribuição	4.431,82	848.415,01	-
Patrimonial	119.675,17	194.814,04	31.230,00
Transferências Correntes	28.459.940,39	24.266.422,56	12.843.992,00
da União	16.060.171,03	11.493.758,32	6.620.794,00
do Estado	5.299.147,86	4.811.263,30	4.470.868,00
Dívida Ativa	-	-	-
Outras Receitas Correntes	-	213.366,57	18.330,00
Capital	717.126,34	2.205.929,53	-
Transferência de Capital	717.126,34	2.205.929,53	-
Despesas orçamentárias realizadas	28.785.196,61	26.660.714,93	12.256.553,00
Correntes	27.696.098,64	23.085.366,07	11.012.490,00
Outras Despesas Correntes	13.112.915,34	11.968.203,85	5.700.433,00
Capital	1.089.097,97	3.575.348,86	1.244.063,00
Investimentos	1.089.097,97	3.575.348,86	1.196.404,00
Pessoal e Encargos Sociais	14.583.183,30	11.117.162,22	5.246.400,00
Obras e Instalações	823.188,05	-	1.056.804,00
Superavit ou Déficit	640.903,01	290.341,81	131.512,00
Valor do Fundo do - FPM	8.475.975,42	6.592.425,27	3.767.100,00
Valor do - ITR	132,19	19,75	1.182,00
Valor do - IOF - OURO	-	-	-

Fonte: STN – Secretaria do Tesouro Nacional

O setor primário dessa sub-região é composto pelo extrativismo vegetal e animal, agricultura e pecuária, com participação equilibrada entre si. O extrativismo vegetal predominante é o da madeira em tora, seguido da castanha-do-pará e da lenha (**Tabela 6.2.7**).

Tabela 6.2.7 - Produção Extrativa da Sub-região 1 em 2007 – Mil Reais.

Município	Tabatinga	Benjamin Constant	Atalaia do Norte	Total
Total	1.400	1.227	1.530	4.157
1 – Alimentícios	920	0	0	920
1.1 - Açaí (fruto)	19	0	0	19
1.3 - Castanha-do-Pará	902	0	0	902
3 – Borrachas	4	0	0	4
3.2 - Hevea (látex coagul.)	4	0	0	4
3.3 - Hevea (látex líquido)	0	0	0	0
4 – Ceras	0	0	0	0
5 – Fibras	0	0	0	0
5.1 – Buriti	0	0	0	0
5.3 – Piaçava	0	0	0	0
6 - Gomas não elásticas	0	0	0	0
6.2 – Maçaranduba	0	0	0	0
6.3 – Sorva	0	0	0	0
7.1 - Carvão vegetal	0	4	0	4
7.2 – Lenha	180	262	52	494
7.3 - Madeira em tora	295	961	1.469	2.725
8 – Oleaginosos	0	0	9	9
8.1 - Babaçu (amêndoa)	0	0	9	9
8.2 - Copaíba (óleo)	0	0	0	0

Fonte: IBGE – SIDRA

A agricultura temporária da sub-região é diversificada com predominância na produção de mandioca, sendo que o município de Benjamin Constant é o que mais se destaca nesse tipo de produção (**Tabela 6.2.8**).

Tabela 6.2.8 - Agricultura Temporária da Sub-região 1 em 2007 – Mil Reais.

Município	Tabatinga	Benjamin Constant	Atalaia do Norte	Total
Total	1.184	3.636	723	5.543
Abacaxi	53	34	0	87
Arroz (em casca)	31	28	0	59
Batata-doce	0	0	0	0
Batata-inglesa	0	0	0	0
Cana-de-açúcar	74	8	2	84
Feijão (em grão)	115	31	0	146
Fumo (em folha)	0	3	0	3
Juta (fibra)	0	0	0	0
Malva (fibra)	0	0	0	0
Mandioca	627	2.932	710	4.269
Melancia	0	120	11	131
Melão	0	6	0	6
Milho (em grão)	262	355	0	617
Tomate	22	119	0	141

Fonte: IBGE

A agricultura permanente está concentrada na produção de bananas, sendo que também o município de Benjamin Constant é o que mais se destaca (**Tabela 6.2.9**).

Tabela 6.2.9 – Agricultura Permanente da Sub-região 1 em 2007 – Mil Reais.

Município	Tabatinga	Benjamin Constant	Atalaia do Norte	Total
Total	72	1.795	308	2.175
Abacate	0	2	0	2
Banana (cacho)	54	1.767	308	2.129
Cacau (em amêndoa)	0	0	0	0
Café (em grão)	0	0	0	0
Coco-da-baía	0	0	0	0
Goiaba	0	0	0	0
Guaraná (semente)	14	0	0	14
Laranja	4	20	0	24
Limão	0	0	0	0
Mamão	0	0	0	0
Manga	0	1	0	1
Maracujá	0	5	0	5
Tangerina	0	0	0	0
Urucum (semente)	0	0	0	0

Fonte: IBGE

A pecuária está concentrada na produção de pequenos animais, predominando os galináceos (**Tabela 6.2.10**).

Tabela 6.2.10 - Efetivo de Rebanho da Sub-região 1 em 2007

Município	Tabatinga	Benjamin Constant	Atalaia do Norte	Total
Bovino	288	300	87	675
Eqüino	0	25	0	25
Bubalino	0	0	0	0
Asinino	0	30	0	30
Muar	0	0	0	0
Suíno	152	412	1.658	2.222
Caprino	0	125	136	261
Ovino	0	0	176	176
Galos, frangas, frangos e pintos	4.900	9.000	4.400	18.300
Galinhas	4.938	7.972	4.347	17.257
Codornas	0	0	0	0
Coelhos	0	0	0	0

Fonte: IBGE – SIDRA 2007

O número de empresas na sub-região, em 2007, era de 734, sendo mais da metade localizada em Tabatinga (**Tabela 6.2.11**).

Tabela 6.2.11 – Estabelecimentos Empresariais da Sub-região 1 em 2007

Atividade\Município	Tabatinga	Benjamin Constant	Atalaia do Norte	Total
Agricul.,pec., etc.	4	1	1	6
Pesca	0	1	0	1
Ind. Extrativista	1	0	0	1
Ind. de Transformação	29	8	1	38
Siup	4	1	1	6
Construção	9	1	0	10
Comércio	340	107	9	456
Aloj. e alimentação	30	5	2	37
Transp., arm. e comunicação	24	2	1	27
Interm. Financeira	3	1	0	4
Ativ. Imob. E serviços	16	1	0	17
Administração pública	5	2	2	9
Educação	4	2	0	6
Saúde e serv. Sociais	5	0	0	5
Outros serv. Coletivos	56	47	8	111
Org. internacionais	0	0	0	0
Total	530	179	25	734

Fonte: IBGE

Essas organizações, em geral micro-empresas familiares, ocupavam, em 2007, 1.913 pessoas (**Tabela 6.2.12**), a maioria delas em Tabatinga.

Tabela 6.2.12 – Pessoal Ocupado nas Empresas na Sub-região 1 em 2007

AtividadeMunicípio	Tabatinga	Benjamin Constant	Atalaia do Norte	Total
Agricul.,pec., etc.	6	*	*	6
Pesca	0	*	0	0
Ind. Extrativista	*	0	0	0
Ind. de Transformação	84	9	*	93
Siup	34	*	*	34
Construção	13	*	0	13
Comércio	782	146	8	936
Aloj. e alimentação	59	5	*	64
Transp., arm. e comunicação	60	*	*	60
Interm. Financeira	21	*	0	21
Ativ. Imob. E serviços	20	*	0	20
Administração pública	487	*	*	487
Educação	1	*	0	1
Saúde e serv. Sociais	6	0	0	6
Outros serv. Coletivos	116	41	15	172
Org. internacionais	0	0	0	0
Total	1.689	201	23	1.913

Fonte: IBGE;
* Dado indisponível

Infra-estrutura econômica

Os três municípios não são privilegiados com boa infra-estrutura econômica. A enorme distância a Manaus dificulta enormemente o desenvolvimento dessa sub-região.

Transporte

O transporte rodoviário só existe entre os municípios de Atalaia do Norte e Benjamin Constan. Assim, o transporte fluvial é o principal meio de transporte, sendo que as distâncias e o tempo de percurso são demasiadamente longos. Todavia, para os produtos de baixo valor agregado e não imediatamente perecíveis, ele ainda é importante por ser o mais barato.

Energia

A energia elétrica é fornecida pela Amazonas Energia S/A, em regime de 24 horas em todos os dias da semana. Em todos os municípios a oferta está ociosa (**Tabela 6.2.13**).

Tabela 6.2.13 - Oferta de Eletricidade da Sub-região 1

Município	Potência Instalada Nominal (kVA)	Potência Instalada Efetiva (kW)	Geração Bruta (kWh)	Funcionamento (horas/dia)
Tabatinga	15.270	12.216	3.500.971	24
Benjamin Constant	8.731	6.985	1.219.378	24
Atalaia do Norte	1.850	1.480	353.902	24

Fonte: Amazonas Energia S/A.

Saúde

A estrutura de saúde existente nessa sub-região é composta por 17 estabelecimentos, que dispõem em conjunto de 81 leitos (**Tabela 6.2.14**).

Tabela 6.2.14 - Estrutura de Saúde da Sub-região 1 em 2007

Município	Estabelecimento	Leitos
Tabatinga	8	40
Benjamin Constant	4	31
Atalaia do Norte	5	10
Total	17	81

Fonte: IBGE – SIDRA

Educação

Os municípios que compõem a sub-região ofertam educação nos dois níveis: fundamental e médio. Além disso, em Tabatinga existe um campus da Universidade Estadual do Amazonas e em Benjamin Constant, um campus da Universidade Federal do Amazonas. Em 2007 houve um total de 35.015 matrículas, distribuídas em 282 escolas (**Tabela 6.2.15**), a maioria em Tabatinga.

Tabela 6.2.15 - Alunos Matriculados e Escolas na Sub-região 1 em 2007

Municípios	Tabatinga	Benjamin Constant	Atalaia do Norte
Matriculas	17.426	12.926	4.663
Pré-escolar	2.184	717	595
Fundamental	12.056	10.621	3.775
Médio	2.318	1.584	287
Superior	868	4	6
Escolas	112	80	90
Pré-escolar	41	14	37
Fundamental	65	63	52
Médio	5	2	1
Superior	1	1	0

Fonte: IBGE

6.3. Sub-região 2: Solimões-Içá

Esta sub-região está nas proximidades da confluência do rio Içá, que nasce na Colômbia, com o rio Solimões. Ela também recebe influência dos países vizinhos. Abrange os municípios de São Paulo de Olivença, Amaturá, Santo Antônio do Içá e Tonantins.

Dinâmica demográfica

É a sub-região com maior concentração demográfica do Alto Solimões, representando 30,8% de toda a sua população. Entre o censo de 2000 e a contagem populacional de 2007, o município que mais cresceu foi São Paulo de Olivença (32,94%), o mais populoso da sub-região, e o que menos cresceu foi Santo Antonio do Içá, apenas 3,67% (**Tabela 6.3.1**).

Tabela 6.3.1 - População Total da Sub-região 2 – estimativa para 2009

Anos	São Paulo de Olivença	Amaturá	Santo Antonio do Içá	Tonantins	Total
1980	19.388	-	15.061	-	34.449
1991	13.623	4.738	17.214	10.034	45.609
2000	23.113	7.308	28.213	15.512	74.146
2007	30.727	8.384	29.249	19.090	87.450
2009	33.361	8.724	29.925	20.299	94.529

Fonte: IBGE - SIDRA

É a sub-região que apresenta a menor taxa de urbanização do Alto Solimões, 41,5%. Dos quatro municípios que a compõem, Amaturá é o que apresenta a maior taxa de urbanização, cerca de 57,2% e Tonantins a menor, 34,4 % (**Tabela 6.3.2**).

Tabela 6.3.2 - População Urbana da Sub-região 2 – estimativa para 2009

Anos	São Paulo de Olivença	Amaturá	Santo Antonio do Içá	Tonantins	Total
1980	4.313	-	3.486	-	7.799
1991	5.105	1.913	4.472	2.491	13.981
2000	8.770	3.930	7.906	4.362	24.968
2007	12.698	4.731	11.733	6.296	35.458
2009	14.114	4.989	13.134	6.992	39.229

Fonte: IBGE - SIDRA

Dinâmica Econômica

A economia é uma das mais fracas da região do Alto Solimões, representando apenas 22,27% dela. Nos últimos cinco anos pesquisados pelo IBGE (2002 a 2006), a sua economia cresceu 16,72% (**Tabela 6.3.3**) em termos reais (retirada à inflação). A economia de Tonantins foi a que mais cresceu naquele período (35,42%), e a de São Paulo de Olivença foi a de menor crescimento, cerca de 7,81%.

Tabela 6.3.3 - Produto Interno Bruto da Sub-região 2 – Mil Reais

Anos	São Paulo de Olivença	Amaturá	Santo Antonio do Içá	Tonantins	Total
2002	58.308	16.633	53.148	32.282	160.370
2003	62.686	18.208	57.225	34.328	172.447
2004	70.670	20.366	61.975	38.359	191.371
2005	64.795	21.964	66.224	39.203	192.185
2006	85.797	28.212	81.804	59.666	255.479

Fonte: IBGE – PIB dos Municípios

A renda média está muito abaixo da renda média da região do Alto Solimões, conforme se observa na **Tabela 6.3.4**.

Tabela 6.3.4 - PIB per capita da Sub-região 2 - Reais

Anos	São Paulo de Olivença	Amaturá	Santo Antonio do Içá	Tonantins	Total
2002	2.270	2.078	1.704	1.899	7.951
2003	2.344	2.196	1.765	1.950	8.255
2004	2.560	2.560	1.854	2.119	9.093
2005	2.245	2.478	1.899	2.082	8.704
2006	2.868	3.083	2.266	3.069	11.286

Fonte: IBGE – PIB dos Municípios

A fonte do seu pequeno crescimento econômico é o setor terciário (**Tabela 6.3.5**), sendo a transferência de recursos estaduais e federais o principal elemento propulsor desse segmento (**Tabela 6.3.6**).

Tabela 6.3.5 - Setores Econômicos da Sub-região 2 em 2006

Setor	São Paulo de Olivença	Amaturá	Santo Antonio do Içá	Tonantins
Primário	22,14	22,36	12,86	21,15
Secundário	8,52	8,35	10,28	8,21
Terciário	69,34	69,30	76,86	70,64
Total	100,00	100,00	100,00	100,00

Fonte: IBGE – Cidades

Tabela 6.3.6 – Finanças Municipais da Sub-região 2 em 2007 - Reais

Conta/Município	São Paulo de Olivença	Amaturá	S. Antônio do Içá	Tonantins
Rec. Orçament. realizadas	16.498.202,93	7.535.503,81	13.314.296,00	14.808.034,32
Correntes	17.955.261,53	8.377.790,08	14.629.281,00	14.564.910,89
Tributárias	420.120,05	243.594,23	295.796,00	203.985,01
- IPTU	6.657,50	-	6,00	600,00
- ISS	221.573,72	80.795,35	215.826,00	163.437,15
- ITBI	-	-	-	-
- Taxas	3.016,46	1.023,00	1.259,00	2.434,00
- Contribuição	-	-	-	-
Patrimonial	24,66	16.573,42	18.279,00	28.289,53
Transferências Correntes	17.534.857,00	8.113.608,90	14.249.762,00	14.332.636,35
da União	8.958.819,00	4.056.604,56	8.537.183,00	7.445.384,51
do Estado	3.525.580,00	2.860.219,82	3.377.427,00	3.100.803,64
Dívida Ativa		-		-
Outras Receitas Correntes		110,43		-
Capital	50.214,00	-	200.000,00	1.524.885,63
Transferência de Capital	50.214,00	-	200.000,00	1.524.885,63
Desp. orçament realizadas	15.919.893,00	7.377.466,26	12.295.157,00	14.567.424,53
Correntes	15.155.642,00	5.948.697,24	11.746.481,00	12.698.585,80
Outras Desp. Correntes	764.251,85	3.057.336,83	548.676,00	6.800.090,93
Capital	8.571.972,00	1.428.769,02	6.013.283,00	1.868.838,73
Investimentos	578.309,17	1.353.638,56	1.019.137,00	1.868.838,73
Pessoal e Encargos Sociais	*	2.891.360,41	*	5.898.494,87
Obras e Instalações	*	1.213.679,16	*	1.709.405,54
Superavit ou Déficit	*	158.037,55	*	240.609,79
Valor do Fundo do - FPM	*	2.874.131,87	*	5.649.469,39
Valor do - ITR	*	-	*	47,97
Valor do - IOF - OURO	*	-	*	-

Fonte: STN – Secretaria do Tesouro Nacional

O setor primário nos quatro municípios é composto pelo extrativismo vegetal e animal, agricultura e pecuária. O extrativismo vegetal predominante é de madeira em tora, seguida de fibras de piaçava e da lenha (**Tabela 6.3.7**). O maior produtor de piaçava é o município de Santo Antônio do Içá e o de madeira em tora, Tonantins.

Tabela 6.3.7 – Produção Extrativa da Sub-região 2 em 2007 – Mil Reais.

Município	São Paulo de Olivença	Amaturá	Santo Antônio do Içá	Tonantins	Total
Total	766	91	1.744	1.105	3.706
1 - Alimentícios	0	77	0	39	116
1.1 - Açaí (fruto)	0	1	0	10	11
1.3 - Castanha-do-Pará	0	76	0	29	105
3 - Borrachas	0	0	0	0	0
3.2 - Hevea (látex coagul.)	0	0	0	0	0
3.3 - Hevea (látex líquido)	0	0	0	0	0
4 - Ceras	0	0	0	0	0
5 - Fibras	2	0	1.275	0	1.277
5.1 - Buriti	2	0	0	0	2
5.3 - Piaçava	0	0	1.275	0	1.275
6 - Gomas não elásticas	0	0	0	0	0
6.2 - Maçaranduba	0	0	0	0	0
6.3 - Sorva	0	0	0	0	0
7.1 - Carvão vegetal	0	0	0	0	0
7.2 - Lenha	350	14	255	89	708
7.3 - Madeira em tora	414	0	212	977	1.603
8 - Oleaginosos	0	0	2	0	2
8.1 - Babaçu (amêndoa)	0	0	0	0	0
8.2 - Copaíba (óleo)	0	0	0	0	0

Fonte: IBGE

A agricultura temporária é diversificada, com predominância na produção de mandioca (Tabela 6.3.8), sendo Tonantins o maior produtor desse bem vegetal na sub-região.

Tabela 6.3.8 – Agricultura Temporária da Sub-região 2 em 2007 – Mil Reais.

Município	São Paulo de Olivença	Amaturá	Santo Antônio do Içá	Tonantins	Total
Total	418	667	314	933	2.332
Abacaxi	24	8	27	0	59
Arroz (em casca)	6	10	0	17	33
Batata-doce	0	0	0	0	0
Batata-inglesa	0	0	0	0	0
Cana-de-açúcar	60	18	25	0	103
Feijão (em grão)	16	38	0	0	54
Fumo (em folha)	0	0	0	0	0
Juta (fibra)	0	0	0	0	0
Malva (fibra)	0	0	0	0	0
Mandioca	180	501	248	855	1.784
Melancia	0	2	0	0	2
Melão	0	0	0	0	0
Milho (em grão)	132	89	13	59	293
Tomate	0	1	1	2	4

Fonte: IBGE

A agricultura permanente está concentrada na produção de banana (**Tabela 6.3.9**). Nesse setor, o maior produtor da sub-região é o município de São Paulo de Olivença.

Tabela 6.3.9 - Agricultura Permanente da Sub-região 2 em 2007 – Mil Reais

Município	São Paulo de Olivença	Amaturá	Santo Antônio do Içá	Tonantins	Total
Total	3.571	1.499	611	702	6.383
Abacate	0	6	1	0	7
Banana (cacho)	3.571	1.490	610	702	6.373
Cacau (em amêndoa)	0	0	0	0	0
Café (em grão)	0	0	0	0	0
Coco-da-baía	0	0	0	0	0
Dendê (cacho de coco)	0	0	0	0	0
Goiaba	0	0	0	0	0
Guaraná (semente)	0	0	0	0	0
Laranja	0	0	0	0	0
Limão	0	0	0	0	0
Mamão	0	0	0	0	0
Manga	0	2	0	0	2
Maracujá	0	0	0	0	0
Pimenta-do-reino	0	0	0	0	0
Tangerina	0	1	0	0	1
Urucum (semente)	0	0	0	0	0

Fonte: IBGE – SIDRA

A criação de galináceos se destaca na sub-região, seguida da pecuária bovina (Tabela 6.3.10).

Tabela 6.3.10 - Efetivo de rebanho da sub-região 2 em 2007

Município	São Paulo de Olivença	Amaturá	Santo Antônio do Içá	Tonantins	Total
Bovino	447	1.275	1.544	1.537	4.803
Eqüino	15	0	0	0	15
Bubalino	0	0	0	0	0
Asinino	0	0	0	0	0
Muar	0	0	0	0	0
Suíno	791	668	1.288	165	2.912
Caprino	0	76	0	0	76
Ovino	291	282	314	0	887
Galos, frangos e pintos	3.177	463	4.100	260	8.000
Galinhas	1.154	465	4.635	199	6.453
Codornas	0	0	0	0	0
Coelhos	0	0	0	0	0

Fonte: IBGE – SIDRA

No ano de 2007, o número de empresas na sub-região era de 143, sendo mais da metade delas localizadas em São Paulo de Olivença e Santo Antonio do Içá (Tabela 6.3.11).

Tabela 6.3.11 – Estabelecimentos Empresariais da Sub-região 2 em 2007

Atividade\Município	São Paulo de Olivença	Amaturá	Santo Antônio do Içá	Tonantins	Total
Agricul.,pec., etc.	1	0	0	0	1
Pesca	0	0	0	0	0
Ind. Extrativista	1	0	0	0	1
Ind. de Transformação	2	0	0	0	2
Siup	1	1	2	1	5
Construção	0	0	1	0	1
Comércio	35	11	21	12	79
Aloj. e alimentação	1	0	0	0	1
Transp., arm. e comunic.	2	1	1	1	5
Interm. Financeira	1	0	0	0	1
Ativ. Imob. E serviços	0	0	0	0	0
Administração pública	2	2	1	1	6
Educação	0	0	2	0	2
Saúde e serv. Sociais	0	0	0	0	0
Outros serv. Coletivos	7	4	22	6	39
Org. internacionais	0	0	0	0	0
Total	53	19	50	21	143

Fonte: IBGE

Essas organizações, em geral micro-empresas familiares, ocupavam, em 2007, 154 pessoas (**Tabela 6.3.12**).

Tabela 6.3.12 – Pessoal Ocupado nas Empresas da Sub-região 2 em 2007

Atividade\Município	São Paulo de Olivença	Amaturá	Santo Antônio do Içá	Tonantins	Total
Agricul.,pec., etc.	*	0	0	0	0
Pesca	0	0	0	0	0
Ind. Extrativista	*	0	0	0	0
Ind. de Transformação	*	0	0	0	0
Siup	*	*	*	*	0
Construção	0	0	*	0	0
Comércio	37	12	27	9	85
Aloj. e alimentação	*	0	0	0	0
Transp., arm. e comunicação	*	*	*	*	0
Interm. Financeira	*	0	0	0	0
Ativ. Imob. E serviços	0	0	0	0	0
Administração pública	*	*	*	*	0
Educação	0	0	*	0	0
Saúde e serv. Sociais	0	0	0	0	0
Outros serv. Coletivos	4	4	55	6	69
Org. internacionais	0	0	0	0	0
Total	41	16	82	15	154

Fonte: IBGE
* Dado indisponível

Infra-estrutura econômica

Como nas demais sub-regiões, os quatro municípios não são privilegiados com boa infra-estrutura econômica. A enorme distância a Manaus dificulta enormemente o desenvolvimento.

Transporte

Não há interligação rodoviária em nenhum dos municípios da sub-região. O transporte fluvial continua sendo o meio predominante para o deslocamento de cargas e passageiros. Para os produtos de baixo valor agregado e não imediatamente perecíveis, ele ainda é importante por ser o mais barato.

Energia

A energia elétrica é fornecida pela Amazonas Energia S/A, em regime de 24 horas em todos os dias da semana. Em todos municípios há oferta excedente (**Tabela 6.3.13**).

Tabela 6.3.13 - Oferta de Eletricidade da Sub-região 2 em 2008

Município	Potência Instalada Nominal (kVA)	Potência Instalada Efetiva (kW)	Geração Bruta (kWh)	Funcionamento (horas/dia)
São Paulo de Olivença	3.718	2.974	554.056	24
Amaturá	1.038	830	257.556	24
Santo Antonio do Içá	4.005	3.204	695.986	24
Tonantins	2.587	2.070	505.033	24

Fonte: Amazonas Energia S/A.

Saúde

A estrutura de saúde existente nessa sub-região é formada por 15 estabelecimentos, que dispõem de um total de 70 leitos (**Tabela 6.3.14**)

Tabela 6.3.14 - Estrutura de Saúde da Sub-região 2 em 2007

Município	Estabelecimentos	Leitos
São Paulo de Olivença	4	30
Amaturá	2	15
Santo Antonio do Içá	5	13
Tonantins	4	12
Total	15	70

Fonte: IBGE – SIDRA

Educação

Os municípios dessa sub-região ofertam educação em dois níveis: fundamental e médio. Em 2007 houve 24.418 matrículas nas 318 escolas existentes (**Tabela 6.3.15**), a maioria em São Paulo de Olivença.

Tabela 6.3.15 - Alunos Matriculados e Escolas da Sub-região 2 em 2007

Municípios	São Paulo de Olivença	Amaturá	Santo Antônio do Içá	Tonantins
Matrículas	8.946	3.243	7.374	4.855
Pré-escolar	917	500	1.117	705
Fundamental	7.367	2.461	5.341	3.629
Médio	657	282	916	520
Superior	5	0	0	1
Escolas	116	70	41	91
Pré-escolar	46	34	15	40
Fundamental	68	35	24	48
Médio	2	1	2	3

Fonte: IBGE

6.4. Sub-região 3: Solimões - Juruá

Esta sub-região está situada nas proximidades da confluência do rio Juruá com o rio Solimões. É composta pelos municípios de Fonte Boa e Jutai. É ponto de passagem para os municípios localizados no rio Juruá, tanto no estado do Amazonas como no estado do Acre.

Dinâmica demográfica

É a sub-região com menor concentração demográfica do Alto Solimões, representando apenas 11,3% de toda a região em estudo. A população de seus dois municípios decresceu entre os anos de 2000 e 2007. O município de Fonte Boa foi o que mais decresceu nesse período, cerca de 37,40% enquanto Jutai decresceu 23,87% (**Tabela 6.4.1**).

Tabela. 6.4.1 - População Total da Sub-região 3 – estimativa para 2009

Ano	Jutai	Fonte Boa	Total
1980	9.336	13.515	22.851
1991	14.890	16.445	31.335
2000	22.500	31.509	54.009
2007	17.129	19.726	36.855
2009	16.456	18.313	34.769

Fonte: IBGE - SIDRA

É a sub-região que apresenta a segunda maior taxa de urbanização do Alto Solimões, 68,0%. O nível elevado de urbanização é compartilhado por Jutai e Fonte Boa, com taxas de 62,9% e 72,5% respectivamente (**Tabela 6.4.2**).

Tabela 6.4.2 - População Urbana da Sub-região 3 – estimativa para 2009

Ano	Jutai	Fonte Boa	Total
1980	2.970	3.256	6.226
1991	9.087	5.773	14.860
2000	7.725	11.633	19.358
2007	9.700	12.892	22.592
2009	10.352	13.276	23.628

Fonte: IBGE - SIDRA

Dinâmica Econômica

A economia é a mais fraca da região do Alto Solimões, representando apenas 17,14% dela (**Tabela 6.4.3**)

Tabela 6.4.3 - Produto Interno Bruto da Sub-região 3 – Mil Reais

Anos	Jutai	Fonte Boa	Total
2002	67.050	111.863	178.913
2003	70.468	116.262	186.730
2004	75.545	108.798	184.343
2005	55.119	105.854	160.973
2006	69.949	126.762	196.710

Fonte: IBGE – PIB dos Municípios

A renda média de sua população está abaixo da renda média da região do Alto Solimões. No período de 2002 a 2006 ela oscilou, com aumentos e decréscimos (**Tabela 6.4.4**).

Tabela 6.4.4 - PIB per capita da Sub-região 3 - Reais

Anos	Jutai	Fonte Boa	Total
2002	2.730	3.143	5.873
2003	2.773	3.372	6.145
2004	2.894	3.043	5.937
2005	2.033	2.816	4.849
2006	2.502	3.238	5.740

Fonte: IBGE – PIB dos Municípios

As principais atividades econômicas da sub-região estão no o setor terciário (Tabela 6.4.5), sendo a transferência de recursos estaduais e federais o principal elemento propulsor desse segmento (Tabela 6.4.6)

Tabela 6.4.5 - Setores Econômicos da Sub-região 3 em 2006

Setor	Jutaí	Fonte Boa
Primário	11,44	31,06
Secundário	9,95	7,57
Terciário	78,61	61,37
Total	100,00	100,00

Fonte: IBGE – Cidades

Tabela 6.4.6 – Finanças Municipais da Sub-região 3 em 2007 - Reais

Conta/Município	Jutaí	Fonte Boa
Receitas orçamentárias realizadas	20.280.953,00	22.339.494,12
Correntes	18.789.901,00	22.612.805,48
Tributárias	319.034,00	617.976,00
- IPTU	0	710,01
- ISS	209.810,00	101.346,95
- ITBI	0	302,11
- Taxas	60	0
- Contribuição	0	0
Patrimonial	43.074,00	1.546,77
Transferências Correntes da União	18.426.172,00	21.993.282,71
do Estado	9.214.855,00	13.451.367,52
Dívida Ativa	4.771.271,00	3.807.435,17
Outras Receitas Correntes	0	0
Capital	1.621,00	0
Transferência de Capital	3.160.142,00	1.529.763,37
Despesas orçamentárias realizadas	3.160.142,00	1.529.763,37
Correntes	20.515.276,00	22.053.508,99
Outras Despesas Correntes	14.873.545,00	20.286.114,98
Capital	7.465.381,00	11.516.164,91
Investimentos	5.641.731,00	1.767.394,01
Pessoal e Encargos Sociais	5.441.976,00	1.767.394,01
Obras e Instalações	7.408.164,00	8.769.950,07
Superavit ou Déficit	5.189.887,00	1.664.930,92
Valor do Fundo do - FPM	234.323,00	285.985,13
Valor do - ITR	6.592.426,00	8.472.802,79
Valor do - IOF - OURO	7.448,00	547,19
	0	0

Fonte: STN – Secretaria do Tesouro Nacional

O setor primário em Fonte Boa e Jutai é formado pelo extrativismo vegetal e animal, pecuária e agricultura, sendo este último o mais importante. O extrativismo vegetal predominante é o da madeira em tora, seguido da lenha e de castanha do pará (**Tabela 6.4.7**). O maior produtor de madeira em tora é o município de Jutai, e o de lenha, o município de Fonte Boa.

Tabela 6.4.7 - Produção Extrativa da Sub-região 3 em 2007 – Mil Reais.

Município	Jutai	Fonte Boa	Total
Total	3.095	1.743	4.838
1 – Alimentícios	205	801	1.006
1.1 - Açaí (fruto)	157	96	253
1.3 - Castanha-do-Pará	48	705	753
3 – Borrachas	0	0	0
3.2 - Hevea (látex coagulado)	0	0	0
3.3 - Hevea (látex líquido)	0	0	0
4 – Ceras	0	0	0
5 – Fibras	0	0	0
5.1 – Buriti	0	0	0
5.3 – Piaçava	0	0	0
6 - Gomas não elásticas	0	0	0
6.2 – Maçaranduba	0	0	0
6.3 – Sorva	0	0	0
7.1 - Carvão vegetal	9	0	9
7.2 – Lenha	274	751	1.025
7.3 - Madeira em tora	2.607	191	2.798
8 – Oleaginosos	0	0	0
8.1 - Babaçu (amêndoa)	0	0	0
8.2 - Copaíba (óleo)	0	0	0

Fonte: IBGE – SIDRA

A agricultura temporária é diversificada, com predominância na produção de mandioca (**Tabela 6.4.8**), sendo Fonte Boa o maior produtor desse gênero de cultura.

Tabela 6.4.8 – Agricultura Temporária da Sub-região 3 em 2007 – Mil Reais.

Município	Jutaí	Fonte Boa	Total
Total	703	4.766	5.469
Abacaxi	16	30	46
Arroz (em casca)	23	121	144
Batata-doce	0	0	0
Batata-inglesa	0	0	0
Cana-de-açúcar	0	25	25
Feijão (em grão)	23	276	299
Fumo (em folha)	0	0	0
Juta (fibra)	0	0	0
Malva (fibra)	0	0	0
Mandioca	179	3.841	4.020
Melancia	432	300	732
Melão	0	7	7
Milho (em grão)	30	31	61
Tomate	0	135	135

Fonte: IBGE

A agricultura permanente está concentrada na produção de banana, e o seu maior produtor é o município de Fonte Boa (**Tabela 6.4.9**).

Tabela 6.4.9 – Agricultura Permanente da Sub-região 3 em 2007 – Mil Reais.

Município	Jutaí	Fonte Boa	Total
Total	113	3.766	3.879
Abacate	7	1	8
Banana (cacho)	87	3.677	3.764
Cacau (em amêndoa)	1	32	33
Café (em grão)	0	0	0
Coco-da-baía	0	0	0
Dendê (cacho de coco)	0	0	0
Goiaba	0	1	1
Guaraná (semente)	0	0	0
Laranja	14	17	31
Limão	1	12	13
Mamão	0	19	19
Manga	0	2	2
Maracujá	0	0	0
Pimenta-do-reino	0	0	0
Tangerina	3	5	8
Urucum (semente)	0	0	0

Fonte: IBGE

Na pecuária se destacam os galináceos, seguido de suínos, sendo o maior produtor desses animais o município de Jutai (Tabela 6.4.10).

Tabela 6.4.10 - Efetivo de Rebanho da Sub-região 3 em 2007

Município	Jutai	Fonte Boa	Total
Bovino	1.244	2.941	4.185
Eqüino	15	10	25
Bubalino	0	0	0
Asinino	0	0	0
Muar	0	0	0
Suíno	2.617	1.647	4.264
Caprino	151	0	151
Ovino	392	195	587
Galos, frangas, frangos e pintos	9.730	1.800	11.530
Galinhas	10.122	1.565	11.687
Codornas	0	0	0
Coelhos	0	0	0

Fonte: IBGE - SIDRA

No ano de 2007, o número de empresas na sub-região era de 236, sendo mais da metade delas localizadas em Fonte Boa (Tabela 6.4.11).

Tabela 6.4.11 – Estabelecimentos Empresariais da Sub-região 3 em 2007

Atividade\Município	Jutai	Fonte Boa	Total
Agricul.,pec., etc.	2	1	3
Pesca	2	0	2
Ind. Extrativista	0	0	0
Ind. de Transformação	5	8	13
Siup	1	1	2
Construção	0	0	0
Comércio	35	121	156
Aloj. e alimentação	1	2	3
Transp., arm. e comunicação	2	4	6
Interm. Financeira	0	1	1
Ativ. Imob. E serviços	0	3	3
Administração pública	2	1	3
Educação	3	0	3
Saúde e serv. Sociais	0	0	0
Outros serv. Coletivos	4	37	41
Org. internacionais	0	0	0
Total	57	179	236

Fonte: IBGE

Essas organizações, em geral micro-empresas familiares, ocupavam 252 pessoas, a maioria em Fonte Boa (**Tabela 6.4.12**).

Tabela 6.4.12 – Pessoal Ocupado pelas Empresas da Sub-região 3 em 2007

Atividade\Município	Jutaí	Fonte Boa	Total
Agricul.,pec., etc.	*	*	0
Pesca	*	0	0
Ind. Extrativista	0	0	0
Ind. de Transformação	4	8	12
Siup	*	*	0
Construção	0	0	0
Comércio	34	123	157
Aloj. e alimentação	*	*	0
Transp., arm. e comunicação	*	5	5
Interm. Financeira	0	*	0
Ativ. Imob. e serviços	0	3	3
Administração pública	*	*	0
Educação	0	0	0
Saúde e serv. Sociais	0	0	0
Outros serv. Coletivos	2	73	75
Org. internacionais	0	0	0
Total	40	212	252

Fonte: IBGE
* Dado indisponível

Infra-estrutura econômica

Os dois municípios não são privilegiados com boa infra-estrutura econômica. A enorme distância a Manaus dificulta enormemente o desenvolvimento dessa sub-região.

Transporte

Não há interligação rodoviária entre os dois municípios dessa sub-região. Assim, o transporte fluvial continua sendo o meio predominante para o deslocamento de cargas e passageiros. Para os produtos de baixo valor agregado e não imediatamente perecíveis, ele ainda é importante por ser o mais barato.

Energia

A energia elétrica é fornecida pela Amazonas Energia S/A, em regime de 24 horas em todos os dias da semana. Nos dois municípios há excedente de oferta dessa energia (**Tabela 6.4.13**).

Tabela 6.4.13: Oferta de Eletricidade da Sub-região 3 em 2008

Município	Potência Instalada Nominal (kVA)	Potência Instalada Efetiva (kW)	Geração Bruta (kWh)	Funcionamento (horas/dia)
Jutaí	4.432	3.546	909.327	24
Fonte Boa	3.547	2.838	670.517	24

Fonte: Amazonas Energia S/A.

Saúde

A estrutura de saúde existente nessa sub-região é composta por sete estabelecimentos, que disponibilizam um total de 68 leitos (**Tabela 6.4.14**).

Tabela 6.4.14 - Estrutura de Saúde da Sub-região 3 em 2007

Município	Estabelecimentos	Leitos
Jutaí	2	19
Fonte Boa	5	49
Total	7	68

Fonte: IBGE – SIDRA

Educação

Os dois municípios desta sub-região ofertam educação em dois níveis: fundamental e médio. Em 2007 houve 14.017 matrículas, distribuídas em 199 escolas (**Tabela 6.4.15**).

Tabela 6.4.15- Alunos Matriculados e Escolas da Sub-região 3 em 2007

Municípios	Fonte Boa	Jutaí
Matrículas	7.242	6.775
Pré-escolar	793	982
Fundamental	5.766	5.231
Médio	660	557
Superior	23	5
Escolas	63	136
Pré-escolar	21	34
Fundamental	40	101
Médio	2	1

Fonte: IBGE

6.5. Sub-região 4: Solimões - Japurá

Essa sub-região está situada nas proximidades da confluência do rio Japurá com o rio Solimões. Abrange os municípios de Uarini, Alvarães e Tefé.

Dinâmica demográfica

É a sub-região com terceira maior concentração demográfica do Alto Solimões, representando 27,9% de seus habitantes. Entre os anos de 2000 e 2007, o único município em que a população cresceu foi Alvarães, com 7,08%; em Uarini e Tefé as populações decresceram 3,85% e 2,38% respectivamente (**Tabela 6.5.1**).

Tabela 6.5.1 - População total da Sub-região 4 – estimativa para 2009

Ano	Uarini	Alvarães	Tefé	Total
1991	5.407	8.487	-	-
2000	10.254	12.150	64.457	86.861
2007	9.859	13.010	62.920	85.789
2009	9.749	13.364	62.495	85.608

Fonte: IBGE – SIDRA

É a sub-região com a maior taxa de urbanização do Alto Solimões, 70,9%. Os três municípios que a compõem compartilham essa característica: segundo a população estimada para 2009, Uarini, Alvarães e Tefé apresentam, respectivamente, taxas de urbanização de 61,00%, 56,5% e 75,4% (**Tabela 6.5.2**).

Tabela 6.5.2 - População Urbana da Sub-região 4 – estimativa para 2009

Anos	Uarini	Alvarães	Tefé	Total
1991	1.305	3.356	39.057	43.718
2000	3.552	5.314	47.698	56.564
2007	5.304	6.985	47.257	59.546
2009	5.948	7.553	47.132	60.632

Fonte: IBGE - SIDRA

Dinâmica Econômica

A economia dessa sub-região é a maior do Alto Solimões, representando 36,1% dela. Nos últimos cinco anos pesquisados pelo IBGE (2002 a 2006), a economia cresceu 15,85% (**Tabela 6.5.3**) em termos reais (retirada a inflação), todavia esse crescimento não foi compartilhados pelos três municípios: a economia de Alvarães encolheu, enquanto a de Uarini e de Tefé cresceu.

Tabela 6.5.3 - Produto Interno Bruto da Sub-região 4 – Mil Reais

Anos	Uarini	Alvarães	Tefé	Total
2002	35.648	58.533	167.631	261.812
2003	37.953	56.489	129.053	223.495
2004	39.853	54.142	140.599	234.594
2005	60.540	43.346	218.588	322.473
2006	77.278	52.467	284.243	413.987

Fonte: IBGE – PIB dos Municípios

A renda média da população é a mais elevada da região do Alto Solimões, sendo que as rendas medias dos municípios de Uarini e Tefé tiveram crescimento, enquanto a de Alvarães encolheu (**Tabela 6.5.4**).

Tabela 6.5.4 - PIB per capita da Sub-região 4 - Reais

Anos	Uarini	Alvarães	Tefé	Total
2002	3.082	4.454	2.491	10.027
2003	3.135	4.169	1.885	9.189
2004	3.176	3.900	2.025	9.101
2005	4.590	3.017	3.087	10.694
2006	5.629	3.551	3.949	13.129

Fonte: IBGE – PIB dos Municípios

A fonte do crescimento econômico da sub-região é o setor terciário (**Tabela 6.5.5**), sendo a transferência de recursos estaduais e federais o principal elemento propulsor desse segmento (**Tabela 6.5.6**).

Tabela 6.5.5 - Setores Econômicos da Sub-região 4 em 2006

Setor	Uarini	Alvarães	Tefé
Primário	54,27	26,91	30,41
Secundário	4,54	7,47	7,34
Terciário	41,19	65,62	62,24
Total	100,00	100,00	100,00

Fonte: IBGE – Cidades

Tabela 6.5.6 – Finanças Municipais da Sub-região 4 em 2007 - Reais

Conta/Município	Uarini	Alvarães	Tefé
Receitas orçamentárias realizadas	13.300.293,00	14.139.518,88	31.587.710,09
Correntes	12.641.792,00	15.300.367,88	34.506.854,21
Tributárias	252.535,00	172.929,51	1.426.742,92
- IPTU	958	0	238.564,57
- ISS	132.839,00	33.238,62	612.437,12
- ITBI	0	0	0
- Taxas	20	0	65.441,58
- Contribuição	0	0	0
Patrimonial	97.105,00	5.546,12	19.507,95
Transferências Correntes	12.168.311,00	15.095.722,47	33.058.582,72
da União	5.505.524,00	6.813.118,45	19.052.097,43
do Estado	2.972.898,00	3.173.079,76	8.683.592,27
Dívida Ativa	0	0	0
Outras Receitas Correntes	0	3.063,30	2.020,62
Capital	1.646.280,00	0	40.000,00
Transferência de Capital	1.646.280,00	0	40.000,00
Despesas orçamentárias realizadas	13.777.498,00	15.047.092,05	32.661.847,12
Correntes	10.333.882,00	13.021.921,93	30.152.483,00
Outras Despesas Correntes	5.455.830,00	6.020.799,39	13.498.644,15
Capital	3.443.616,00	2.025.170,12	2.509.364,12
Investimentos	3.303.779,00	2.025.170,12	1.939.364,12
Pessoal e Encargos Sociais	4.848.270,00	7.001.122,54	16.653.838,85
Obras e Instalações	2.906.639,00	1.869.900,50	823.469,35
Superavit ou Déficit	477.205,00	907.573,17	1.074.137,03
Valor do Fundo do - FPM	3.767.100,00	4.706.162,64	11.301.300,52
Valor do - ITR	684	937	3.946,88
Valor do - IOF - OURO	0	0	0

Fonte: IBGE

O setor primário dos três municípios é composto pelo extrativismo vegetal e animal, pecuária e agricultura, sendo este último o mais importante. O extrativismo vegetal predominante é o da castanha-do-pará, sendo que seu maior produtor é o município de Alvarães seguido de Tefé (**Tabela 6.5.7**). O município de Uarini pratica apenas o mono-extrativismo da lenha.

Tabela 6.5.7 - Produção Extrativa da Sub-região 4 em 2007 – Mil Reais.

Município	Uarini	Alvarães	Tefé	Total
Total	632	2.921	3.213	6.766
1 – Alimentícios	0	2.827	1.557	4.384
1.1 - Açai (fruto)	0	26	22	48
1.3 - Castanha-do-Pará	0	2.801	1.536	4.337
3 – Borrachas	0	0	0	0
3.2 - Hevea (látex coagul.)	0	0	0	0
3.3 - Hevea (látex líquido)	0	0	0	0
4 – Ceras	0	1	0	1
5 – Fibras	0	0	0	0
5.1 – Buriti	0	0	0	0
5.3 – Piaçava	0	0	0	0
6 - Gomas não elásticas	0	0	0	0
6.2 – Maçaranduba	0	0	0	0
6.3 – Sorva	0	0	0	0
7.1 - Carvão vegetal	0	93	2	95
7.2 – Lenha	632	0	1.653	2.285
7.3 - Madeira em tora	0	0	0	0
8 – Oleaginosos	0	0	0	0
8.1 - Babaçu (amêndoa)	0	0	0	0
8.2 - Copaíba (óleo)	0	0	0	0

Fonte: IBGE

A agricultura temporária da sub-região é diversificada, com predominância na produção de mandioca, com destaque para o município de Tefé (**Tabela 6.5.8**).

Tabela 6.5.8 – Agricultura Temporária da Sub-região 4 em 2007 – Mil Reais.

Município	Uarini	Alvarães	Tefé	Total
Total	11.464	3.005	23.076	37.545
Abacaxi	29	27	59	115
Arroz (em casca)	0	44	139	183
Batata-doce	0	0	0	0
Batata-inglesa	0	0	0	0
Cana-de-açúcar	0	0	201	201
Feijão (em grão)	50	44	119	213
Fumo (em folha)	0	0	0	0
Juta (fibra)	0	0	0	0
Malva (fibra)	0	0	0	0
Mandioca	11.250	2.738	22.230	36.218
Melancia	80	75	200	355
Melão	0	0	0	0
Milho (em grão)	54	76	126	256
Tomate	1	1	2	4

Fonte: IBGE

A agricultura permanente está concentrada na produção de banana, sendo Tefé o maior produtor dessa fruta (**Tabela 6.5.9**).

Tabela 6.5.9 – Agricultura Permanente da Sub-região 4 em 2007 – Mil Reais.

Município	Uarini	Alvarães	Tefé	Total
Total	167	279	356	802
Abacate	2	0	0	2
Banana (cacho)	162	260	282	704
Cacau (em amêndoa)	0	0	0	0
Café (em grão)	0	0	0	0
Coco-da-baía	3	0	9	12
Dendê (cacho coco)	0	0	0	0
Goiaba	0	8	1	9
Guaraná (semente)	0	0	0	0
Laranja	0	8	2	10
Limão	0	1	0	1
Mamão	0	0	2	2
Manga	0	0	0	0
Maracujá	0	2	60	62
Pimenta-do-reino	0	0	0	0
Tangerina	0	0	0	0
Urucum (semente)	0	0	0	0

Fonte: IBGE

A pecuária é diversificada, embora no rebanho predominem os pequenos animais como galináceos (**Tabela 6.5.10**).

Tabela 6.5.10 - Efetivo de Rebanho da Sub-região 4 em 2007

Município	Uarini	Alvarães	Tefé	Total
Bovino	868	874	992	2.734
Eqüino	17	0	42	59
Bubalino	0	35	186	221
Asinino	0	0	8	8
Muar	0	0	9	9
Suíno	1.143	722	1.237	3.102
Caprino	50	24	0	74
Ovino	152	120	642	914
Galos, frangas, frangos e pintos	2.762	1.976	8.000	12.738
Galinhas	4.700	6.950	6.134	17.784
Codornas	0	0	40	40
Coelhos	0	0	0	0

Fonte: IBGE - SIDRA

Em 2007, o número de empresas na sub-região era de 565, sendo mais de 80% delas localizadas em Tefé (**Tabela 6.5.11**).

Tabela 6.5.11 – Estabelecimentos Empresariais da Sub-região 4 em 2007

Atividade\Município	Uarini	Alvarães	Tefé	Total
Agricul.,pec., etc.	0	3	3	6
Pesca	0	0	1	1
Ind. Extrativista	0	0	0	0
Ind. de Transformação	2	0	34	36
Siup	1	1	3	5
Construção	1	1	8	10
Comércio	21	13	296	330
Aloj. e alimentação	2	0	6	8
Transp., arm. e comunicação	1	1	27	29
Interm. Financeira	0	0	4	4
Ativ. Imob. E serviços	0	0	10	10
Administração pública	2	2	4	8
Educação	0	0	8	8
Saúde e serv. Sociais	0	0	5	5
Outros serv. Coletivos	18	14	73	105
Org. internacionais	0	0	0	0
Total	48	35	482	565

Fonte: IBGE

Essas organizações, em geral micro-empresas familiares, ocupavam 1.665 pessoas em 2007 (**Tabela 6.5.12**), a grande maioria em Tefé.

Tabela 6.5.12 – Pessoal Ocupado pelas Empresas da Sub-região 4 em 2007

Atividade\Município	Uarini	Alvarães	Tefé	Total
Agricul.,pec., etc.	0	0	6	6
Pesca	0	0	*	0
Ind. Extrativista	0	0	0	0
Ind. de Transformação	*	0	136	136
Siup	*	*	64	64
Construção	*	*	12	12
Comércio	21	17	774	812
Aloj. e alimentação	*	0	22	22
Transp., arm. e comunicação	*	*	127	127
Interm. Financeira	0	0	22	22
Ativ. Imob. E serviços	0	0	15	15
Administração pública	*	*	223	223
Educação	0	0	8	8
Saúde e serv. Sociais	0	0	19	19
Outros serv. Coletivos	2	1	196	199
Org. internacionais	0	0	0	0
Total	23	18	1.624	1.665

Fonte: IBGE 2007
*Dado indisponível

Infra-estrutura econômica

Os três municípios não são privilegiados com boa infra-estrutura econômica. A enorme distância a Manaus dificulta enormemente o desenvolvimento dessa sub-região.

Transporte

Não há interligação rodoviária entre os municípios desta sub-região. Há apenas uma rodovia pavimentada, em mau estado de conservação, que liga o povoado de Nogueira, situado às margens do lago de Tefé, à cidade de Alvarães. O transporte fluvial continua sendo o meio predominante para o deslocamento de cargas e passageiros. Para os produtos de baixo valor agregado e não imediatamente perecíveis, ele ainda é importante por ser o mais barato.

Energia

A energia elétrica na sub-região é fornecida pela Amazonas Energia S/A, em regime de 24 horas em todos os dias da semana. Em todos os municípios há excedente de oferta (**Tabela 6.5.13**).

Tabela 6.5.13 - Oferta de Eletricidade da Sub-região 4 em 2008

Município	Potência Instalada Nominal (kVA)	Potência Instalada Efetiva (kW)	Geração Bruta (kWh)	Funcionamento (horas/dia)
Uarini	2.044	1.635	333.332	24
Alvarães	2.198	1.758	390.695	24
Tefé	21.245	16.996	3.977.579	24

Fonte: Amazonas Energia S/A.

Saúde

A estrutura de saúde existente nessa sub-região é composta por 26 estabelecimentos, que disponibilizam um total de 175 leitos hospitalares (**Tabela 6.5.14**).

Tabela 6.5.14 - Estrutura de Saúde da Sub-região 4 em 2007

Município	Estabelecimentos	Leitos
Uarini	2	14
Alvarães	12	20
Tefé	12	141
Total	26	175

Fonte: IBGE – SIDRA

Educação

Dos municípios da sub-região, apenas Tefé oferta educação nos três níveis: fundamental, médio e superior (campus da Universidade Estadual do Amazonas). Os demais, apenas os níveis fundamental e médio. Em 2007 houve 30.907 alunos matriculados nas 267 escolas dessa sub-região (**Tabela 6.5.15**).

Tabela 6.5.15 - Alunos Matriculados e Escolas da Sub-região 4 em 2007

Municípios	Uarini	Alvarães	Tefé
Matriculas	5.044	5.574	20.289
Pré-escolar	963	419	1.715
Fundamental	3.898	4.530	15.008
Médio	179	619	2.504
Superior	4	6	1.062
Escolas	91	74	102
Pré-escolar	43	8	26
Fundamental	47	65	71
Médio	1	1	4
Superior	0	0	1

Fonte: IBGE

6.6. Conclusões

A região do Alto Solimões é geograficamente extensa para os parâmetros nacionais e mundiais - sua área é superior à maioria dos estados brasileiros. Seu maior município, Atalaia do Norte, por exemplo, tem uma área superior à de seis estados brasileiros. Embora muito grande, essa região é pouco habitada. É, certamente, um exemplo de vazio demográfico amazônico.

A região tem uma economia debilitada, muito dependente da transferência de recursos federais e estaduais; um setor primário dependente de um quase mono-extrativismo (castanha-do-pará e madeira em tora), assim como um setor agrícola restrito à produção de mandioca e banana, quase que exclusivamente para consumo próprio.

O saneamento básico em todos os municípios é precário. Os sistemas de abastecimento de água são parciais, não há esgotamentos sanitários estruturados, e os resíduos sólidos são coletados pelas prefeituras e, de modo geral, depositados em lixões.

Ao contrário dessa região amazonense, as regiões contíguas, dos lados peruano e colombiano, apresentam um maior número de núcleos urbanos, com maior densidade demográfica e economia mais sólida. Além de suas zonas francas comerciais, quantitativa e qualitativamente, mais dinâmicas do que a de Manaus, devido aos baixos preços e à liberdade de importação, esses núcleos urbanos são entrepostos comerciais para produtos extrativos animais, principalmente o pescado, e vegetais, como a castanha, madeiras, goma elástica e alimentos, como é o caso de Iquitos, no Peru, e Letícia, na Colômbia. Do lado brasileiro, as cidades do estado do Acre, ligadas pelo rio Juruá, também apresentam núcleos urbanos mais desenvolvidos do que a região do Alto Solimões.

Inserida num contexto entre núcleos urbanos mais desenvolvidos do lado peruano, colombiano e acriano, a região do Alto Solimões é uma região polarizada por tais núcleos, tanto no que concerne à economia quanto à população. O fluxo de mercadorias e de recursos financeiros da região tende a fluir na direção desses núcleos mais desenvolvidos, por meio das compras de alimentos e bens mais baratos e mais diversificados, assim como pelas vendas mais vantajosas de produtos extrativos, como o pescado e a castanha-do-pará. A consequência natural tem sido a estagnação econômica e populacional do Alto Solimões.

As sub-regiões mais abaladas nesse processo de polarização são a do Solimões-Juruá, com os municípios de Jutai e Fonte Boa, e a do Solimões-Japurá, com os municípios de Uarini, Alvarães e Tefé, que vêm perdendo substancial população e renda. Esse processo é mais intenso nessas duas sub-regiões em razão da maior distância dos núcleos desenvolvidos.

Comparativamente inversas, a sub-região da Trílice Fronteira, com os municípios de Tabatinga, Benjamin Constant e Atalaia do Norte, e a sub-região do Solimões-Içá, com os

municípios de São Paulo de Olivença, Amaturá, Santo Antônio do Içá e Tonantins, vêm recebendo parte desse fluxo de pessoas e recursos financeiros, em razão da maior proximidade com os núcleos estrangeiros mais desenvolvidos e a barreira política que impede um fluxo ágil de pessoas e capital.

As ações públicas na região do Alto Solimões tendem a perder eficiência: os recursos dos fundos constitucionais transferidos a esses municípios tendem a fluir para além das fronteiras, por meio das compras de alimentos e bens mais baratos, fortalecendo economicamente os núcleos urbanos estrangeiros fronteiriços. As ações educacionais também tendem na mesma direção. A baixa geração de empregos nos municípios do Alto Solimões cria duas alternativas aos seus moradores: a capital Manaus, muito distante e concorrida, e os núcleos urbanos de além-fronteira, mais próximos e menos concorridos.

Não estão previstas ações públicas capazes de reverter essa situação socioeconômica. Ao contrário, a tendência à preservação ambiental, através de subsídios de pequeno valor aos habitantes da região do Alto Solimões, tende a solidificar uma economia ancilar à dos países vizinhos.

6.7. Cenários

A região em estudo faz parte de dois eixos de transporte previstos para interligar as cidades de Belém e Manaus, passando pelo Peru e pelo Equador, ao oceano Pacífico. Um dos eixos utilizará o porto de Iquitos (Peru), próximo às cidades de Tabatinga e Benjamin Constant, para a conexão rodoviária a sudeste, ligando o Peru. O outro eixo utilizará o rio Içá, passando pela cidade de Santo Antônio do Içá e subindo esse rio até o Equador, onde, por uma conexão rodoviária, chegará à cidade de Manta, no Pacífico. O eixo que passa pelo Peru está previsto para ser inaugurado em 2015, e suas obras se encontram em fase adiantada de conclusão.

Uma vez em funcionamento, esses dois grandes eixos serão utilizados, no rio Solimões, para o transporte de insumos industriais oriundos da Ásia para a Zona Franca de Manaus, que deixará de usar a intermediação dos portos e aeroportos americanos para usar essa alternativa, encurtando distâncias e reduzindo o custo e o tempo de transporte. Através do estado do Acre essa rede rodoviária peruana, que já está conectada ao Brasil, servirá de corredor de exportação de produtos para os demais estados brasileiros, como soja e outros alimentos.

Essa conexão também tem um traçado, planejado pelo DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte, para interligar as cidade de Benjamin Constant e Atalaia do Norte, por meio da BR-027, à rede rodoviária nacional, permitindo, portanto, a viabilização de um novo eixo rodo-fluvial de Manaus com o resto do país e a América do Sul. Uma vez existindo viabilidade econômica nesse traçado rodoviário haverá pressão econômica e política para a sua execução.

O trabalho dos principais atores desse cenário, os governos brasileiro, peruano e equatoriano, incentivados pelo setor industrial de Manaus e exportadores do resto do país, permite vislumbrar o crescimento econômico, social e contínuo da região do Alto Solimões para os próximos anos.

7. Diagnósticos por Municípios

7.1. Atalaia do Norte

7.1.1. Aspectos gerais do município

O município de Atalaia do Norte, criado em 19/12/1955, através de lei estadual, faz fronteira com os municípios de Benjamin Constant, Ipixuna, Guajará, Estado do Acre e a República do Peru. Sua sede está situada à margem direita do rio Javari a cerca de 1.150 km em linha reta da cidade de Manaus (**Anexo I**). É o quarto maior município do estado e o maior da área de estudo, com uma área de 76.355 km², ocupada por apenas 0,42% da população estadual. Sua economia equivale a 0,10% do PIB amazonense em 2006.

7.1.2. Avaliação das águas de abastecimento público

A cidade de Atalaia do Norte está assentada sobre os sedimentos da Formação Solimões, de caráter essencialmente argiloso a siltico-argiloso, inadequados para a perfuração de poços tubulares quando se visa à produção de água para abastecimento público. Em outras palavras, o substrato geológico da região é formado por rochas sedimentares que não têm características típicas de aquífero, ou seja, rochas nas quais as águas subterrâneas são armazenadas e podem ser extraídas, com facilidade, por meio de poços tubulares. Deste modo, o fornecimento público de água na zona urbana é feito a partir de captação superficial, no rio Javari, e está sob responsabilidade do SAAN – Sistema de Abastecimento de Água de Atalaia do Norte, órgão municipal chefiado, na época dos trabalhos de campo, pelo Sr. Helderley Rodrigues, o qual disponibilizou todas as informações técnicas necessárias para a realização deste diagnóstico.

A água bruta, captada no rio Javari logo a jusante da foz do igarapé (furo) do Pixaim e a jusante de algumas palafitas, na coordenada geográfica 4°21'45,7" S e 70°11'43,1" W, é bombeada para uma Estação de Tratamento de Águas – ETA convencional, situada a cerca de 700 metros, na coordenada geográfica 4°22'09,8" S e 70°11'39,7" W (**Anexo III e Fotos 7.1.2.1, 7.1.2.2 e 7.1.2.3**). Na ETA, o processo de tratamento da água, para torná-la própria ao consumo humano, é o seguinte:

- adição de sulfato de alumínio na água bruta, o que provoca a coagulação e floculação dos sólidos em suspensão (matéria orgânica e argilas);
- passagem dessa mistura num sistema de filtros de seixos e areia, o qual retém o material sólido previamente floculado;
- condução da água, já clarificada, para uma cisterna de concreto;
- bombeamento da água para um reservatório tipo cilindro, com capacidade de 110m³, e
- cloração da água na saída do reservatório, antes de sua distribuição à população, com bombeamento de 24 horas/dia.

De acordo com informações do SAAN a água tratada abastece cerca de 80% da zona urbana, havendo um total de 780 ligações (pontos de água) cadastradas, entre residenciais, públicas e comerciais, o que permite estimar uma população atendida de 3.500 a 4.000 pessoas. Segundo dados da última contagem populacional (IBGE, 2007), a população urbana de Atalaia do Norte era de 5.796 pessoas; com a taxa média de crescimento anual (4,8% - vide item 6.2), pode-se estimar para o ano de 2009 um contingente aproximado de 6.400 habitantes. Considerando a necessidade média de 200 litros de água por habitante por dia, verifica-se que atualmente são necessários 1.280 m³ de água por dia para atender à demanda urbana. A bomba que capta água bruta no rio Javari tem capacidade de 78 m³/hora e funciona 24 horas/dia; produz, portanto, 1.870 m³ de água bruta por dia. Caso a ETA tenha capacidade de tratar diariamente tal volume de água, ele é mais do que suficiente para atender toda população urbana, mesmo considerando as perdas, como vazamentos e ligações clandestinas. Para que isso aconteça resta estender a rede de distribuição para os locais mais distantes da ETA, de modo que a água tratada alimente 100% das residências da cidade.

Não há controle de qualidade das águas produzidas pelo SAAN: não são realizadas análises físico-químicas e bacteriológicas periódicas que possam comprovar a potabilidade de tais águas. Assim, com objetivo de verificar a eficiência do tratamento realizado na ETA, neste estudo foram coletadas amostras de água, para envio aos laboratórios do LAMIN e INPA e teste de coliformes, em dois pontos do sistema: no local de captação no rio Javari (água bruta) e na saída do tratamento final, já com adição de cloro. Além disso, foram medidos, *in situ*, os valores de condutividade elétrica (CE) e pH na água tratada antes de sua cloração e em uma ponta da rede de distribuição (tubulação na esquina das ruas 31 de Março e Pedro Teixeira). Os resultados das análises *in situ* e de laboratório estão expressos na **Tabela 7.1.2.1**, que também contém, para comparação, os valores legais de referência para águas brutas (Resolução CONAMA 357/2005) e águas de consumo humano (Portaria MS 518/2004).

Na água bruta, a cor e as concentrações de ferro (Fe) e selênio (Se) estão acima dos valores máximos permitidos para águas classe 2 da Resolução CONAMA 357/2005, que são águas destinadas, entre outros fins, para abastecimento humano após tratamento convencional. O tratamento realizado na ETA remove o excesso de cor e de ferro, mas não reduz o excesso de Se, cuja concentração nas águas tratadas é superior ao máximo permitido pela Portaria 518/2004, que define parâmetros de potabilidade (**Tabela 7.1.2.1**). O selênio é um micronutriente essencial ao metabolismo humano, funcionando como agente oxidante dos radicais livres (em doses de até 40 µg/dia), porém, consumido por longo tempo em doses excessivas torna-se tóxico ao ser humano, facilitando o surgimento de cáries dentárias e alguns tipos de câncer (Cortecci, 2003). É um elemento raro na natureza, com concentrações nas águas superficiais normalmente abaixo de 10 µg/L; valores acima desse são sugestivos de contaminações de origem antrópica. O Se é utilizado principalmente nas indústrias de tintas, vidros, inseticidas e fertilizantes fosfatados.

A ausência de coliformes na água com tratamento completo, comparada com sua presença na água bruta, evidencia que a cloração está sendo eficiente na eliminação desse tipo de bactéria (**Tabela 7.1.2.1**). Já os valores de pH e CE medidos na água tratada antes da cloração e na ponta de rede são similares aos obtidos na água com tratamento completo, o que indica que nos três pontos a qualidade físico-química das águas é semelhante (**Tabela 7.1.2.1**).



Foto 7.1.2.1 – Balsa no rio Javari onde é feita a captação de água bruta que é bombeada para a ETA de Atalaia do Norte.



Foto 7.1.2.2 – Vala de esgotos domésticos, provenientes de palafitas, escorrendo em direção ao local de captação de águas para a ETA mostrado na Foto 7.1.2.1.



Foto 7.1.2.3 – Vista da Estação de Tratamento de Águas da cidade de Atalaia do Norte

Na periferia da cidade, aonde a rede de distribuição do SAAN não chega, alguns moradores fazem uso de águas provenientes de poços escavados (cacimbas) em locais rebaixados, com lençol freático subaflorante, sujeitos a alagamentos. Essas cacimbas são muito rasas, com profundidade de cerca de 2,0 metros e nível d'água de menos de 1,0 metro e, por isso, são muito vulneráveis a contaminações por dejetos domésticos/orgânicos. Não é recomendável, portanto, a utilização de suas águas para consumo humano.

Quatro cacimbas foram visitadas e cadastradas neste estudo: duas no extremo sudeste da cidade, próximo à Casa do Índio, e duas no extremo sul, no final da rua Quixito, sendo que em apenas uma delas a água é utilizada para consumo humano (**Anexo III e Fotos 7.1.2.4, 7.1.2.5 e 7.1.2.6**). No cadastro, apresentado na **Tabela 7.1.2.2**, constam também os valores, medidos *in situ*, de pH e CE das águas, os quais dão uma ideia preliminar da contaminação existente nas mesmas. De duas dessas cacimbas foram coletadas amostras de água para análises físico-químicas no INPA, cujos resultados são apresentados na **Tabela 7.1.2.3**, e dos quais podem ser feitos os seguintes comentários:

- na cacimba de Zilda Canuto os valores de cor e turbidez estão acima do máximo permitido para águas potáveis e o valor de cloreto (Cl) é indicativo de início de processo de contaminação química. Essas águas, apesar de não serem utilizadas para consumo humano, não deveriam ser usadas tampouco para banhos e lavagem de louças;

- na cacimba de Kelly Souza não há nenhum parâmetro acima do permitido pela legislação, porém os valores de pH, CE, cálcio (Ca) e nitrato (NO_3^-) são sugestivos de águas em processo de contaminação química, as quais também não deveriam ser usadas para banhos e lavagem de louças. A “casinha” que faz as vezes de sanitário da residência (fossa negra) está situada a cerca de dez metros a montante da cacimba, contribuindo fortemente para sua contaminação (**Foto 7.1.2.5**).

Com os resultados das análises químicas efetuadas nas quatro amostras de água coletadas em Atalaia do Norte foi elaborado o gráfico que define a classificação dessas águas com base em seus principais íons (diagrama de Piper), o qual é apresentado na **Figura 7.1.2.1**. Como se verifica, a água bruta do rio Javari e a água tratada pela ETA têm características químicas similares e são classificadas como bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas; enquanto as águas subterrâneas das cacimbas, em processo de contaminação, possuem um comportamento distinto, sendo classificadas como cloretadas.



Foto 7.1.2.4 – Cacimba, ao lado da residência de Neucilene Nascimento, cujas águas são utilizadas para consumo humano.

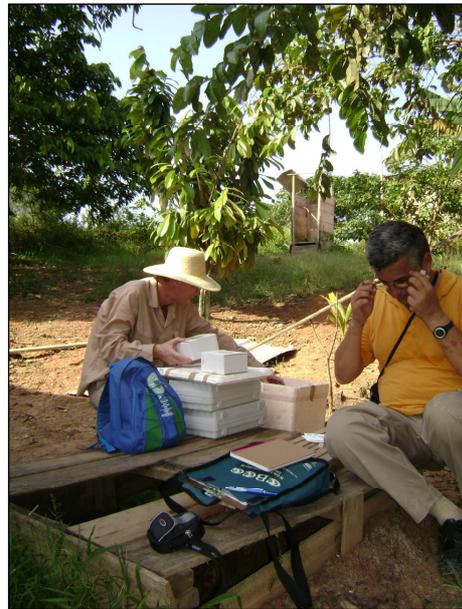


Foto 7.1.2.5 – Cacimba ao lado da residência de Kelly Souza. Notar o sanitário (fossa negra) situado cerca de 10 m a montante da cacimba.



Foto 7.1.2.6 – Cacimba próxima à residência de Zilda Canuto, utilizada para banhos e lavagem de roupas e louças.

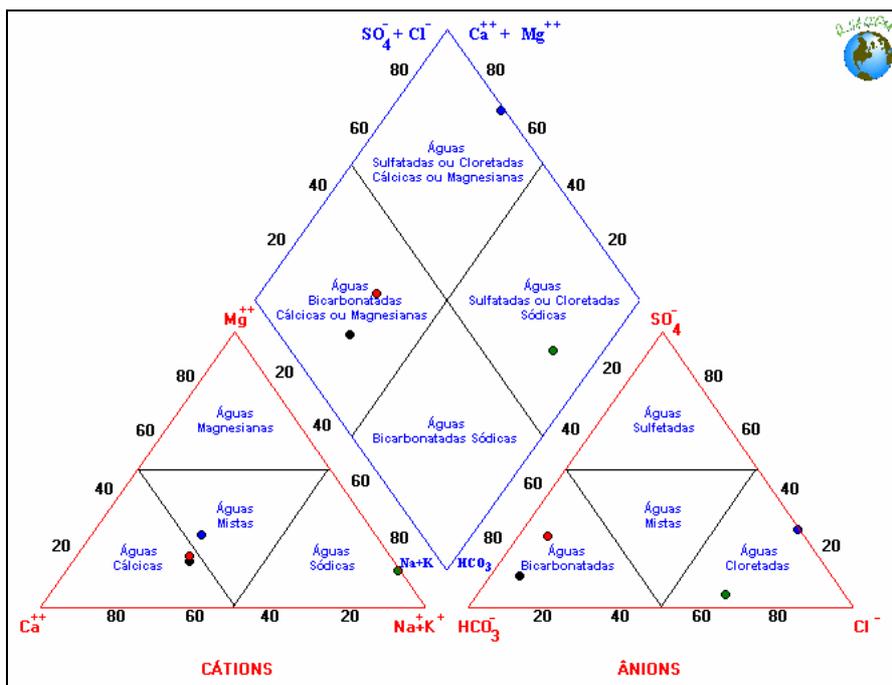


Figura 7.1.2.1 - Diagrama de Piper para as águas analisadas na cidade de Atalaia do Norte (em cor preta: água bruta no rio Javari; em vermelho: água com tratamento completo; em verde e azul: águas de cacimbas particulares)

A partir das observações de campo e dos resultados das análises laboratoriais são feitas as seguintes recomendações:

- devido ao local de captação de água bruta no rio Javari estar situado pouco a jusante da foz do Furo do Pixaim, que drena parte da zona urbana e recebe esgotos domésticos, e a jusante de palafitas que despejam águas servidas no rio, é altamente recomendável o deslocamento da bomba de captação para montante da foz do Furo Pixaim, de forma a evitar o fluxo de contaminantes orgânicos oriundos da zona urbana. De modo semelhante, se recomenda a adoção de procedimentos de segurança no entorno do local de captação, com restrição de acesso à balsa onde se situa a bomba;
- o SAAN deve providenciar, por meio de convênios com laboratórios públicos, análises físico-químicas e microbiológicas periódicas das águas brutas e das águas tratadas, com vistas a monitorar continuamente sua qualidade e cumprir a legislação pertinente;
- é fundamental um estudo de detalhe para identificar as fontes da contaminação por selênio nas águas do rio Javari em Atalaia do Norte, de maneira a permitir sua redução nas águas de consumo. Os dados obtidos neste estudo se referem a amostras coletadas na época de vazante das águas fluviais na região; é importante conhecer as concentrações de selênio, e de outros parâmetros, na época das cheias, quando as condições físico-químicas se alteram. Assim, pode-se avaliar as variações sazonais da qualidade das águas captadas pelo SAAN;

- os gestores municipais devem buscar recursos financeiros para a ampliação da rede de distribuição de água tratada, estendendo-a até a periferia da cidade, onde a população faz uso de águas provenientes de cacimbas em precárias condições de higiene. Caso a ETA tenha capacidade de processar satisfatoriamente todo o volume de água captado pela bomba instalada no rio Javari, a ampliação da rede implicará no fornecimento de água tratada para 100% da população urbana de Atalaia do Norte;

- deve-se providenciar a instalação de registros de água com contadores (hidrômetros) em todos os pontos de ligações do sistema, de modo que o usuário pague efetivamente pelo seu consumo, desestimulando, assim, os desperdícios.

Tabela 7.1.2.1 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas nas águas de abastecimento público coletadas na cidade de Atalaia do Norte

Tipo	pH	C E	Turbidez FTU	Cor (mgPt/L)	Alcalin.	DQO	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	Na
Água bruta (rio Javari)	6,8	46	50,7	133,1	24,4	34,5	0,20	0,37	1,23	2,35	2,83
Água com tratamento completo	6,1	61	4,2	11,2	15,2	16,8	0,32	< LD	0,91	4,41	3,02
Água tratada (sem cloro)	6,5	61	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Água de ponta de rede de distribuição	6,0	63	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Valores de Referência

CONAMA 357/2005 (águas Classe 2)	6,0 - 9,0	-	< 100,0	< 75,0	-	-	< 10,0	< 3,7	< 250,0	< 250,0	-
Portaria MS 518/2004	6,0 - 9,5	-	< 5,0	< 15,0	-	-	< 10,0	< 1,5	< 250,0	< 250,0	< 200,0

Tipo	K	Ca	Mg	Dureza (mgCaCO ₃ /L)	Fe	Si	Al	Mn	Ba	Se	Colif. Totais
Água bruta (rio Javari)	1,35	5,61	0,99	24,00	0,91	4,43	41	19	31	24	Presença
Água com tratamento completo	1,29	5,87	1,16	13,80	0,01	4,33	9	23	35	32	Ausência
Água tratada (sem cloro)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Água de ponta de rede de distribuição	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Valores de Referência

CONAMA 357/2005 (águas Classe 2)	-	-	-	-	< 0,3	-	< 100	< 100	< 700	< 10	-
Portaria MS 518/2004	-	-	-	< 500,0	< 0,3	-	< 200	< 100	< 700	< 10	Ausência

LD - Limite de Detecção; NA - Não Analisado; C.E - Condutividade Elétrica (µS/cm); DQO - Demanda Química de Oxigênio; Alcalinidade em mgHCO₃/L; Al, Mn, Ba e Se em µg/L, os demais em mg/L. Também foram analisados As, B, Be, Cd, Co, Cu, Cr, Li, Mo, Ni, Pb, Sn, Ti, Zn e V, porém todos os valores encontrados para esses elementos estão abaixo de seus LDs.

Obs.: Em vermelho os valores em desacordo com a Resolução CONAMA 357/2005, no caso de águas brutas, ou em desacordo com a Portaria MS 518/2004, no caso de águas tratadas

Tabela 7.1.2.2 - Relação, localização e algumas características das cacimbas particulares cadastradas na cidade de Atalaia do Norte

Proprietário	Local	Coord. Geográficas		Prof. (m)	Nível Estático (m)	Utilização	pH	Condutiv. Elétrica (µS/cm)
		Latitude	Longitude					
Nelilene Nascimento	Beco Augusto Luzeiro	4 22 04,1	70 11 15,3	2,00	0,60	Consumo humano e lavagens	5,0	26
Zilda R. Canuto	Beco Augusto Luzeiro	4 22 03,4	70 11 17,5	2,10	0,90	Banhos e lavagens em geral	5,3	64
Kelly Pereira Souza	Rua Quixito	4 22 19,0	70 11 34,1	2,00	0,80	Lavagens em geral	3,9	251
Janete Dias	Rua Quixito	4 22 20,7	70 11 33,6	2,10	1,00	Banhos e lavagens em geral	4,2	161

Tabela 7.1.2.3 - Resultados das análises físico-químicas nas águas de duas cacimbas cadastradas na cidade de Atalaia do Norte

Proprietário da Cacimba	Alcalin.*	Turbidez FTU	Cor mgPt/L	Fe mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	NH ₄ ⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	SO ₄ ⁻² mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L
Zilda R. Canuto	18,3	67,3	116,7	0,14	0,35	0,57	22,2	1,48	7,50	0,89	< 0,02	0,58
Kelly P. Souza	< 0,02	4,9	2,2	< 0,05	1,04	0,29	6,22	3,17	9,91	0,55	14,40	4,86

Valores de Referência:

Portaria MS 518/2004	-	5,0	15,0	0,30	10,0	1,5	250	250	200	-	-	-
-----------------------------	---	-----	------	------	------	-----	-----	-----	-----	---	---	---

* Alcalinidade em mgHCO₃/L

Obs.: Destacam-se em vermelho os valores em desacordo com a Portaria 518/2004.

7.1.3 Avaliação da disposição final dos resíduos sólidos

Há mais de doze anos a cidade de Atalaia do Norte utiliza um terreno de aproximadamente 3 hectares, circundada de floresta nativa, como depósito de resíduos sólidos (DRS) municipal (**Foto 7.1.3.1**). Localizado no km 3 da rodovia estadual AM-116, sentido Benjamin Constant, na coordenada S 04°22'41,3" e W 70°10'16,1", esse DRS fica a 2 km de distância das primeiras residências em direção à sede municipal (**Anexo IV**).

O terreno tem um suave declive no sentido sudoeste e fica a cerca de 200m da cabeceira de um igarapé sem nome. O município não realiza coleta seletiva e o único “tratamento” dado aos resíduos sólidos, após o despejo, é sua cobertura com argila apenas uma vez ao mês, o que faz com que o DRS de Atalaia do Norte seja caracterizado como lixeira a céu-aberto. Não há cerca de proteção no local e, embora o acesso seja livre, não foi relatada nem observada a presença de catadores.

Na ocasião dos trabalhos de campo, o então secretário municipal de obras, responsável pela administração do DRS, não se encontrava na cidade. Na sua ausência, quem acompanhou a equipe técnica durante a visita foi o funcionário da prefeitura Sr. André Danny, o qual informou que o volume médio diário de lixo recolhido e depositado na lixeira pelo serviço de limpeza pública é de aproximadamente de 20 m³, sendo uma pequena quantidade relativa aos resíduos hospitalares incinerados.



Foto 7.1.3.1 – Vista do depósito de resíduos sólidos do município de Atalaia do Norte, no km 3 da rodovia estadual AM-116

A fim de determinar o nível d'água local e caracterizar a composição granulométrica do solo, fator este que indica a facilidade de infiltração e percolação de fluidos em subsuperfície, foi realizada uma sondagem a trado (ATN-01 S1) na lateral oeste do DRS, em uma área ainda não utilizada para descarte de lixo, a aproximadamente 60m da rodovia AM-116, na coordenada S 04°22'50,0" e W 70°10'42,2".

A partir desta sondagem foi possível caracterizar o solo, visual e tatilmente, como predominantemente argiloso até o final da perfuração, conforme descrito na **Tabela 7.1.3.1** e ilustrado na **Foto 7.1.3.2**. Entretanto, não foi possível determinar o nível d'água, pois aos 4,0m de profundidade o material tornou-se impenetrável ao trado. De qualquer modo, de acordo com observações no entorno da área, estima-se que o nível d'água esteja entre 7,0 e 9,0m.

Tabela 7.1.3.1 – Perfil do solo atravessado pela sondagem ATN-01 S1 realizada na lixeira de Atalaia do Norte

0,0 m – 0,4 m	Argila arenosa alaranjada
0,4 m – 0,9 m	Argila avermelhada
0,9 m – 1,4 m	Argila arenosa cinza avermelhada
1,4 m – 1,9 m	Argila cinza avermelhada
1,9 m – 3,0 m	Argila cinza
3,0 m – 3,7 m	Areia cinza amarelada
3,7 m – 4,0 m	Argila azulada compacta (impenetrável ao trado)



Foto 7.1.3.2 – Sondagem a trado manual realizada no terreno da lixeira de Atalaia do Norte.

Embora o tipo de solo do DRS de Atalaia do Norte, essencialmente argiloso, dificulte a infiltração dos resíduos líquidos (chorume) e, conseqüentemente, a contaminação do lençol freático, a declividade do terreno facilita o escoamento superficial desses resíduos para a cabeceira do igarapé existente nas proximidades do terreno. Além da falta de controle no acesso, a ausência de cercas de proteção, para evitar a entrada de pessoas e animais, e de sinalização, com alertas sobre o perigo, são problemas que devem ser solucionados com urgência.

Apesar de não ter sido possível a coleta de amostras de água, superficial ou subterrânea, que permitissem uma melhor avaliação do grau da contaminação dos recursos hídricos em seu entorno, a forma como o DRS vem sendo operado e o local onde está situado representam risco à saúde da população e ao meio ambiente. Assim, o DRS de Atalaia do Norte está em desacordo com as normas técnicas que estabelecem critérios para projeto, construção e operação de aterros de resíduos perigosos e não-perigosos (ABNT NBR's 10157/87 e 13896/97), devendo ser desativado.

Com base nos dados observados, coletados e analisados neste estudo podem ser feitas as seguintes recomendações:

- Instalação de cercas e sinalização na área do DRS para restringir o acesso de pessoas e animais.
- Construção de quatro poços de monitoramento no entorno do DRS, ortogonais entre si e com pelo menos 15m de profundidade, para um melhor diagnóstico e constante monitoramento da qualidade das águas subterrâneas no local.
- Realização de estudos de detalhe para identificar áreas favoráveis à implantação de aterro sanitário ao longo do traçado da rodovia AM-116.
- Uma vez identificada a área mais favorável, construção do aterro sanitário, preferencialmente em consórcio com o município de Benjamin Constant, dentro das normas técnicas vigentes (ABNT NBR's 10157/87 e 13896/97) e com vida útil mínima de 15 anos.
- Desativação da atual lixeira municipal o mais breve possível.

7.1.4 Áreas de Risco

Na cidade de Atalaia do Norte, os riscos geológicos estão restritos à região da orla do rio Javari e estão associados principalmente à sazonalidade do nível das águas desse rio e à acentuada declividade do talude (barranco) situado logo a montante do porto flutuante. Os riscos mapeados foram: escorregamento/desmoronamento, alagamentos e uma feição de erosão linear (ravinação). O substrato geológico na zona urbana é composto basicamente por argilitos e siltitos da Formação Solimões, com espessura aflorante de até 10m.

A equipe técnica da CPRM navegou pelo rio Javari, em frente à zona urbana, e identificou as áreas de risco geológico, as quais foram visitadas, avaliadas e descritas, conforme exposto a seguir e espacializado no **Anexo III**.

- Rua Manoel Leão x Praça São Sebastião

Entre a Praça São Sebastião e o início da Rua Manoel Leão, no entorno da coordenada geográfica S 04°21'46,2" e W 70°11'35,2", se situa a principal área de risco de desmoronamento da cidade de Atalaia. Trata-se de uma encosta íngreme da margem direita do rio Javari, com cerca de 80m de extensão por 10m de altura, onde se observa cicatriz de escorregamento recente que causou a ruptura de porção da parte superior do talude, fenômeno que coloca em alto risco duas construções da rua Manoel Leão: a sede da Secretária Municipal de Ação Social e uma residência particular (**Foto 7.1.4.1**). A rua Manoel Leão está a apenas 6m da beira do talude colapsado (**Foto 7.1.4.2**).

Segundo informações de moradores, nos últimos 30 anos houve um recuo de quase 100m do barranco neste local, o que demonstra a evolução contínua do processo erosivo, comprovado também por rachaduras e rompimento na mureta da Praça São Sebastião (**Foto 7.1.4.3**). O processo é natural, desencadeado pela correnteza das águas do rio Javari associada à alta declividade da encosta. Observações no talude indicam que o solo no local é argilo-arenoso, tem cerca de 4m de espessura, e está diretamente sobre uma camada de linhito (estágio inicial da formação de carvão mineral) da Formação Solimões. Para tentar frear, ou suavizar, o processo erosivo, e impedir o solapamento da rua Manoel Leão e da Praça, é necessário a implantação de estruturas de contenção, como muro de gabião.

- Final da rua Manoel Leão

No final da rua Manoel Leão, ao lado da rampa de acesso ao Porto Flutuante, observa-se a saída de uma tubulação de águas servidas que são lançadas no rio Javari. Apesar da baixa declividade do talude, o fluxo dessas águas formou uma ravina, que está evoluindo lateralmente e compromete a estabilidade da base da murada da Orla Turística, a qual corre risco de desmoronamento por falta de sustentação (**Foto 7.1.4.4**). Para eliminar esse risco, deve-se recompor a base do muro e construir uma canaleta de concreto a partir da saída da tubulação, de modo a impermeabilizar o terreno e evitar o avanço do processo erosivo.



Foto 7.1.4.1 – Vista frontal da ruptura do talude adjacente à rua Manoel Leão, na orla do rio Javari, na zona urbana de Atalaia do Norte



Foto 7.1.4.2 – Vista lateral da ruptura de talude em processo erosivo que avança em direção à rua Manoel Leão



Foto 7.1.4.3 – Mureta de proteção rompida, na Praça São Sebastião, devido a processo erosivo associado ao recuo da margem direita do rio Javari.



Foto 7.1.4.4 – Ravina provocada pelo lançamento de águas servidas em terreno não impermeabilizado ao lado da rampa de acesso ao Porto de Atalaia do Norte.

- Áreas sujeitas a alagamentos

Na zona urbana de Atalaia do Norte foram mapeadas duas áreas sob risco de alagamento: uma no limite leste da cidade, onde duas dezenas de moradias (barracos de madeira) estão assentadas na planície de inundação do rio Javari e, portanto, sujeitas a serem alagadas nos períodos de cheia fluvial. Essa área tem cerca de 100m de extensão e situa-se a 150m da rua Augusto Luzeiro (**Anexo III e Foto 7.1.4.5**). A outra área, de dimensões maiores que a anterior, está localizada entre a rua 13 de Maio e a margem do rio Javari, nas proximidades do ponto de captação de água do SAAN; no local, existe mais de uma centena de instalações residenciais e comerciais adensadas em uma área baixa, de cerca de 150 x 100m, nos limites da planície de inundação fluvial. Embora essas instalações já sejam construídas com o assoalho alguns metros acima do solo (palafitas), com a intenção de evitar inundações, no período das cheias da região, dependendo da intensidade destas, as propriedades correm o sério risco de serem alagadas (**Anexo III e Foto 7.1.4.6**).

As inundações são fenômenos associados a processos naturais, inerentes à dinâmica do planeta, que ocorrem em áreas específicas; entretanto, os prejuízos causados por elas são frutos da ocupação desordenada dessas áreas instáveis, a qual pode e deve ser evitada. Para isso, os gestores municipais devem coibir o crescimento populacional nesses locais e realizar, em conjunto com a Defesa Civil, o cadastramento das moradias sob risco de alagamento, sendo que a única forma de prevenir e evitar os danos causados é remover os ocupantes para áreas mais estáveis, adequadas à ocupação humana, afastadas de planícies de inundação ou fundos de vales.



Foto 7.1.4.5 – Moradias situadas em área sob risco de alagamento nas proximidades da rua Augusto Luzeiro.



Foto 7.1.4.6 – Vista de área sob risco de alagamento, com dezenas de moradias, entre a rua 13 de Maio e a margem do rio Javari.

7.1.5 Insumos minerais para construção civil

A cidade de Atalaia do Norte dispõe de apenas uma olaria, que pertence ao próprio município. A areia é importada de Benjamin Constant ou extraída, de forma artesanal, do leito do rio Javari, que margeia a zona urbana. Os seixos, assim como em toda região do alto Solimões, são importados de empresas que os extraem do rio Japurá, afluente da margem esquerda do rio Solimões.

Olaria Municipal

Situada nas proximidades da sede da Prefeitura, a Olaria Municipal Pref. Sidney C. Castelo Branco (**Foto 7.1.5.1 e Anexo IV**) está em funcionamento há aproximadamente 18 anos e fabrica apenas tijolos, com produção média de 300 mil unidades/mês, suficiente para suprir apenas o consumo local. Como fonte energética para o cozimento dos tijolos é utilizada somente lenha.

A argila utilizada como matéria-prima vem sendo extraída há 10 anos de uma jazida com aproximadamente 2,5 hectares localizada a 100 m de distância do galpão principal, na coordenada geográfica S 04°21'56,6" e W 70°11'13,7" (**Foto 7.1.5.2**).



Foto 7.1.5.1 – Galpão da Olaria Municipal Pref. Sidney C. Castelo, única olaria existente em Atalaia do Norte



Foto 7.1.5.2 – Jazida, com aproximadamente 2,5 hectares de dimensão, de onde é extraída a argila utilizada como matéria-prima na olaria municipal de Atalaia do Norte.

A jazida apresenta dois horizontes distintos: o superior, onde a argila é avermelhada, e o inferior, onde a argila é branca com traços avermelhados, sendo que somente esta última é utilizada para confecção dos tijolos. Tãtilmente, esta argila é bastante plástica e possui teor de quartzo menor que o do horizonte superior, cujo material é utilizado como aterro.

Para caracterizar melhor a argila utilizada como matéria-prima na Olaria Municipal de Atalaia do Norte foi coletada uma amostra do horizonte mais claro (ATN-02) e enviada para ensaios cerâmicos preliminares, os quais revelaram que este material tem uso recomendado para a confecção de cerâmica vermelha ou argila refratária (**Anexo V**).

7.2 Benjamin Constant

7.2.1 Aspectos gerais do município

Criado em 1898, através de lei estadual, Benjamin Constant faz fronteira com os municípios de Tabatinga, São Paulo de Olivença, Ipixuna, Eirunepé, Jutai, Atalaia do Norte e a República do Peru. Sua sede está situada na margem direita do rio Javari a cerca de 1.120 km em linha reta da cidade de Manaus (**Anexo I**). É o quadragésimo segundo maior município do estado, com uma área de 8.793 km², ocupada por apenas 0,91% da população estadual. Sua economia equivale a 0,25% do PIB amazonense em 2006.

7.2.2 Avaliação das águas de abastecimento público

A cidade de Benjamin Constant está assentada sobre substrato geológico constituído pelos sedimentos da Formação Solimões, de caráter essencialmente argiloso a siltico-argiloso, inadequados para a perfuração de poços tubulares quando se visa à produção de água para abastecimento público. Deste modo, o fornecimento público de água na zona urbana é feito a partir de captação superficial, no rio Javari, e está sob responsabilidade da COSAMA – Companhia de Saneamento do Amazonas, órgão estadual chefiado, na época dos trabalhos de campo, pelo Sr. Adonias Carvalho Santana, o qual acompanhou a equipe técnica da CPRM na coleta das informações necessárias para a realização deste diagnóstico.

A captação de água bruta é feita em uma balsa instalada na margem direita do rio Javari, em frente à ilha Bom Intento, no ponto de coordenadas geográficas 04°22'29,1" S e 70°01'08,1" W. No local, observou-se que havia muito lixo boiando em torno da balsa, que o acesso é livre ao trânsito de pessoas e que havia muitos moradores a montante do rio. Desse ponto de captação a água é bombeada, por meio de duas bombas de sucção com capacidade total de 230 m³/h, para a Estação de Tratamento de Águas – ETA, situada a cerca de 250m em linha reta, na coordenada geográfica 04°22'36,3" S e 70°01'10,7" W, no final do beco 13 de Maio (**Anexo VI e Figuras 7.2.2.1 e 7.2.2.2**).

Na ETA, o processo de tratamento da água, para torná-la própria ao consumo humano, pode ser assim descrito:

- adição de sulfato de alumínio na água bruta, o que provoca a coagulação dos sólidos em suspensão (matéria orgânica e argilas);
- passagem dessa mistura para as células de floculação e decantação, onde se sedimenta a maior parte dos sólidos floculados (a lavagem dessas células é feita de 3 em 3 dias);
- condução da água para um sistema de filtros de areia, o qual retém o restante do material em suspensão ainda presente (a lavagem dos filtros é feita duas vezes por dia);
- bombeamento da água, já clarificada, para três reservatórios apoiados de concreto, com capacidade total de armazenamento de 850 m³, onde é realizada a cloração, que é o tratamento final da ETA.

Por falta de capacidade operacional do sistema, a distribuição da água tratada aos usuários, via rede, é setorizada: cada parte da cidade é atendida por um determinado número de horas (6 a 7 horas por dia). Pela manhã são atendidos os bairros onde é possível a distribuição por gravidade a partir dos reservatórios da ETA; pela tarde, a água tratada é bombeada da ETA para um reservatório elevado de 100 m³, situado numa parte elevada da cidade, de onde é distribuída, também por gravidade, para os outros bairros.



Figura 7.2.2.1 – Balsa onde estão instaladas as bombas de sucção que captam as águas brutas do rio Javari e as enviam para tratamento na ETA. Notar a falta de proteção no local, com livre acesso, e o lixo boiando no entorno da balsa.



Figura 7.2.2.2 – À esquerda, vista geral da ETA de Benjamin Constant; à direita, detalhe das células de decantação, onde se sedimenta o material sólido floculado.

Segundo os dados censitários de 2000, a população urbana de Benjamin Constant era de 14.171 habitantes (IBGE, 2000). Em 2007, essa população passou para 18.598 habitantes (IBGE, 2007); com a taxa de crescimento populacional desse período pode-se estimar para o ano de 2009 um contingente aproximado de 20.100 pessoas na zona urbana (vide item 6.2). Os dados de 2007 indicam ainda uma média de 5,5 moradores por domicílio urbano.

De acordo com o Sr. Adonias cerca de 60% da população urbana é atendida pela rede de distribuição de água tratada. A COSAMA registra 2.600 ligações ativas (pontos de água) cadastradas no sistema, cujos responsáveis pagam uma taxa fixa mensal. Com a média de 5,5 habitantes/domicílio pode-se inferir que aproximadamente 14.300 pessoas são abastecidas regularmente pela rede do sistema público de água (70% da população urbana); o restante da população faz uso de ligações clandestinas ou utiliza as águas dos igarapés ou de uma cacimba pública que será descrita adiante.

Considerando a necessidade média mundial de 200 litros de água por habitante por dia, verifica-se que atualmente são necessários 4.020 m^3 de água por dia para atender à demanda urbana de 20.100 pessoas. As duas bombas que captam água bruta no rio Javari têm capacidade total de $230 \text{ m}^3/\text{h}$; se funcionassem 24 horas/dia, produziriam 5.520 m^3 de água, mais do que suficiente para abastecer toda população urbana, porém a ETA não tem capacidade para processar todo esse volume de água: como já mencionado, ela está em funcionamento apenas 14 horas/dia e, ainda assim, fornece as águas tratadas somente por um período de 6 a 7 horas/dia para cada bairro atingido pela rede de distribuição. Portanto, é notória a falta de capacidade do sistema público de abastecimento de água em suprir as necessidades da população de Benjamin Constant. Além disso, a cobrança de taxas fixas mensais gera uma cultura de desperdício nos consumidores, que reclamam dos problemas frequentes de desabastecimento, porém mantêm hábitos inadequados de uso em excesso.

Não há controle periódico da qualidade físico-química das águas produzidas pela ETA de Benjamin Constant; há o encaminhamento semanal de amostras para o laboratório da COSAMA em Tabatinga, onde são realizadas apenas análises de coliformes. Além disso, o laboratório local da COSAMA está equipado para determinar somente a cor, a turbidez e o cloro residual. Assim, com objetivo de verificar a eficiência do tratamento realizado na ETA e a potabilidade das águas, neste estudo foram coletadas amostras para análises laboratoriais múltiplas, teste de coliformes totais e determinações *in situ* dos valores de pH e condutividade elétrica (CE), em três pontos do sistema: no local de captação no rio Javari (água bruta), na saída dos reservatórios de distribuição final (água tratada) e em uma residência situada em ponta de rede (rua Voluntários da Pátria – Centro) (**Anexo VI e Figura 7.2.2.3**). Os resultados das análises *in situ* e de laboratório estão expressos na **Tabela 7.2.2.1**, que também contém, para comparação, os valores legais de referência para águas brutas (Resolução CONAMA 357/2005) e águas de consumo humano (Portaria MS 518/2004).

Na água bruta, a cor está bem acima do valor de referência para águas classe 2 da Resolução CONAMA 357/2005, que são águas destinadas, entre outros fins, para abastecimento humano após tratamento convencional; além disso, as concentrações de ferro (Fe) e alumínio (Al) nessas águas são ligeiramente superiores aos valores de referência da classe 2. O tratamento realizado na ETA remove o excesso de cor e de Fe, mas não reduz o excesso de Al, pelo contrário, promove um forte enriquecimento nesse metal, cuja concentração nas águas tratadas (na saída da ETA e na ponta de rede) é cinco vezes superior ao máximo permitido pela Portaria 518/2004, que regulamenta a potabilidade das águas para consumo humano; ademais, é notável o enriquecimento em sulfato (SO_4^{-2}) nas águas tratadas, de 0,3 para 16,4 mg/L (**Tabela 7.2.2.1**). O que ocorre, muito provavelmente, é que a quantidade do sulfato de alumínio, composto utilizado na ETA para provocar a coagulação das partículas em suspensão, está sendo excessiva, deixando um resíduo indesejável de Al e SO_4^{-2} em solução. Esse fato é muito preocupante, pois o Al é um metal neurotóxico e o consumo de águas com concentrações elevadas do mesmo, por longo prazo, pode diminuir significativamente a assimilação de fosfato e de flúor pelo organismo humano, causando hipofosfatemia e demineralização de ossos, além de doenças neurodegenerativas, insuficiência renal e cardiomiopatias (Cortecci, 2003; Selinus et al, 2005).

Portanto, os resultados das análises químicas realizadas para Al nas águas de abastecimento público em Benjamin Constant, antes e após o tratamento, evidenciam que parte do processo utilizado na ETA, mais especificamente a adição de sulfato de alumínio, não está adequado e deve ser revisto. Já a ausência de coliformes nas águas tratadas, também observada na ponta de rede de distribuição, evidencia que o processo de cloração está sendo eficiente na eliminação desse tipo de bactéria (**Tabela 7.2.2.1**).



Figura 7.2.2.3 – À esquerda, determinação *in situ* do pH do rio Javari no local de captação de águas brutas para a ETA; à direita, coleta de amostra de água tratada na saída da ETA.

Como a rede de distribuição da COSAMA não atinge toda zona urbana e, como muitos usuários não confiam na qualidade das águas fornecidas por esse órgão, boa parte da população, para o abastecimento doméstico, recorre a águas provenientes de um poço escavado (cacimba), com 2,5m de profundidade, situado ao lado da Câmara Municipal (**Anexo VI e Figura 7.2.2.4**). Segundo informações, essa cacimba fornece águas para inúmeras famílias, que as utilizam principalmente para consumo primário. Não há nenhuma fonte contaminante em seu entorno, porém o lençol freático é muito raso, o que torna o local suscetível a contaminações de origem orgânica (dejetos domésticos/esgotos). Para verificar a qualidade das águas da cacimba foram coletadas amostras para análises físico-químicas e testes de coliformes, cujos resultados são apresentados na **Tabela 7.2.2.2**, que também contém resultados de análises realizadas nas águas de um poço tubular, com 36m de profundidade, perfurado no início de 2009 no Sítio Nova Jerusalém (bairro Colônia), cujo proprietário pretende comercializar tais águas (**Anexo VI e Figura 7.2.2.4**). Dos resultados obtidos, podem ser feitos os seguintes comentários:

- a cacimba da Câmara Municipal revelou contaminação por coliformes e concentração de cobalto (Co) pouco acima do máximo permitido pela legislação referente à potabilidade das águas (Portaria MS 518/2004); além disso, apresentou valor de nitrato (NO_3^-) indicativo de início de processo de contaminação química (5,3 mg/L). Assim, mesmo que os coliformes possam ser eliminados pela simples cloração, os valores de Co e NO_3^- recomendam cautela no consumo primário dessas águas, que deveria ser evitado;

- apesar das águas do poço do Sítio Nova Jerusalém não registrarem nenhum parâmetro em desacordo com as normas de potabilidade, as altas concentrações de alcalinidade e cálcio (Ca), para os quais não há valores de referência, e de sódio (Na) e sulfato (SO_4^{2-}) indicam que se tratam de águas com salinidade pouco mais elevada, características da Formação Solimões, que contém camadas sedimentares enriquecidas nesses íons, que conferem sabor desagradável às águas, tornando-as inadequadas ao consumo primário no dia-a-dia.



Figura 7.2.2.4 – À esquerda, cacimba da Câmara Municipal; à direita, poço tubular do Sítio Nova Jerusalém, acoplado a um filtro para eliminar o material em suspensão nas águas.

Na zona rural, foi visitada a Comunidade Feijoal, situada na margem direita do rio Solimões, a 55 km da sede municipal, e habitada por cerca de 2.000 indígenas da etnia Tikuna (**Anexo I**). No local há uma ETA compacta, com capacidade de 20 m³/h, que trata águas brutas captadas no rio Solimões e distribui, por rede, à população da aldeia. O tratamento é simplificado, com utilização de sulfato de alumínio, filtragem e cloração como processo final (**Figura 7.2.2.5**). Para testar a qualidade do tratamento foi coletada, na saída da ETA, uma amostra para análise físico-química e teste de coliforme. Os resultados, apresentados na **Tabela 7.2.2.1**, indicam que a cloração não é eficiente, pois foi detectada presença de coliformes na amostra; os parâmetros físico-químicos analisados estão de acordo com a norma de potabilidade, apesar das altas concentrações, para os padrões da região, de Na, Ca, Mg e alcalinidade. Não há poços tubulares nessa comunidade.



Figura 7.2.2.5 – Comunidade Indígena Feijoal: à esquerda, centro de convivência; à direita, vista das bombas dosadoras de sulfato de alumínio da ETA existente na comunidade.

Com os resultados das análises químicas efetuadas nas amostras de água coletadas em Benjamin Constant foi elaborado o gráfico que define a classificação dessas águas com

base em seus principais íons (diagrama de Piper), o qual é apresentado na **Figura 7.2.2.6**. Como se verifica, a água tratada pela ETA da COSAMA é a única amostra no campo das sulfatadas, no caso cálcica-magnesianas, devido ao excesso de sulfato de alumínio utilizado no tratamento, conforme já exposto. As demais amostras são classificadas como águas bicarbonatadas, cálcico-magnesianas no caso das águas brutas do rio Javari e das águas tratadas pela ETA da comunidade Feijoaal, e sódicas no caso das águas da cacimba pública e do poço do Sítio Nova Jerusalém; não obstante, há diferença significativa entre os dois tipos de águas subterrâneas amostradas, com salinidade muito maior nas águas do citado poço, que explora horizonte da Formação Solimões.

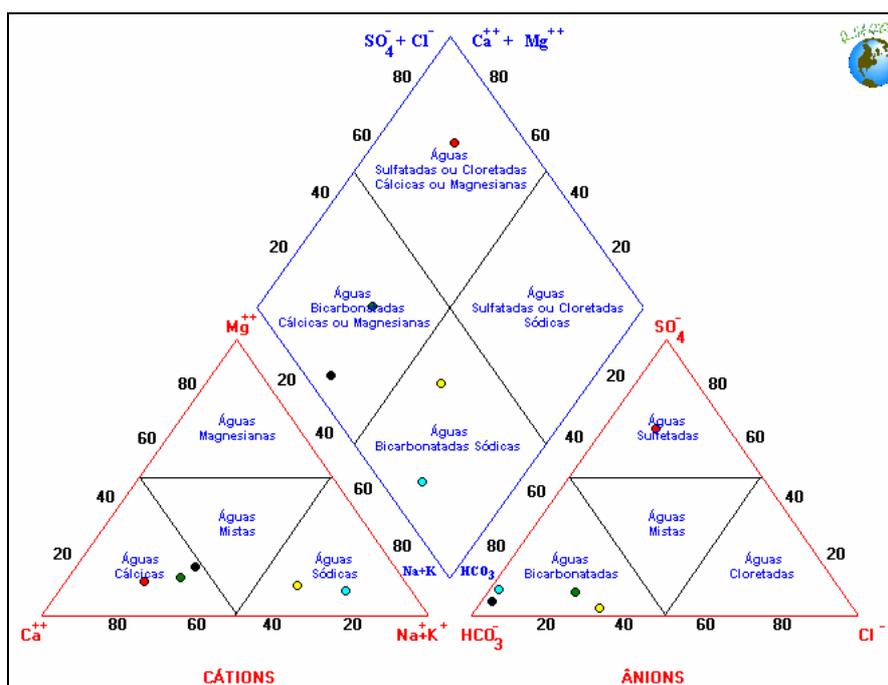


Figura 7.2.2.6 - Diagrama de Piper para as águas analisadas em Benjamin Constant (em cor preta: água bruta no rio Javari; em vermelho: água tratada; em verde: Comunidade Feijoaal; em amarelo: cacimba da Câmara Municipal; em azul: poço do Sítio Nova Jerusalém)

A partir das observações de campo e dos resultados das análises físico-químicas e microbiológicas são feitas as seguintes recomendações e considerações finais no que diz respeito à questão do abastecimento público de água em Benjamin Constant:

- devem ser adotados procedimentos de segurança no entorno do local de captação de águas brutas no rio Javari, de modo a se restringir o acesso de pessoas e animais à balsa onde se situam as bombas de sucção e diminuir a quantidade de lixo no local;
- tendo em vista o excesso de alumínio dissolvido nas águas tratadas pela COSAMA, faz-se necessária a revisão de parte do processo utilizado pela ETA, com redimensionamento da quantidade utilizada de sulfato de alumínio;

- os gestores do sistema devem buscar recursos financeiros para a ampliação da capacidade operacional da ETA e para a expansão da rede de distribuição de água tratada, estendendo-a até os bairros mais distantes. Essas obras, acompanhadas da instalação de três reservatórios elevados em pontos estratégicos, implicarão no fornecimento de água tratada para todos os setores da cidade e no aumento do número de horas com que cada setor pode ser abastecido;
- deve-se providenciar a instalação de registros de água com contadores (hidrômetros) em todos os pontos de ligações do sistema, de modo que o usuário pague efetivamente pelo seu consumo, desestimulando, assim, os desperdícios;
- a COSAMA deve providenciar, por meio de convênios com laboratórios públicos, análises físico-químicas e microbiológicas periódicas das águas fornecidas à população, com vistas a monitorar continuamente sua qualidade e cumprir a legislação pertinente;
- mesmo com adição de hipoclorito de sódio deve ser evitado o consumo primário das águas da cacimba da Câmara Municipal, por apresentarem concentração de cobalto acima do permitido pela legislação e concentração de nitrato indicativa de início de processo de contaminação por dejetos orgânicos;
- na ETA da Comunidade Feijoal deve ser revista a quantidade de cloro utilizada na desinfecção final das águas tratadas, cuja amostra coletada para este estudo revelou presença de coliformes, tornando-a imprópria para consumo humano.

Tabela 7.2.2.1 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas nas águas de abastecimento público coletadas no município de Benjamin Constant

Tipo	pH	C E	Turbidez FTU	Cor (mgPt/L)	Alcalin.	DQO	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	Na
Água bruta (rio Javari)	5,7	14,6	19,5	118,2	11,0	33,6	0,15	0,01	0,15	0,31	0,61
Água tratada (saída da ETA)	4,4	52,0	1,0	< LD	5,5	8,9	0,17	0,01	2,37	16,41	0,74
Água de ponta de rede de distribuição	4,4	51,7	1,3	< LD	4,3	8,2	0,18	0,02	1,97	16,76	0,73
Comunidade Feijoaí (saída da ETA)	7,1	171,7	1,6	12,7	55,5	6,1	0,28	0,10	10,29	4,29	11,26

Valores de Referência

CONAMA 357/2005 (águas Classe 2)	6,0 - 9,0	-	< 100,0	< 75,0	-	-	< 10,0	< 3,7	< 250,0	< 250,0	-
Portaria MS 518/2004	6,0 - 9,5	-	< 5,0	< 15,0	-	-	< 10,0	< 1,5	< 250,0	< 250,0	< 200,0

Tipo	K	Ca	Mg	Dureza (mgCaCO ₃ /L)	Fe	Si	Al	Mn	Ba	Co	Colif. Totais
Água bruta (rio Javari)	0,59	1,40	0,27	4,0	0,43	3,42	0,11	10	15	4	NA
Água tratada (saída da ETA)	0,54	3,10	0,30	11,1	0,05	3,43	1,06	11	17	3	Ausência
Água de ponta de rede de distribuição	0,54	2,75	0,29	9,8	0,03	3,38	1,19	11	17	3	Ausência
Comunidade Feijoaí (saída da ETA)	1,42	21,12	2,79	65,0	0,02	6,73	0,06	< LD	42	< LD	Presença

Valores de Referência

CONAMA 357/2005 (águas Classe 2)	-	-	-	-	< 0,3	-	< 0,1	< 100	< 700	< 5	-
Portaria MS 518/2004	-	-	-	< 500,0	< 0,3	-	< 0,2	< 100	< 700	< 5	Ausência

LD - Limite de Detecção; NA - Não Analisado; C E - Condutividade Elétrica (µS/cm); DQO - Demanda Química de Oxigênio; Alcalinidade em mgHCO₃/L; Mn, Ba e Co em µg/L, os demais em mg/L. Também foram analisados Ag, As, B, Be, Cd, Cu, Cr, Li, Mo, Ni, Pb, Se, Sn, Ti, Zn e V, porém todos os valores encontrados para esses elementos estão abaixo de seus LDs.

Obs.: Em vermelho os valores em desacordo com a Resolução CONAMA 357/2005, no caso de águas brutas, ou em desacordo com a Portaria MS 518/2004, no caso de águas tratadas

Tabela 7.2.2.2 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas nas águas subterrâneas coletadas na cidade de Benjamin Constant

Local	Cacimba da Câmara Municipal	Poço tubular do Sítio Nova Jerusalém	Valores de Referência Portaria MS 518/2004
pH	4,7	7,7	6,0 – 9,5
Condut. Elétrica (µS/cm)	34	490	-
Coliformes Totais	Presença	NA	Ausência
Turbidez (FTU)	0,52	0,26	< 5,0
Cor (mg Pt/L)	< LD	8,23	< 15,0
Alcalinidade (mgHCO ₃ ⁻ /L)	9,1	411,1	-
DQO (mg/L)	3,4	6,2	-
NO ₃ ⁻	5,31	0,18	< 10,0
NH ₄ ⁺	< LD	0,95	< 1,5
Cl ⁻	2,53	4,25	< 250
SO ₄ ⁻²	0,10	29,28	< 250
Na	2,88	81,84	< 250
K	0,57	2,04	-
Ca	1,30	16,20	-
Mg	0,26	4,43	-
Dureza	2,2	110,4	< 500
Si	4,93	8,95	-
Al	0,03	0,01	< 0,2
Fe	0,01	0,01	< 0,3
Mn	47	18	< 100
B	< LD	21	< 500
Ba	20	214	< 700
Co	5	3	< 5
Li	1	3	-

NA – Não Analisado; LD – Limite de Detecção; Mn, B, Ba, Co e Li em µg/L, os demais em mg/L. Também foram analisados Ag, As, Be, Cd, Cr, Cu, Mo, Pb, Se, Sn, Ti, V e Zn, porém todos os valores encontrados para esses elementos estão abaixo de seus LDs
Obs.: Destacam-se em vermelho os parâmetros em desacordo com Portaria MS 518/2004.

7.2.3 Avaliação da disposição final dos resíduos sólidos

Na comunidade indígena Feijoal não há coleta pública dos resíduos sólidos. O lixo de cada residência é de responsabilidade do próprio morador, cabendo a ele dar um destino final. Desta forma, geralmente o lixo é queimado e enterrado no próprio quintal, ou, por vezes, simplesmente lançado no rio Solimões.

A cidade de Benjamin Constant dispõe de um terreno, com cerca de 5,0 hectares, circundado de pastos, capoeira e mata ciliar, situado próximo aos bairros Cidade Nova e Castanhal, que vem sendo utilizado como depósito de resíduos sólidos (DRS) municipal há mais de 20 anos (**Foto 7.2.3.1**). O centro desse terreno tem coordenada S 04°23'11,4" e W 70°01'16,1" e o acesso a ele é feito a partir da estrada do Cemitério. A área possui um leve declive e fica entre dois cursos d'água, afluentes dos igarapés Santo Antônio e Boa Esperança (**Anexo VII**).

No município não é realizada a coleta seletiva e o único "tratamento" dado aos resíduos sólidos é sua cobertura com argila a cada uma ou duas semanas, o que caracteriza o DRS de Benjamin Constant como aterro semi-controlado. Embora o terreno possua cerca de arame, a entrada é livre e a presença de catadores frequente.



Foto 7.2.3.1 – Vista do aterro sanitário semi-controlado de Benjamin Constant

Segundo o titular da Secretaria Municipal de Obras na época dos trabalhos de campo, Sr. Aldenei Teixeira, o volume médio diário de lixo recolhido pelo serviço de limpeza pública e depositado no DRS é de aproximadamente 40 m³, sendo uma pequena quantidade relativa aos resíduos hospitalares incinerados.

O aterro fica a menos de 300 m de distância das residências mais próximas, a menos de 150 m do afluente do igarapé Boa Esperança e é limítrofe com o afluente do igarapé Santo Antônio. Em função da declividade do terreno, após um período de chuvas a água pluvial é drenada, juntamente com os resíduos líquidos do aterro (chorume), para o leito do afluente do igarapé Santo Antônio.

A fim de determinar o nível d'água local e caracterizar a composição granulométrica do solo, fator este que indica a facilidade de infiltração e percolação de fluidos em subsuperfície, foi realizada uma sondagem a trado (BEN-01 S2) no limite leste do DRS, em um local onde ainda não havia descarte de lixo, a menos de 20 m do afluente do igarapé Santo Antônio, na coordenada S 04°23'07,7" e W 70°01'15,4" (**Foto 7.2.3.2**).

A partir desta sondagem foi possível caracterizar o solo, tátil e visualmente, como predominantemente argiloso até 2,0m de profundidade e arenoso daí até o final da perfuração, que foi concluída com 3,0m. O nível d'água foi encontrado em 2,5m de profundidade (**Tabela 7.2.3.1**).

Tabela 7.2.3.1 – Perfil do solo atravessado pela sondagem BEN-01 S2 realizada no DRS de Benjamin Constant

0,0 m – 0,3 m	Argila arenosa marrom
0,3 m – 0,6 m	Argila plástica avermelhada
0,6 m – 0,9 m	Argila plástica branca avermelhada
0,9 m – 1,5 m	Argila plástica branca amarelada
1,5 m – 2,0 m	Argila plástica cinza
2,0 m – 2,5 m	Areia fina argilosa cinza
▶ 2,5 m	Nível d'água
2,5 m – 3,0 m	Areia argilosa cinza azulada



Foto 7.2.3.2 – Início da sondagem BEN-01 S2 realizada no terreno do aterro sanitário semi-controlado de Benjamin Constant.

Após a conclusão da sondagem foram coletadas amostras da água subterrânea e da água do afluente do igarapé Santo Antônio (BEN-01 S1 e BEN-01 IG respectivamente) para aferições *in loco* da condutividade elétrica (CE) e do pH, e envio para análises físico-químicas nos laboratórios do INPA e do LAMIN. As medições realizadas *in loco* na águas subterrânea revelaram CE de 64 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e pH 5,8; já no afluente do igarapé Santo Antônio obteve-se uma CE de 12 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e pH 6,0. Os valores de pH são coerentes com as águas naturais da região, porém o valor de CE de 64 $\mu\text{S}/\text{cm}$ é sugestivo de contaminação química no lençol freático.

Os resultados laboratoriais registraram concentração de amônio (NH_4^+) na amostra BEN-01 S1 e de ferro (Fe) na amostra BEN-01 IG acima dos valores máximos permitidos pela legislação, ou seja, os valores da Portaria 518/2004, para águas subterrâneas, e os valores da Resolução CONAMA 357/2005 para águas superficiais (**Anexo VIII - Tabelas 1 e 2**). Todos os demais parâmetros analisados apresentam valores abaixo dos de referência adotados. A concentração elevada de amônio nas águas subterrâneas indica contaminação recente dessas águas, oriunda da infiltração de chorume no subsolo.

Para uma melhor caracterização do subsolo e da variação do nível d'água foi, tentativamente, realizada uma sondagem em outro ponto do DRS, na coordenada geográfica S 04°23'05,3" e W 70°01'19,3". Essa perfuração, porém, não obteve sucesso, pois com apenas 2,5m de profundidade atingiu material impenetrável ao trado, correspondente a um nível de linhito endurecido, tipo de rocha que representa o estágio inicial da formação de carvão mineral. Até esse nível o solo perfurado era essencialmente argiloso.

Segundo o Sr. Aldenei Teixeira, o município já dispõe de uma área pré-selecionada, com extensão aproximada de 25 hectares, localizada no km 11 da rodovia AM 116 (rodovia Benjamin Constant - Atalaia do Norte), para implantação do aterro sanitário municipal. A área pertence à bacia hidrográfica do igarapé Prosperidade e é recoberta por floresta primária. Porém, a escolha desse local não foi precedida de nenhum estudo de viabilidade técnica.

Assim, com intuito de avaliar preliminarmente a área referida acima, foi realizada uma visita ao local. Na ocasião, constatou-se que o terreno é recortado por drenagens intermitentes que servem como cabeceiras de igarapés. De qualquer modo, executou-se uma sondagem a trado (BEN-02 S1) nesta área para determinar o nível d'água e caracterizar a composição granulométrica do solo (**Foto 7.2.3.3**). A sondagem foi realizada na coordenada S 04°26'09,4" e W 70°06'07,1", próximo ao centro do terreno, e foi interrompida em 4,7m de profundidade, sem atingir o nível d'água, devido a ter atingido uma camada de argilito carbonoso maciço impenetrável ao trado. Com os dados obtidos foi possível caracterizar o solo, visual e tatilmente, como predominantemente argiloso em todo perfil (**Tabela 7.2.3.2**).

Tabela 7.2.3.2 – Perfil de solo atravessado pela sondagem BEN-02 S1 realizada em área proposta para o Aterro Sanitário de Benjamin Constant

0,0 m – 0,4 m	Argila plástica amarelada
0,4 m – 1,5 m	Argila plástica cinza
1,5 m – 1,9 m	Argila arenosa laterítica amarelada
1,9 m – 3,0 m	Argila arenosa cinza e amarela
3,0 m – 3,2 m	Argila cinza
3,2 m – 4,7 m	Argilito carbonoso escuro impenetrável ao trado

Como o local avaliado se encontra em desacordo com as normas técnicas que regem a construção de aterros sanitários (ABNT NBR's 10157/87 e 13896/97), em função da proximidade com várias drenagens, não houve amostragem de solo para ensaios granulométricos em laboratório. No entanto, deve-se ressaltar que a avaliação foi muito restrita, em apenas uma parte de um terreno de 25 ha. É possível que nesse terreno após uma avaliação mais extensa e detalhada, se encontre uma porção com características técnicas adequadas para implantação de aterro sanitário.



Foto 7.2.3.3 – Sondagem a trado em área proposta para a construção do aterro sanitário de Benjamin Constant

Pelos dados obtidos em campo e em laboratório, pode-se concluir que, embora o tipo de solo predominantemente argiloso do atual DRS de Benjamin Constant dificulte a infiltração dos resíduos líquidos (chorume) e, conseqüentemente, a contaminação do lençol freático, a presença de amônio (NH_4^+) na amostra de água subterrânea, coletada após a sondagem executada, indica contaminação por resíduos oriundos desse DRS. Outros fatores técnicos relevantes também não estão de acordo com as normas que estabelecem critérios para projeto, construção e operação de aterros de resíduos perigosos e não-perigosos (ABNT NBR's 10157/87 e 13896/97), como proximidade de cursos d'água e declividade, que fazem com que sejam drenados para os igarapés os resíduos líquidos originados desta atividade. Portanto, o aterro semi-controlado de Benjamin Constant representa risco à saúde da população e ao meio ambiente, devendo ser desativado o mais breve possível.

Já a área indicada para implantação do aterro sanitário municipal, embora parcialmente não atenda às exigências mínimas estabelecidas pelas normas legais, ainda requer estudos mais detalhados antes de ser totalmente descartada.

A partir dos dados observados, coletados e analisados neste estudo podem ser feitas as seguintes recomendações:

- Instalação de cerca e sinalização na área do DRS para restringir o acesso de pessoas e animais.

- Construção de quatro poços de monitoramento, ortogonais entre si e com pelo menos 15m de profundidade, no entorno do DRS, para um melhor diagnóstico e constante monitoramento da qualidade das águas subterrâneas.
- Estudos mais abrangentes na área indicada para implantação do aterro municipal, e, caso o local não se mostre propício para esse tipo de atividade, estudos para seleção de uma nova área que atenda às exigências estabelecidas pelas normas que regem a construção e operação de aterros sanitários.
- Estudos de viabilidade técnica-financeira para construção, em consórcio com o município de Atalaia do Norte, de um aterro sanitário único para uso comum, com vida útil mínima de 15 anos.
- Desativação do atual DRS o mais breve possível.

7.2.4 Áreas de Risco

Na cidade de Benjamin Constant, situada na margem direita do rio Javari, muito próximo de sua foz no rio Solimões, os fatores de risco geológico estão associados principalmente à sazonalidade do nível das águas do rio Javari (represado pelo Solimões) e, localmente, à declividade de taludes fluviais (barrancos), de maneira que os riscos mapeados foram: alagamento e escorregamento. O substrato geológico na área urbana é representado pelos argilitos e siltitos da Formação Solimões, com espessura aflorante de até 10m no período final das vazantes dos rios Javari e Solimões.

Seguindo as indicações de áreas de risco geológico na zona urbana, com orientação da Defesa Civil Municipal, a equipe da CPRM realizou visita técnica em três locais, dois suscetíveis à inundação e um suscetível a escorregamentos, os quais estão descritos a seguir e podem ser visualizados no **Anexo VI**.

- Área de risco de escorregamentos

- **Final da rua B**

No final desta rua, no bairro Agropalma, no entorno da coordenada geográfica S 04°22'32,0" e W 70°00'52,9", foi observada uma ruptura escalar, "tipo escada", provocada por desmoronamento de parte do barranco fluvial adjacente, que é íngreme e tem cerca de 6m de altura no período da vazante (**Foto 7.2.4.1**). Como o processo erosivo ainda está ativo, duas casas situadas no final da rua B, uma de cada lado, podem ser afetadas pela evolução dessa ruptura, sendo a área considerada como de risco médio de escorregamento. Para minimizar o risco, ou mesmo evitá-lo, faz-se necessária a realização de obras de contenção, como muros de arrimo.

- Áreas de risco de alagamentos

Durante a etapa complementar de campo deste estudo, realizada em abril de 2009, para coleta de novas amostras de águas de abastecimento em Benjamin Constant, a cidade se encontrava sob estado de emergência devido ao alto nível das águas dos rios Javari e Solimões, com centenas de famílias afetadas pela cheia excepcional desse ano. Nessa ocasião, com auxílio de mapas elaborados pela Defesa Civil, foram visitados os bairros mais impactados pelas enchentes, conforme descrito abaixo.

- **Bairros Javarizinho, Umarizal e Centro**

Numa área rebaixada, com mais de 1 km de extensão e largura média de 150m, ao longo da margem do rio Javari, a montante do Porto da cidade, abrangendo os bairros Javarizinho, Umarizal e parte do Centro, centenas de moradias (barracos de madeira) encontravam-se parcialmente alagadas ou sob risco de alagamento no final do mês de abril de 2009, comprovando a vulnerabilidade da área às inundações periódicas do rio Javari. De acordo com dados da Defesa Civil Municipal, o maior número de pessoas afetadas pela enchente estava no bairro Javarizinho, onde foram cadastradas 460 famílias em áreas de risco (**Foto 7.2.4.2**), seguido pelo Centro, com 250 famílias cadastradas (**Foto 7.2.4.3**), e pelo bairro Umarizal, com 65 famílias. O nível das águas fluviais ainda subiria por alguns dias, o que tornaria a situação ainda mais crítica, sendo, provavelmente, necessária a remoção de parte dos moradores. Segundo informações da Defesa Civil, a área sujeita a enchentes nessa parte da cidade se estende, em sentido ortogonal à margem do rio Javari, até a Avenida 21 de Abril, que foi demarcada como o limite sul da área de risco. (**Anexo VI**).

- **Bairro Coimbra**

Parte deste bairro, apesar de afastada mais de 400m da margem do rio Javari, também se encontra em área de risco de alagamento, representada por uma região rebaixada, ao longo do beco Portugal, onde existe um grande número de moradores instalados em barracos de madeira (**Foto 7.2.4.4**). Por ocasião da visita da equipe técnica da CPRM, muitos desses barracos estavam alagados ou em vias de alagação. No local, a Defesa Civil já havia cadastrado 90 famílias afetadas pelas cheias.



Foto 7.2.4.1 – Vista frontal de ruptura escalar de solo ocorrida no final da rua B, no bairro Agropalma, colocando em risco duas moradias adjacentes.



Foto 7.2.4.2 – Área alagada no beco Macaxeiral, no bairro Javarizinho, o mais afetado pela cheia do rio Javari no ano de 2009.



Foto 7.2.4.3 – Moradias em área de risco de alagamento no beco Renovação, no centro de Benjamin Constant.



Foto 7.2.4.4 – Vista de área alagada no final do beco Portugal, no bairro Coimbra.

Pelo exposto, o principal fator de risco geológico na cidade de Benjamin Constant é o de alagamento, que invariavelmente ocorre todos os anos, porém que em 2009 foi excepcional, provocado pela maior cheia já registrada na região. Embora a população já esteja habituada e até mesmo adaptada à recorrência do fenômeno, quando sua magnitude supera a expectativa (intuitiva) dos ribeirinhos, a situação deixa de ser de risco e passa a ser de emergência, como foi observado. Para que as inúmeras famílias que vivem nas áreas de risco não sofram mais com os alagamentos periódicos, a única solução viável é que elas sejam realocadas em partes mais elevadas da cidade e que a ocupação das áreas de risco, representadas pela planície fluvial do rio Javari, seja coibida. Para isso, o poder público deve buscar recursos financeiros para a implantação de conjuntos habitacionais voltados para famílias de baixa renda, a exemplo do programa PROSAMIN na cidade de Manaus.

7.2.5 Insumos minerais para construção civil

A cidade de Benjamin Constant possui apenas duas olarias em atividade, que trabalham exclusivamente na produção de tijolos de oito furos e, juntas, produzem em média 330 mil tijolos/mês (**Anexo VII**). A areia, embora seja extraída do rio Javari, que margeia a cidade, é explorada por duas empresas que têm sede em Tabatinga. Somando o volume produzido por essas empresas, a produção média mensal de areia é de 4.600 m³, o suficiente para abastecer os mercados de Benjamin Constant, Tabatinga e Atalaia do Norte. Os seixos, assim como em toda região do alto Solimões, são importados de empresas que os extraem do rio Japurá. Nos trabalhos de campo também foi observada uma jazida de saibro, explorada de forma não comercial pela administração municipal.

Olaria Lima

Localizada no bairro Colônia, a Olaria Lima está em funcionamento há mais de 10 anos (**Foto 7.2.5.1**). A olaria não possui jazida própria e a argila utilizada como matéria-prima é extraída de terrenos espalhados pela cidade que estão sendo preparados para obras civis. Como fonte energética para o cozimento dos tijolos é utilizada apenas lenha.



Foto 7.2.5.1 – Vista do galpão da olaria Lima, no bairro Colônia.

A produção média é de apenas 30 mil tijolos/mês, destinada totalmente para o consumo local. Na ocasião dos trabalhos de campo, a argila estava sendo extraída de um terreno com cerca de 1,0 hectare, localizado a 400 m da olaria, na coordenada S 04°23'22,9" e W 70°01'41,5" (fundos da garage da Secretaria de Obras – **Foto 7.2.5.2**). Neste local, a argila é bastante plástica, possui cor branca com traços avermelhados e, tatilmente, tem médio a alto teor de quartzo. Por não se ter uma fonte específica de extração de matéria-prima para a olaria Lima, não foi coletada amostra da argila para os ensaios cerâmicos preliminares.



Foto 7.2.5.2 – Terreno de onde estava sendo extraída a argila utilizada na olaria Lima.

Olaria João de Barro

Localizada no km 01 da rodovia AM-116, a Olaria João de Barro entrou em operação no início do ano de 2008 (**Foto 7.2.5.3**). Sua produção mensal média é de 300 mil tijolos, sendo parte exportada para Tabatinga e Atalaia do Norte. A argila é extraída de uma jazida, com extensão aproximada de 4,5 ha, situada a 150 m do galpão, no próprio terreno da olaria, na coordenada S 04°24'14,2" e W 70°02'03,8". Como fonte energética para o cozimento dos tijolos, é utilizada apenas lenha.

A jazida apresenta dois níveis distintos: o inferior, onde a argila é branca com traços avermelhados (horizonte A), e o superior, onde a argila é mais avermelhada (horizonte B) (**Foto 7.2.5.4**). Ambas são bastante plástica e, tatilmente, possuem baixo teor de quartzo. Para caracterizar melhor o material, foi coletada uma amostra de cada horizonte argiloso (BEN-05 A e B) para ensaios cerâmicos preliminares, os quais revelaram que, embora as argilas tenham características levemente distintas, ambas têm uso recomendado para confecção de cerâmica vermelha ou argila refratária (**Anexo V**).



Foto 7.2.5.3 – Vista do galpão da Olaria João de Barro, localizada no km 1 da rodovia AM-116



Foto 7.2.5.4 – Argila utilizada como matéria-prima na confecção dos tijolos produzidos pela Olaria João de Barro (Horizonte A)

C.M. da Graça (Casa Gregório)

Com sede situada na cidade de Tabatinga, esta empresa extrai areia do leito do rio Javari, no município de Benjamin Constant, há cerca de sete anos. Com auxílio de dragas flutuantes, produz em média 10 balsas/mês de areia durante o verão e 20 balsas/mês durante o inverno, o que em volume representa 2.000 m³ e 4.000 m³/mês respectivamente. **(Foto 7.2.5.5)**. Foi feita uma visita ao local onde ocorria a extração, na coordenada S 04°17'11,8" e W 70°04'32,5". A área explorada possui cerca de 250 m² e se situa próximo ao território peruano, a 20 km da foz do rio Javari.

A areia é clara, bem selecionada, e tem granulometria média a grossa. Para caracterizar melhor esse material, foi coletada uma amostra (TAB-19) e enviada para análise granulométrica no laboratório da EMBRAPA em Manaus. Segundo o resultado da análise, o material extraído é classificado como areia grossa, composto 98,5% por areia e 1,5% por argila e silte (**Anexo IX**).



Foto 7.2.5.5 – Draga utilizada para extração de areia no rio Javari, em Benjamin Constant

Empresa de Navegação J G Ltda

Também com sede em Tabatinga, no momento da visita não havia nenhum funcionário no escritório que pudesse dar informações precisas sobre sua jazida de areia. No entanto, foi possível apurar que esta empresa também extrai areia no rio Javari, por meio de dragas flutuantes, e produz em média 1.600 m³/mês.

Saibreira

Próximo ao terreno do DRS de Benjamin Constant, na coordenada S 04°22'59,3" e W 70°01'16,7", há uma jazida de saibro que é explorada pela administração municipal como material para a realização de aterros em obras civis (**Foto 7.2.5.6**). Trata-se de uma lente composta de areia muito fina e argila amarelada, em meio aos argilitos da Formação Solimões, com aproximadamente 35 m de largura por 6 m de espessura.



Foto 7.2.5.6 – Jazida de saibro situada nas proximidades do DRS de Benjamin Constant.

7.3 Tabatinga

7.3.1 Aspectos gerais do município

Criado em 10/12/1981, por meio de emenda à Constituição Estadual, Tabatinga faz fronteira com os municípios de Santo Antonio do Içá, São Paulo de Olivença, Benjamin Constant e as Repúblicas da Colômbia e do Peru. Sua sede está situada na margem esquerda do rio Solimões a cerca de 1.110 km em linha reta da cidade de Manaus (**Anexo I**). É um dos menores municípios do Estado e o menor da região do Alto Solimões, com uma área de 3.225 km², ocupada por apenas 1,41% da população estadual. Sua economia equivale a 0,37% do PIB amazonense em 2006.

7.3.2 Avaliação das águas de abastecimento público

A maior parte da área urbana de Tabatinga está assentada sobre depósitos de terraços fluviais, representados principalmente por argilas, areias e cascalhos associados à dinâmica fluvial do período quaternário. Estes depósitos, com 20 a 25m de espessura, estão posicionados diretamente sobre sedimentos da Formação Solimões, de caráter essencialmente argiloso a siltico-argiloso, inadequados para a perfuração de poços tubulares quando se visa à produção de água para abastecimento público. Deste modo, o fornecimento público de água na sede municipal é feito a partir de captação superficial, no rio Solimões, e está sob responsabilidade da COSAMA – Companhia de Saneamento do Amazonas, órgão estadual chefiado, na época dos trabalhos de campo, pelo Sr. Dagomar Muller, que cedeu um

funcionário para acompanhar a equipe técnica da CPRM na coleta das informações necessárias para a realização deste diagnóstico.

A captação de água bruta da COSAMA é feita em balsa instalada na margem esquerda do rio Solimões, na extremidade sul da cidade, a 1,5 km do limite norte da Terra Indígena Umariáçu, no ponto de coordenadas geográficas $04^{\circ}14'15,0''$ S e $69^{\circ}56'44,5''$ W. No local, as águas do Solimões já receberam todo o esgoto lançado pelas cidades de Tabatinga e Letícia (Colômbia). Desse ponto de captação a água é bombeada para a Estação de Tratamento de Águas – ETA, situada a cerca de 80 m em linha reta, na coordenada geográfica $04^{\circ}14'15,5''$ S e $69^{\circ}56'40,9''$ W (**Anexo X e Figura 7.3.2.1**).



Figura 7.3.2.1 – Imagem de satélite (Google Earth) com a localização da ETA da COSAMA e da balsa de captação de água do rio Solimões, em Tabatinga.

Na ETA, o processo de tratamento da água, para torná-la própria ao consumo humano, é o mesmo realizado em Benjamin Constant, ou seja:

- adição de sulfato de alumínio na água bruta, o que provoca a coagulação dos sólidos em suspensão (matéria orgânica e argilas);
- passagem para as células de floculação e decantação, onde se sedimenta a maior parte dos sólidos floculados (**Figura 7.3.2.2**);
- condução da água para um sistema de filtros de areia, o qual retém o restante do material em suspensão ainda presente;
- envio da água, já clarificada, para uma cisterna de concreto onde é feita a cloração;
- bombeamento para dois reservatórios elevados de alvenaria, um deles, ao lado da ETA, com capacidade de 210 m^3 (**Figura 7.3.2.2**) e outro, com 200 m^3 , situado no escritório da COSAMA;

- distribuição da água à população, com bombeamento de 22 horas/dia.



Figura 7.3.2.2 – À esquerda, entrada de água bruta na ETA da COSAMA, momento em que ocorre a adição da solução de sulfato de alumínio; à direita, as células do sistema de decantação.

Segundo os dados censitários, a população urbana de Tabatinga em 2000 era de 26.637 habitantes (IBGE, 2000). Em 2007, essa população passou para 30.998 habitantes (IBGE, 2007), o que representa um crescimento anual de 2,19%, taxa que permite estimar para o ano de 2009 um contingente aproximado de 32.370 pessoas na zona urbana (vide item 6.2). Os dados de 2007 indicam ainda uma média de 5,25 moradores por domicílio urbano.

A COSAMA registra 2.340 ligações ativas (pontos de água) cadastradas no sistema e 2.690 ligações inativas. Com a média de 5,25 hab/domicílio pode-se estimar uma população de 26.200 pessoas atendidas pela rede do sistema público de água (82% da população urbana), porém, considerando somente as 2.340 ligações ativas, estima-se que apenas 12.200 pessoas são efetivamente atendidas pela água distribuída pela COSAMA em 2009 (38% da população).

A cobrança de taxas fixas mensais praticada pela COSAMA é feita com base na quantidade média de água consumida pelas residências, que são divididas de acordo com o material de sua construção: casas de madeira (10m^3 de água) e casas de alvenaria (15m^3 de água), enquanto para os maiores consumidores (empresas e escolas), um técnico da empresa é enviado ao local para estimar o consumo mensal e estabelecer a taxa, que é variável. A cobrança de taxa, independentemente do consumo real das residências, normalmente gera uma cultura de desperdício, onde os consumidores muitas vezes adotam hábitos inadequados, com gastos em excesso, além dos limites da capacidade do sistema de abastecimento.

Boa parte dos moradores de Tabatinga recorre a poços tubulares, que exploram águas de aquíferos rasos, situados em níveis arenosos e de cascalhos dos terraços fluviais. Estes poços são de pequena profundidade (máximo 25m) e apresentam baixas vazões, suficientes, porém, para atender plenamente as necessidades de uma família. Segundo dados

disponibilizados pelo SIAB – Sistema de Informação de Atenção Básica, e fornecidos pelo DATASUS/Ministério da Saúde, em fevereiro de 2009 havia 2.761 famílias residentes na zona urbana de Tabatinga utilizando águas de poços ou nascentes e 220 famílias utilizando outras formas de abastecimento.

O grande número de famílias que faz uso de águas de poços ou nascentes e o alto número de ligações inativas do sistema de abastecimento da COSAMA pode ser explicado, entre outras causas, pela baixa qualidade de água que era distribuída à população antes de 2002, quando a água bruta do rio Solimões era bombeada e distribuída apenas com a adição de cloro, sem qualquer outro tipo de tratamento. Em 2002 foi instalada a atual ETA, que realiza um tratamento eficiente da água distribuída aos usuários, mas o hábito do consumo de água de poço permanece arraigado na população.

A ETA de Tabatinga tem capacidade para o tratamento de 540 m³/hora de água bruta e opera 22 horas/dia; produz, portanto, um total de 11.880 m³/dia de água tratada. Considerando a necessidade média mundial de 200 litros de água por habitante por dia, verifica-se que em 2009 seriam necessários 6.474 m³ de água por dia para atender à demanda urbana de 32.370 pessoas. A capacidade do sistema da COSAMA é quase o dobro do necessário para atender toda essa população. Assim, de acordo com os dados apresentados, o desperdício de água pelos consumidores e as perdas com vazamentos e ligações clandestinas são alarmantes.

Não há controle periódico da qualidade físico-química das águas produzidas pela ETA de Tabatinga, ou seja, não são realizadas todas as análises necessárias para atestar sua potabilidade. Assim, com objetivo de verificar a eficiência do tratamento realizado na ETA e a potabilidade das águas, neste estudo foram coletadas amostras para análises laboratoriais múltiplas, teste de coliformes totais e determinações *in situ* dos valores de pH e condutividade elétrica (CE), em três pontos do sistema: no local de captação no rio Solimões (água bruta), na saída da ETA (água já com tratamento completo) e em uma residência situada em ponta de rede, próxima ao mercado do Porto (**Anexo X e Figura 7.3.2.3**). Os resultados das análises *in situ* e de laboratório estão expressos na **Tabela 7.3.2.1**, que também contém, para comparação, os valores legais de referência para águas brutas (Resolução CONAMA 357/2005, águas classe 2) e águas de consumo humano (Portaria MS 518/2004).



Figura 7.3.2.3 – À esquerda, medição da condutividade elétrica de amostra coletada na saída da ETA; à direita, local em que foi coletada a amostra de ponta da rede de distribuição, próximo ao Mercado do Porto.

Os resultados das análises laboratoriais indicam que nem as águas brutas nem as tratadas apresentaram qualquer parâmetro físico-químico em desacordo com os valores legais de referência, ou seja, todos os parâmetros analisados apresentaram valores dentro dos limites estabelecidos pela legislação (**Tabela 7.3.2.1**). Quanto aos testes de coliformes, realizados *in situ*, constatou-se que a cloração promovida na ETA elimina essas bactérias, que foram detectadas na água bruta do rio Solimões; porém, foi observada a contaminação por coliformes na amostra de ponta de rede, causada possivelmente por vazamentos na rede de distribuição de água (**Tabela 7.3.2.1**).

A rede de abastecimento da COSAMA não atinge as moradias instaladas na Terra Indígena Umariçu - que é dividida em dois setores, denominados I e II -, ainda considerada como zona urbana de Tabatinga (**Anexo X**). Assim, os indígenas dessa comunidade se abastecem de águas subterrâneas proveniente de poços tubulares perfurados pela FUNASA – Fundação Nacional de Saúde desde a década de 1990. A equipe da CPRM visitou os oito poços dessa comunidade, cujas profundidades variam de 18 a 30 metros, com apoio do técnico da FUNASA Francisco Moura (**Figura 7.3.2.4**). Além disso, na zona urbana foram visitados mais seis poços tubulares: o da sede da FUNASA, o do Posto de Saúde de Nova Esperança, o da Casa de Saúde do Índio, o da Secretaria de Limpeza Pública e Urbanismo e os dois poços do Hotel Tarumã. De cada poço visitado foram obtidas as coordenadas geográficas e avaliado o entorno, o que permitiu a elaboração do **Anexo X** e da **Tabela 7.3.2.2**, onde constam as características e os valores de pH e condutividade elétrica (CE) de suas águas medidos *in situ*. Infelizmente não foi possível a obtenção da documentação técnica relativa a esses poços, como perfis construtivos e perfis geológicos; assim, os dados de profundidade, vazão e ano de perfuração foram fornecidos pelos responsáveis pela operação dos poços.



Figura 7.3.2.4 – À esquerda, poço PT-2 da Terra indígena Umariçu I; à direita, poço PT-2 da Terra Indígena Umariçu II, com água jorrando para amostragem.

Os poços da cidade de Tabatinga, incluindo os da Terra Indígena Umariçu, são rasos, exploram as águas contidas nas camadas arenosas dos terraços fluviais, o que os torna muito vulneráveis à contaminações; não podem ser mais profundos pois atingiriam camadas argilosas e níveis de linhito da Formação Solimões, sem características de aquífero. Ademais, tais poços não foram construídos de acordo com as normas técnicas recomendadas pela ABNT; não possuem proteções sanitárias adequadas, sendo facilmente contaminados por fossas de residências e outras fontes contaminantes próximas, como depósitos de lixo e presença de animais.

Em função dos valores de pH e CE, medidos *in situ*, e das observações de campo, com objetivo de se detectar eventuais contaminações, foram coletadas amostras de água em três, dos 14 poços visitados na zona urbana de Tabatinga, para envio aos laboratórios do INPA e LAMIN, onde se processaram as análises físico-químicas. Além disso, desses 14 poços, oito foram amostrados para testes de coliformes totais, realizados na própria etapa de campo (**Tabela 7.3.2.2**). Os resultados obtidos estão expostos na **Tabela 7.3.2.3**, que também contém, para comparação, os valores máximos permitidos (VMP) para cada parâmetro de acordo com a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, que estabelece os padrões de potabilidade de água para consumo humano.

Os resultados das análises laboratoriais indicam que os três poços amostrados (PT-2 de Umariçu I, PT-2 de Umariçu II e o da sede da FUNASA) apresentam águas de boa qualidade físico-química, com todos os parâmetros em acordo com os valores de referência da Portaria MS 518/2004. A ausência de coliformes nesses três poços também permite afirmar que suas águas são de boa qualidade microbiológica e podem ser consumidas à vontade (**Tabela 7.3.2.3**). Porém, dos cinco poços amostrados somente para testes de coliformes, em três deles foi detectada presença dessas bactérias: o poço PT-1 de Umariçu I, o do Posto de

Saúde de Nova Esperança e o da Escola Indígena O'i Tchürüne apresentaram águas contaminadas por coliforme, provavelmente pelo contato com efluentes orgânicos provenientes de fossas e vala de águas servidas existentes nas proximidades. De qualquer forma, esse tipo de contaminação pode ser eliminado com uma medida simples: adição de hipoclorito de sódio, fornecido pela FUNASA, na água a ser consumida.

Na zona rural de Tabatinga foi avaliado o sistema de abastecimento de água para consumo humano em duas comunidades indígenas importantes: Belém do Solimões, situada na margem esquerda do rio Solimões a cerca de 50km, em linha reta, da sede municipal, e Palmares, cerca de 6km a jusante de Belém, também na margem esquerda do rio Solimões, ao lado de Posto da Polícia Federal denominado Base Anzol (**Anexo I**). Deve-se ressaltar que o acesso a Belém e Palmares só é possível por via fluvial e, devido às curvas do rio Solimões, a distância de Tabatinga para essas duas comunidades, ao longo do rio, é de mais de 100 km.

Na comunidade de Belém do Solimões, habitada por mais de 5.000 indígenas da etnia Tikuna (comunidade indígena mais populosa do Estado do Amazonas), havia um sistema de abastecimento de água constituído por um poço tubular, com 46m de profundidade, um reservatório metálico, rede de distribuição e ligações domiciliares. Porém, o poço foi desativado por apresentar baixa vazão e produzir águas com odor e gosto acentuado de ferro. Atualmente, o abastecimento de água na comunidade é feito a partir de captação superficial no rio Solimões. Da balsa de captação, a água bruta é conduzida para uma ETA simplificada, onde é feito o tratamento com adição de sulfato de alumínio, filtração e cloração (**Figura 7.3.2.5**). Na época dos trabalhos de campo, todavia, a ETA não dispunha nem de sulfato de alumínio nem de cloro, insumos básicos fornecidos pela FUNASA. Desse modo, a ETA operava de forma precária, apenas filtrando as águas do rio Solimões antes de sua distribuição para os comunitários; tal procedimento, tendo em vista a grande quantidade de material em suspensão nas águas brutas, rapidamente acarretava o entupimento dos filtros, que necessitavam ser limpos três vezes ao dia, causando a interrupção das operações da ETA. Tal situação é muito preocupante em termos de saúde pública, ainda mais quando se leva em conta que a população de Belém do Solimões é maior até do que algumas cidades da área em estudo, como Uarini e Amaturá. Não foi feita amostragem das águas “tratadas” pois, no momento da visita da equipe técnica, a ETA estava com suas operações paralisadas para mais uma lavagem dos filtros do sistema.

Na comunidade Palmares, onde vivem cerca de 300 indígenas da etnia Tikuna, há dois poços tubulares rasos, cujas características se encontram na **Tabela 7.3.2.2**. Quando se considera a necessidade média mundial de 200 litros de água por habitante por dia, verifica-se que seriam necessários 60m³/dia para atender à demanda dos comunitários de Palmares. O poço mais profundo, com 25 m, pertence à Polícia Federal e é dele que os indígenas se abastecem para suas necessidades de água do dia-a-dia, inclusive para o consumo primário.

No mesmo foi coletada uma amostra para teste de coliformes, que indicou ausência dessas bactérias. Porém, tal poço possui baixa vazão, de apenas $1,5\text{m}^3/\text{h}$, insuficiente para atender às necessidades mínimas de água da comunidade: mesmo se operar vinte horas/dia ele é capaz de produzir apenas 30 m^3 diários, não mais do que 50% da demanda citada. Desse modo, faz-se necessária a instalação de uma bomba mais potente nesse poço, caso ele tenha capacidade de suporte, ou a perfuração de um novo. O outro poço de Palmares tem 18m de profundidade e vazão maior ($4\text{ m}^3/\text{h}$), mas suas águas são utilizadas somente para fins secundários, como limpeza das residências, descarga de sanitários e irrigação, já que os comunitários relatam que elas não se prestam para consumo direto, devido a acentuado gosto de ferro. De fato, amostra coletada nesse poço revelou, além da presença de coliformes e de elevada cor e turbidez, concentrações de ferro (Fe) e manganês (Mn) muito acima do valor máximo permitido para águas potáveis (**Tabela 7.3.2.3**). O excesso de cor e turbidez estão ligados a falhas na construção do poço; já a contaminação por Fe e Mn deve ter origem natural, associado a níveis enriquecidos nesses metais nos sedimentos que constituem o aquífero raso na região. Portanto, as águas desse poço realmente não devem ser consumidas, sob pena de causarem sérios riscos à saúde.



Figura 7.3.2.5 – À esquerda, estruturas da ETA simplificada da comunidade de Belém de Solimões; à direita, balsa de captação de água do rio Solimões, ao lado da comunidade.

Com base nas análises químicas realizadas nas cinco amostras de água coletadas na cidade de Tabatinga foi elaborado o gráfico que exprime a classificação dessas águas com base nos principais íons presentes (diagrama de Piper), o qual é apresentado na **Figura 7.3.2.6**. Como se observa, a água tratada pela ETA mostra um comportamento similar ao da água bruta: ambas são classificadas como bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas, o que evidencia que o tratamento efetuado quase não interfere com as características químicas dessas águas. Já as águas subterrâneas não contaminadas, caracterizadas pelas amostras coletadas em dois poços da Terra Indígena Umariçu e no poço da sede da FUNASA, são do tipo bicarbonatadas sódicas (**Figura 7.3.2.6**).

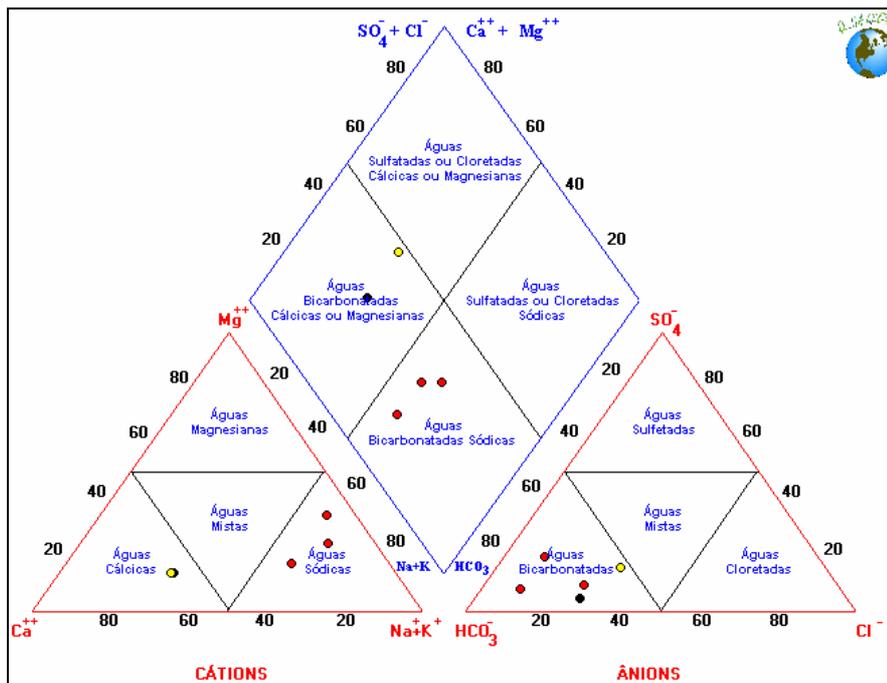


Figura 7.3.2.6 – Diagrama de Piper para as águas analisadas na cidade de Tabatinga (em cor preta, água bruta do rio Solimões; em amarelo: águas tratadas (saída da ETA); em vermelho: águas de poços tubulares da zona urbana).

Com base nas observações de campo e nos resultados das análises físico-químicas e microbiológicas são feitas as seguintes recomendações no que diz respeito à questão do abastecimento público de água em Tabatinga:

- a ETA de Tabatinga, administrada pela COSAMA, tem capacidade operacional para produzir águas tratadas de boa qualidade (comprovada neste estudo) em volume suficiente para atender, pelos próximos anos, toda demanda da cidade, porém sua rede de distribuição não atinge todas as moradias do perímetro urbano. Assim, os gestores públicos devem buscar recursos financeiros para a ampliação dessa rede de água tratada, estendendo-a até os bairros mais distantes e, se possível, até a Terra Indígena Umariçu;
- enquanto isso não ocorre, nos locais onde os moradores fazem uso de poços tubulares, para garantir a ausência de coliformes (qualidade microbiológica) nas águas de consumo humano faz-se necessária a implantação do processo de cloração, seja por meio de sistema de pastilhas de cloro nos próprios poços, ou por casas de cloração, que promovem a adição do cloro nas águas provenientes de reservatórios elevados;
- execução de perfilagens geofísica e ótica em todos os poços públicos. Esse procedimento permitirá conhecer os perfis construtivos (posição das seções filtrantes e dos revestimentos) e geológicos (posição das camadas argilosas e arenosas) dos poços, de modo que se possam propor soluções, com maior rigor técnico, para problemas que surgirem no futuro;

- instalação de registros com contadores (hidrômetros) em todos os pontos de ligações de água atendidas pelas redes da COSAMA, de modo que o usuário pague efetivamente pelo seu consumo, desestimulando, assim, os desperdícios;
- tendo em vista o grande número de moradores da Comunidade Belém do Solimões é urgente a revitalização da ETA existente naquele local, que, na época da visita da equipe da CPRM, funcionava de forma muito precária, com falta até dos insumos básicos para sua operação; sulfato de alumínio e cloro;
- instalação de uma bomba mais potente no poço da Comunidade Palmares ou, caso esse poço não tenha capacidade para aumentar sua produção de água, perfuração de um novo poço, em terreno isolado e de acordo com as normas técnicas recomendadas (**Anexo XXX**), para atender, de forma plena, as necessidades dos comunitários;
- a COSAMA deve providenciar, por meio de convênios com laboratórios públicos, análises físico-químicas e microbiológicas periódicas das águas brutas e das águas tratadas, com vistas a monitorar continuamente sua qualidade e cumprir a legislação pertinente. Medida semelhante deve ser adotada pela FUNASA com relação às águas produzidas pelos poços existentes na Terra Indígena Umariáçu.

Tabela 7.3.2.1 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas nas águas de abastecimento público coletadas na cidade de Tabatinga

Tipo	pH	C E	Turbidez FTU	Cor (mgPt/L)	Alcalin.	DQO	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na
Águas brutas (rio Solimões)	7,4	206	51,5	37,40	74,4	19,3	0,21	0,15	16,8	2,4	13,66
Águas tratadas (saída da ETA)	6,8	214	1,8	3,74	48,8	6,0	0,25	< LD	17,1	10,5	14,07
Água de ponta de rede de distribuição	6,9	221	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Valores de Referência

CONAMA 357/2005 (águas Classe 2)	6,0 - 9,0	-	< 100,0	< 75,0	-	-	< 10,0	< 3,7	< 250,0	< 250,0	-
Portaria MS 518/2004	6,0 - 9,5	-	< 5,0	< 15,0	-	-	< 10,0	< 1,5	< 250,0	< 250,0	< 200,0

Tipo	K	Ca	Mg	Dureza (mgCaCO ₃ /L)	Fe	Si	Al	Mn	Ba	Li	Colif. Totais
Águas brutas (rio Solimões)	1,52	25,16	3,29	85,0	0,09	7,5	< LD	17	47	2	Presença
Águas tratadas (saída da ETA)	1,51	26,48	3,37	85,9	0,01	6,7	0,08	19	48	1	Ausência
Água de ponta de rede de distribuição	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Presença

Valores de Referência

CONAMA 357/2005 (águas Classe 2)	-	-	-	-	< 0,3	-	< 0,1	< 100	< 700	< 2500	-
Portaria MS 518/2004	-	-	-	< 500,0	< 0,3	-	< 0,2	< 100	< 700	-	Ausência

LD - Limite de Detecção; NA - Não Analisado; C.E - Condutividade Elétrica (µS/cm); DQO - Demanda Química de Oxigênio; Alcalinidade em mg HCO₃/L; Mn, Ba e Li em µg/L, os demais em mg/L. Também foram analisados As, B, Be, Cd, Co, Cu, Cr, Mo, Ni, Pb, Se, Sn, Ti, Zn e V, porém todos os valores encontrados para esses elementos estão abaixo de seus LDs.

Tabela 7.3.2.2 - Relação e características dos poços tubulares visitados no município de Tabatinga com os valores de pH e condutividade elétrica medidos *in situ*

Poço	Local	Situação	Ano de Perfur.	Prof (m)	Vazão (m ³ /h)	Uso	Fontes contaminantes	Amostra	pH	CE (µS/cm)
PT 1 - Umariçu I	R. Cristo Salvador Terra Indígena Umariçu I	Ativo.	2006	18	16,7	Primário e secundário	Fossas a 30m.	coli	4,9	23,0
PT 2 - Umariçu I	R. Cristo Salvador Terra Indígena Umariçu I	Não instalado	2006	30	14,0	Primário e secundário	Não.	FQ + coli	5,2	22,6
PT 1 - Umariçu II	R. São José com r. Tarumã Terra Indígena Umariçu II	Paralisado	2000	24	18,0	Primário e secundário	Fossa a 30m.	-	-	-
PT 2 - Umariçu II	R. Sta Cruz com r. Vera Cruz Terra Indígena Umariçu II	Ativo.	1998	24		Primário e secundário	Fossa a 20m.	FQ + coli	5,6	63,0
PT 3 - Umariçu II	R. São José com r. Tarumã Terra Indígena Umariçu II	Ativo.	2000	30	20,0	Primário e secundário	Fossa a 40m.	coli	5,7	49,0
Comunitário - Umariçu I	R. Cristo Salvador Terra Indígena Umariçu I	Ativo.	2000	30	12,0	Primário e secundário	Fossa a 20m.	-	4,9	24,0
Posto de Saúde – Pólo de Umariçu II	Rua São Lázaro Terra Indígena Umariçu II	Ativo.	2007	18	?	Primário e secundário	Fossa a 15m.	coli	5,9	44,0
Escola Municipal Indígena O'i Tchurüne	Rua Cristo Salvador Terra Indígena Umariçu II	Ativo.	2004	30	?	Primário e secundário	Fossa a 20m.	coli	5,1	29,5
Sede da FUNASA	R. Marechal Rondon, br. Santa Rosa	Ativo.	1991	18	2,0	Primário e secundário	Não.	FQ + coli	5,5	47,0
Posto de Saúde Nova Esperança	Rua Aires da Cunha com r. Jerusalém, br. Nova Esperança.	Ativo.	2007	18	0,7	Secundário	Vale de água servida a 3m.	coli	5,8	61,0
Casa de Saúde do Índio	Rua Sargento Oscar, bairro Ibirapuera	Ativo.	1997	25	1,5	Secundário	Não.	-	5,9	73,6
Secretaria de Limpeza Pública e Urbanismo	Avenida da Amizade, Centro.	Ativo.	2006	18	?	Secundário	Fossa a 15m.	-	5,8	30,6
Poço 1 Hotel Tarumã	Rua da Pátria, Centro.	Ativo.	1996	22	?	Primário e secundário	Não.	-	5,8	20,8
Poço 2 Hotel Tarumã	Rua da Pátria, Centro.	Ativo.	2007	22	?	Primário e secundário	Não.	-	-	-
Poço 1 da Com. Indígena Palmares	Marg. esquerda do rio Solimões, 58 km a jusante da sede	Ativo.	1997	25	1,5	Primário e secund. de cerca de 300 habit.	Não.	coli	6,3	69,6
Poço 2 da Com. Indígena Palmares	Marg. esquerda do rio Solimões, 58 km a jusante da sede	Ativo.	2003	18	4,0	Secundário de cerca de 300 hab.	Não.	FQ + coli	6,3	120,3

CE – Condutividade Elétrica; FQ – amostra para análises físico-químicas; Coli – amostra para teste de coliformes totais.

Tabela 7.3.2.3 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas nas águas coletadas nos poços tubulares do município de Tabatinga

Poço amostrado	Coliformes Totais	Turbidez FTU	Cor (mgPt/L)	Alcalinidade (mgHCO ₃ ⁻ /L)	DQO (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ⁻ (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)
PT-1 – Umariáçu I	Presença	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PT-2 – Umariáçu I	Ausência	0,0	4,5	7,3	4,7	0,54	< LD	0,6	1,5	1,46	1,91	0,26	0,78
PT-2 – Umariáçu II	Ausência	0,0	8,2	24,4	6,0	1,62	0,10	1,6	1,5	7,25	2,88	3,36	1,27
PT-3 - Umariáçu II	Ausência	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Posto de Saúde Pólo de Umariáçu II	Ausência	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Sede da FUNASA	Ausência	0,0	0,8	16,5	6,6	1,13	0,10	3,7	1,6	6,29	2,07	1,19	1,44
Posto de Saúde Nova Esperança	Presença	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Escola Municipal Indígena O'i Tchürüne	Presença	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Poço 1 da Comun. indígena Palmares	Ausência	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Poço 2 da Comun. indígena Palmares	Presença	19,5	153,3	61,6	15,5	0,02	0,67	5,7	2,4	8,14	1,78	8,77	3,74

Valores de Referência

Portaria MS 518/2004	Ausência	5,0	< 15,0	-	-	< 10,0	< 1,5	< 250,0	< 250,0	< 200,0	-	-	-
----------------------	----------	-----	--------	---	---	--------	-------	---------	---------	---------	---	---	---

Poço amostrado	Fe (mg/L)	Al (mg/L)	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	Si (mg/L)	Ba (µg/L)	Co (µg/L)	Cr (µg/L)	Cu (µg/L)	Li (µg/L)	Mn (µg/L)	Sr (µg/L)	Zn (µg/L)
PT-2 – Umariáçu I	0,01	0,01	4,5	9,5	52	3	3	2	5	25	8	39
PT-2 – Umariáçu II	0,03	0,01	17,4	22,2	153	< LD	4	3	3	15	74	66
Sede da FUNASA	0,01	0,02	8,9	12,0	67	< LD	< LD	< LD	2	29	28	< LD
Poço 2 da Comun. indígena Palmares	6,28	< LD	40,9	35,3	121	< LD	< LD	< LD	5	177	168	< LD

Valores de Referência

Portaria MS 518/2004	< 0,30	< 0,20	< 500,0	-	< 700	< 5	< 50	< 2000	< 2500	< 100	-	< 5000
----------------------	--------	--------	---------	---	-------	-----	------	--------	--------	-------	---	--------

DQO - Demanda Química de Oxigênio; NA - Não Analisado; LD - Limite de Detecção.

Também foram analisados As, Be, B, Cd, Mo, Ni, Pb, Se, Sn, Ti e V, porém todos os valores encontrados para esses elementos estão abaixo de seus limites de detecção.

Obs.: Destacam-se em vermelho os valores em desacordo com a Portaria MS 518/2004.

7.3.3 Avaliação da disposição final dos resíduos sólidos

Na comunidade indígena Belém do Solimões não é feita coleta dos resíduos sólidos. O lixo de cada residência é de responsabilidade do próprio morador, cabendo a ele dar um destino final. Desta forma, geralmente o lixo é queimado e enterrado no próprio quintal, quando não é simplesmente jogado no rio Solimões ou em igarapés vizinhos à comunidade.

A cidade de Tabatinga dispõe de uma área plana, com extensão aproximada de nove hectares, circundada de vegetação tipo capoeira e situada na periferia da zona urbana, que há mais de 20 anos vem sendo utilizada como depósito de resíduos sólidos (DRS) municipal (**Foto 7.3.3.1**). O ponto central do terreno está na coordenada S 04°13'16,3" e W 69°55'06,7" (**Anexo XI**). O acesso ao local é feito pela estrada de terra Perimetral Norte 1, que no período chuvoso se torna precária, o que dificulta o trânsito dos caminhões que fazem o serviço de coleta e transporte dos resíduos sólidos.

O município não realiza a coleta seletiva e, embora o terreno do DRS possua cerca de proteção, a entrada é livre e a presença de catadores frequente, muitos deles colombianos e peruanos.



Foto 7.3.3.1 – Entrada do terreno onde se situa o DRS de Tabatinga

Segundo o titular da Secretaria Municipal de Obras na época dos trabalhos de campo, Sr. Claudino, o volume médio diário de lixo recolhido e depositado no DRS pelo serviço de limpeza pública é de cerca de 70 m³, incluindo os resíduos hospitalares incinerados. Aproximadamente a cada três meses todo material é recoberto com argila; por permanecer a maior parte do tempo com o lixo exposto, o local se caracteriza com uma lixeira a céu-aberto.

Em agosto de 2007, em atenção à solicitação da Prefeitura Municipal de Tabatinga, a CPRM – Serviço Geológico do Brasil realizou um estudo com objetivo de selecionar áreas para implantação de um futuro aterro sanitário. Como resultado deste estudo, foram pré-selecionadas três áreas, sendo uma delas indicada como mais adequada (CPRM, 2007a). Entretanto, o então secretário de obras não soube informar em que fase se encontrava o processo de seleção da área destinada à implantação do aterro sanitário.

Atualmente, o DRS de Tabatinga está localizado a menos de 4 km do aeroporto da cidade, menos de 1 km das residências mais próximas, e pouco mais de 100 m de um afluente do igarapé Tacana, que abastece algumas comunidades a jusante. Segundo relatos de moradores vizinhos, após as chuvas a água pluvial é drenada, juntamente com os resíduos líquidos da lixeira (chorume), para o leito desse curso d'água.

Com objetivo de determinar o nível d'água local e caracterizar a composição granulométrica do solo, fator que indica a facilidade de infiltração e percolação de fluidos em subsuperfície, foi realizada uma sondagem a trado (TBT-18 S1) na lateral oeste da lixeira, aproximadamente a 200m da entrada, na coordenada S 04°13'12,2" e W 69°55'09,4" (**Foto 7.3.3.2**).



Foto 7.3.3.2 - Argila arenosa avermelhada observada em sondagem realizada no terreno do DRS de Tabatinga

A partir desta sondagem foi possível caracterizar o solo, tátil e visualmente, como predominantemente argiloso até 4,7m de profundidade e arenoso daí até o final da perfuração, que atingiu 5,2m. O nível d'água foi encontrado em 3,7 m de profundidade (**Tabela 7.3.3.1**).

Tabela 7.3.3.1 – Perfil do solo atravessado pela sondagem TBT-18 S1 realizada no DRS de Tabatinga

0,0 m – 1,5 m	Argila avermelhada
1,5 m – 2,2 m	Argila arenosa amarelada
2,2 m – 3,0 m	Argila cinza clara
3,0 m – 3,6 m	Argila arenosa avermelhada
▶ 3,7 m	Nível d'água
3,6 m – 3,9 m	Argila arenosa roxa
3,9 m – 4,7 m	Argila vermelha e branca
4,7 m – 5,2 m	Areia argilosa amarelada

Após a conclusão da sondagem, foram coletadas duas amostras da água subterrânea para medições *in loco* da condutividade elétrica (CE) e do pH e envio para análises físico-químicas nos laboratórios do LAMIN e do INPA. Os resultados obtidos nas medições *in loco* foram CE 22 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e pH 4,2. Esses valores indicam que somente o pH está em desacordo com o valor de referência preconizado pela legislação pertinente (Portaria MS 518/2004); entretanto, esse parâmetro pode ser considerado normal para região, tendo em vista a composição do substrato geológico, e não como indicativo de contaminação antrópica. Todos os demais parâmetros físico-químicos analisados em laboratório apresentaram valores em acordo com os padrões de referências adotados, o que evidencia a ausência de contaminação química nas águas subterrâneas (**Anexo VIII – Tabelas 1 e 2**).

Por tudo exposto acima, pode-se concluir que, embora o tipo de solo essencialmente argiloso do DRS de Tabatinga dificulte a infiltração dos resíduos líquidos (chorume) e, conseqüentemente, a contaminação do lençol freático, fato este comprovado pela ausência de indicativos de contaminação nas águas, o escoamento superficial do chorume para o igarapé próximo, relatado por moradores, representa sério risco à saúde da população e ao meio ambiente. Além disso, o igarapé está situado a menos de 200m do DRS, distância mínima recomendada pela legislação vigente. Portanto, a lixeira de Tabatinga encontra-se em desacordo com as normas técnicas que estabelecem critérios para projeto, construção e operação de aterros de resíduos perigosos e não-perigosos (ABNT NBR's 10157/87 e 13896/97).

Além dos riscos ao meio ambiente e à população, a atual lixeira não atende à resolução referente à área de segurança aeroportuária (CONAMA 004/1995), que regulamenta a proximidade com aeroportos, tendo em vista que a presença de um DRS representa foco de atração de aves, o que significa riscos à segurança dos vôos. Essa resolução determina que os DRS devam estar situados a mais de 20 km de aeroportos que operam por instrumentos, caso do aeroporto de Tabatinga.

Também a presença de catadores de lixo, a falta de controle na entrada e a ausência de sinalização indicando perigo no terreno do DRS são problemas que devem ser solucionados imediatamente.

Com base nos dados observados, coletados e analisados neste estudo podem ser feitas as seguintes recomendações:

- Instalação de cercas e sinalização na área do DRS para restringir o acesso de pessoas e animais.
- Construção de quatro poços de monitoramento, ortogonais entre si e com pelo menos dez metros de profundidade, no entorno do DRS, para um melhor diagnóstico e constante monitoramento da qualidade da águas subterrâneas.
- Gestões junto aos órgãos financiadores para busca de recursos para implantação do aterro sanitário municipal tendo como balizador o relatório intitulado “Identificação e Avaliação de Áreas Destinadas à Construção do Aterro Sanitário do Município de Tabatinga” (CPRM, 2007a).
- Desativação da atual lixeira o mais breve possível.

7.3.4 Áreas de Risco

Na cidade de Tabatinga, os principais fatores de risco geológico estão associados à sazonalidade do nível das águas do rio Solimões e à elevada declividade de alguns taludes (barrancos), de modo que os riscos mapeados foram: escorregamentos/desmoronamentos, alagamentos e feições de erosão linear (voçorocas) em taludes e encostas. O substrato geológico nas áreas visitadas é composto basicamente por argilitos e siltitos da Formação Solimões, com espessuras aflorantes de até 10 m, e por terraços fluviais.

Seguindo as indicações de áreas de risco geológico na zona urbana, com orientação do então responsável pela Defesa Civil de Tabatinga, Sr. Gildásio, a equipe da CPRM realizou visita técnica em três locais distintos, os quais estão descritos a seguir e podem ser visualizados no **Anexo X**.

- **Bairro Guadalupe**

Neste bairro, no entorno da coordenada geográfica S 04°13'34,3" e W 69°56'35,5", bem próximo à linha fronteira com a Colômbia, existem cerca de 50 moradias (barracos de madeira) assentadas ao longo de uma pequena drenagem e do vale do igarapé Santo Antônio (**Foto 7.3.4.1**). O solo no local é predominantemente argiloso e a altura do talude em relação ao igarapé é de até 7m. Na ocasião da visita técnica (setembro de 2008), época de vazante na região, a referida drenagem se encontrava em estágio avançado de processo erosivo, provavelmente ocasionado por rompimento na rede de escoamento das águas pluviais, que tem como destino final o igarapé Santo Antônio.

Segundo relato de moradores, essa feição erosiva, denominada voçoroca, teve início de forma lenta e evoluiu rapidamente em direção à adjacente rua Marechal Rondon (bairro São Francisco). Alguns sacos de areia foram colocados no local com intuito de paralisar o processo; entretanto, o resultado esperado não foi alcançado. Somente após o imprevisto de uma calha ligando a galeria de águas pluviais, que provavelmente deflagrou o processo, com o igarapé foi que a erosão parou de evoluir de forma linear. Porém, pelo fato do solo estar completamente exposto, a voçoroca está evoluindo lateralmente, deixando quatro moradias sob risco iminente de desabamento (**Figura 7.3.4.1**). Para que este problema seja solucionado é necessário que a rede de drenagem pluvial seja reconstruída e o solo exposto recoberto por vegetação.

Já o risco de alagamento atinge todos os moradores desta zona rebaixada que é o bairro Guadalupe. Em abril de 2009, no auge da cheia na região, por ocasião de nova viagem à região do Alto Solimões, a equipe da CPRM retornou ao bairro Guadalupe e constatou a vulnerabilidade do local às inundações periódicas do rio Solimões. Foi observado que todo o bairro, numa faixa de cerca de 250m de extensão (paralela ao rio Solimões) por 80m de largura, estava alagado ou em vias de alagação (as feições erosivas estavam submersas). Mesmo elevando os assoalhos, algumas palafitas já haviam sido invadidas pelas águas e desocupadas por seus moradores (**Figura 7.3.4.2**). O nível das águas do rio Solimões ainda subiria por alguns dias, o que tornaria a situação ainda mais crítica nesse local, sendo, provavelmente, necessária a remoção de boa parte dos moradores.



Foto 7.3.4.1 - Moradias instaladas próximas a uma drenagem no bairro Guadalupe



Figura 7.3.4.1 – À esquerda: erosão linear (voçoroca) no bairro Guadalupe, provavelmente originada por rompimento na rede de drenagem das águas pluviais; à direita: detalhe da evolução lateral dessa voçoroca.



Figura 7.3.4.2 – À esquerda, vista da rua principal do bairro Guadalupe em abril de 2009; à direita: duas moradias desocupadas pelos moradores devido ao alagamento nesse bairro.

- **Bairro Dom Pedro I**

No bairro Dom Pedro I, adjacente ao Guadalupe a jusante do rio Solimões, no entorno da coordenada geográfica S 04°13'45,9" e W 69°56'34,1" pelo menos 20 moradias estão sob ameaça de desabamento devido a uma enorme voçoroca em evolução (**Figura 7.3.4.3**). Elas estão assentadas sobre encosta argilosa, de inclinação íngreme, com aproximadamente 9m de altura. No local, a cobertura vegetal é escassa, com poucas árvores de médio porte.

Segundo o então chefe da Defesa Civil Municipal, neste local esteve instalado o lixão de Tabatinga e, desde 2002, quando o processo erosivo teve início, quatro moradias já haviam desabado em decorrência do mesmo. É provável que o principal fator que desencadeou o processo erosivo tenha sido algum vazamento de água em uma das ligações clandestinas feitas por moradores do bairro, situação esta que ainda persiste (**Figura 7.3.4.3**). O fato de o local ter sido utilizado anteriormente como depósito de resíduos sólidos também contribuiu para a instabilidade da encosta, devido à diminuição da coesão entre os materiais. Como agravante,

além dos riscos geológicos, os moradores também estão expostos aos riscos biológicos inerentes à decomposição do lixo anteriormente depositado. Deste modo, o local não deve ser utilizado para ocupação habitacional e a Defesa Civil deve providenciar a remoção dos moradores para áreas mais seguras.



Figura 7.3.4.3 – À esquerda, barraco no bairro D. Pedro I sob risco de desabar devido avanço de voçoroca; à direita, canos com vazamento de água no alto da encosta e acima da voçoroca.

- **Bairro Comara**

Entre as coordenadas S 04°15'14,5" / W 69°56'47,9" e S 04°15'27,5" / W 69°56'47,5", no bairro Comara, foi observada uma enorme ruptura no terreno. Este local, adjacente à margem esquerda do rio Solimões, desde 1988 sofre com sucessivos processos erosivos. A ruptura no talude se estende por mais de 200 m, é paralela ao canal fluvial, e mostra que os eventos erosivos ainda estão ocorrendo e evoluindo de forma lenta em direção à margem do rio. Toda esta margem é ocupada por moradias e pequenos comércios. Em alguns pontos, a distância entre o local de ruptura e a rua é de pouco mais de 5m. Assim, toda esta faixa de mais de 200m de extensão se encontra sob risco alto de desabamento (**Foto 7.3.4.2**).

De acordo com o responsável pela Defesa Civil Municipal, o início dos processos erosivos é mais comum nos períodos de cheia e, até aquele momento, os desmoronamentos de terra já haviam provocado a morte de uma pessoa e o desabamento de diversas moradias.

No local, a cobertura vegetal é formada por árvores de médio e grande porte e a composição superficial do solo é basicamente argilo-arenosa. Já a encosta possui cerca de 10m de altura, é muito íngreme, e o perfil do solo é arenoso, sugerindo tratar-se de depósitos de terraços fluviais assentados diretamente sobre a Formação Solimões (**Foto 7.3.4.3**).



Foto 7.3.4.2 – Vista da ruptura ocorrida no talude da margem esquerda do rio Solimões, no bairro Comara.



Foto 7.3.4.3 – Encosta íngreme na margem esquerda do rio Solimões, com cerca de 10m de altura: linhitos da Formação Solimões (cinza-escuro) sobrepostos por camadas arenosas a areno-argilosas (amareladas) interpretadas como depósitos de terraços fluviais.

A provável causa da ruptura planar observada é a própria dinâmica do rio Solimões, pois o vetor resultante da força da corrente vinda de montante tem como sentido esta área da margem esquerda do rio, de modo que, ao se deparar com a íngreme encosta nos períodos de cheia, tende a desagregar e transportar o material arenoso presente na base, causando a perda de sustentação do talude e, conseqüentemente, a ruptura e queda ou deslizamento da encosta. Outra evidência desta provável causa é o avanço da margem direita em direção ao canal do rio devido à deposição de sedimentos (formação de praias).

A área sujeita a escorregamento/desmoroamento no bairro Comara representa a zona de maior risco geológico na cidade de Tabatinga. O local está sob influência direta do poder erosivo natural do rio Solimões, que dificilmente pode ser anulado. Para isso seria necessária uma grande intervenção de engenharia, certamente com altíssimo custo financeiro.

Para evitar as perdas humanas e materiais é necessário que haja um estudo detalhado para se determinar com exatidão os fatos geradores dos eventos erosivos, sua taxa de avanço e a perspectiva de alcance, aliado à remoção gradativa da população sob risco para áreas mais seguras até que o processo erosivo se estabilize ou seja contido.

Já as feições erosivas conhecidas como voçorocas, embora também possam surgir a partir de causas naturais, nos dois casos observados (bairros Guadalupe e Dom Pedro I) só ocorreram devido a intervenções humanas no meio físico. As moradias, via-de-regra construções precárias (barracos de madeira), instaladas muito próximas a essas voçorocas se encontram sob alto risco de desabar. Todas estão assentadas diretamente sobre solos argilosos ou argilo-arenosos da Formação Solimões, sem que haja nenhum tipo de impermeabilização ou sistemas de drenagem que canalizem as águas pluviais, o que poderia evitar erosão e infiltração (saturação) ao longo da encosta. Tal fato, aliado ao lançamento de águas servidas nas encostas, prática comum na região, e vazamentos de água em ligações clandestinas, contribuem para a instabilidade dos taludes e podem induzir e/ou acelerar os processos erosivos naturais. No bairro Dom Pedro I ainda há o agravante de as moradias estarem instaladas sobre um antigo lixão, o que faz com que os ocupantes dessas moradias também estejam sujeitos a riscos biológicos.

Pelo fato de quase toda zona urbana de Tabatinga estar situada, topograficamente, bem acima do nível máximo das águas do rio Solimões, só foi constatado um local sujeito a alagamentos periódicos, o bairro de Guadalupe, onde cerca de 50 barracos ocupam uma área entre o vale do igarapé Santo Antônio e a planície de inundação (várzea) do rio Solimões.

Escorregamentos, voçorocas e alagamentos são fenômenos decorrentes de processos naturais inerentes à dinâmica do planeta que ocorrem em áreas específicas; entretanto, as perdas materiais e humanas são frutos da ocupação desordenada dessas áreas instáveis, a qual pode e deve ser evitada. Para isso, se faz necessário que os gestores municipais coibam

o crescimento populacional nesses locais e realizem, em conjunto com a Defesa Civil, o cadastramento das moradias sob risco de desmoronamento ou alagamento, sendo que, em ambos os casos, a melhor forma de prevenir e evitar os danos causados por esses fenômenos é remover os ocupantes para áreas mais estáveis, adequadas à ocupação humana, afastadas de encostas íngremes, de fundos de vales e de planícies de inundação.

7.3.5 Insumos minerais para construção civil

Existem três olarias na cidade de Tabatinga (**Anexo XI**). Todas produzem exclusivamente tijolos de oito furos e, juntas, fabricam em média 300 mil tijolos/mês, sendo parte da produção exportada para outros municípios. Durante o trabalho de campo foi observado que as olarias estão concentradas numa área de aproximadamente 30 hectares, onde existe um horizonte argiloso com espessura superior a 2,0 m. Apesar deste horizonte servir de jazida para as três olarias, nenhum funcionário ou proprietário soube informar a extensão e espessura da camada argilosa, devendo a mesma ser mais bem estudada para que se possa determinar a vida útil das jazidas.

A areia que abastece a construção civil de Tabatinga provém do leito do rio Javari, no município de Benjamin Constant, onde é explorada por duas empresas que têm sede na própria cidade de Tabatinga. Os seixos, assim como em toda região do alto Solimões, são importados de empresas que os extraem do rio Japurá.

Olaria Bom Jesus

Localizada no bairro Santa Rosa, a Olaria Bom Jesus está em funcionamento há aproximadamente 10 anos e, nesse período, sempre extraiu argila de uma única jazida (**Foto 7.3.5.1**). Segundo seu proprietário, Sr. Raimundo Batista, há projeto de lavra, elaborado por um geólogo, e autorização concedida pelo IPAAM para explorar 1 hectare/ano da jazida.

A produção média é de 150 mil tijolos ao mês. A argila é extraída de jazida, com dimensão aproximada de 15 hectares, que fica no próprio terreno da olaria, na coordenada S 04°13'24,9" e W 69°55'38,7" (**Foto 7.3.5.2**). Segundo o proprietário, mantido o ritmo de produção atual, a jazida possui uma vida útil para mais 10 anos. Como fonte energética para o cozimento dos tijolos, é utilizada apenas lenha.

A argila utilizada como matéria-prima é branca com manchas avermelhadas, bastante plástica e, tátil e visualmente, possui baixo teor de quartzo. Para uma melhor caracterização, foi coletada uma amostra (TBT-21) da mesma e enviada para ensaios cerâmicos preliminares, os quais indicaram que a argila tem uso recomendado apenas para confecção de cerâmica vermelha (**Anexo V**).



Foto 7.3.5.1 – Vista do galpão da Olaria Bom Jesus, no bairro Santa Rosa



Foto 7.3.5.2 – Jazida com aproximadamente 15 hectares de onde é extraída a argila utilizada na Olaria Bom Jesus.

Olaria Monte Sinai

Também localizada no bairro Santa Rosa, a Olaria Monte Sinai iniciou suas atividades há cerca de oito anos e, durante esse período, sempre extraiu argila de uma única jazida (**Foto 7.3.5.3**). Sua produção média é de 130 mil tijolos/mês. A argila é extraída de jazida, com extensão de cerca de 15 hectares, que fica a 80 m do galpão da olaria, na coordenada S 04°13'19,0" e W 69°55'32,3" (**Foto 7.3.5.4**). De acordo com o proprietário, Sr. Osaías Dias, mantido o ritmo de produção atual, a jazida possui vida útil para mais 20 anos. Como fonte energética para o cozimento dos tijolos, é utilizada apenas lenha.

A argila utilizada como matéria-prima possui cor branca com manchas avermelhadas, é bastante plástica e, tatilmente, tem baixo teor de quartzo. Por estar localizada ao lado da jazida da Olaria Bom Jesus, o horizonte argiloso explorado é o mesmo para ambas. De qualquer forma, para melhor caracterização, foi coletada uma amostra da argila (TBT – 22) e enviada para ensaios cerâmicos preliminares, os quais indicaram que, embora pertencente ao mesmo horizonte explorado pela Olaria Bom Jesus, o material tem uso recomendado como cerâmica vermelha e argila refratária também (**Anexo V**).



Foto 7.3.5.3 – Vista do galpão da Olaria Monte Sinai, no bairro Santa Rosa.



Foto 7.3.5.4 - Jazida de onde é extraída a argila utilizada na olaria Monte Sinai.

Olaria Construbrás

Localizada no bairro Rui Barbosa, na coordenada S 04°13'30,8" e W 69°55'45,8", a Olaria Construbrás está em funcionamento há apenas 3 anos. Diferentemente das demais olarias de Tabatinga, a Construbrás ainda não possui jazida própria para extração da argila, que é fornecida pela Olaria Bom Jesus. Sua produção mensal média é de oito mil tijolos e, como fonte energética para o cozimento dos tijolos, é utilizada somente lenha. Segundo seu proprietário, Sr. Raimundo, a olaria tem um processo em andamento no Departamento Nacional de Produção Mineral para o licenciamento de uma área, com três a quatro hectares de extensão, para exploração da argila necessária à sua produção.

7.4 São Paulo de Olivença

7.4.1 Aspectos gerais do município

Criado em 10.12.1981, por meio de emenda à Constituição Estadual, São Paulo de Olivença faz fronteira com os municípios de Jutaí, Amaturá, Benjamin Constant, Tabatinga e Santo Antonio do Içá. Sua sede está situada na margem direita do rio Solimões, próximo a foz do rio Jandiatuba, a cerca de 1.000 km em linha reta da cidade de Manaus (**Anexo I**). É o vigésimo quinto maior município do estado, com uma área de 19.746 km², ocupada por apenas 0,95% da população estadual. Sua economia equivale a 0,22% do PIB amazonense em 2006.

7.4.2 Avaliação das águas de abastecimento público

A cidade de São Paulo de Olivença está assentada sobre substrato geológico constituído pelos sedimentos da Formação Solimões, de caráter essencialmente argiloso a siltico-argiloso, inadequados para a perfuração de poços tubulares quando se visa à produção de água para abastecimento público. Em algumas cidades do Estado assentadas sobre a Formação Solimões, como Boca do Acre, há poços tubulares com vazões razoáveis, porém estes exploram águas subterrâneas contidas em camadas arenosas intercaladas nos argilitos predominantes. Tal situação, de intercalação de camadas arenosas, passíveis de exploração, ainda não foi detectada em São Paulo de Olivença. Não obstante, predomina na zona urbana um horizonte superficial arenoso, com espessura de até 8m (constatada em barrancos fluviais), interpretado como representante da Formação Içá (vide item 4 deste relatório), onde foram escavadas algumas cacimbas, conforme se verá adiante.

No ano de 2005 foram perfurados cinco poços tubulares, com até 200m de profundidade, na zona urbana, porém todos foram desativados por apresentarem baixa produtividade e águas de má qualidade, com gosto e odor de ferro.

Pelo exposto, o fornecimento público de água na sede municipal é feito a partir de captação superficial, no igarapé Ajaratuba, e está sob responsabilidade da COSAMA – Companhia de Saneamento do Amazonas, órgão estadual chefiado, na época dos trabalhos de campo, pelo Sr. Niwdair Damasceno Ataíde, o qual disponibilizou todas as informações técnicas necessárias para a realização deste diagnóstico.

A estação de captação de água bruta da cidade está localizada logo a montante do balneário Ajaratuba, próxima à estrada que dá acesso ao aeroporto, no ponto de coordenadas geográficas 3°28'30,2" S e 68°56'29,9" W. Desse local, a água é bombeada para uma Estação de Tratamento de Águas – ETA convencional, situada a cerca de 850m em linha reta, na coordenada geográfica 03°28'05,7" S e 68°56'41,5" W (**Anexo XII e Fotos 7.4.2.1, 7.4.2.2 e 7.4.2.3**). Na ETA, o processo de tratamento da água, para torná-la própria ao consumo humano, é o seguinte:

- adição de sulfato de alumínio na água bruta, que provoca a coagulação e floculação dos sólidos em suspensão (matéria orgânica e argilas);
- o processo de floculação e coagulação ocorre em meio filtrante, com a passagem da mistura num sistema de filtros de seixos e areia, o qual retém o material sólido previamente floculado;
- condução da água, já clarificada, para uma cisterna de concreto onde é feita a cloração;
- bombeamento da água para um reservatório cilíndrico de aço com capacidade de 100m³.
- distribuição da água à população, com bombeamento de 24 horas/dia.

A cidade possui topografia acidentada, com muitas variações de altitudes entre os bairros, o que dificulta a distribuição de água tratada para todas as residências. Por esta razão, a COSAMA dividiu a área urbana em oito setores, abastecendo cada um deles por um período médio de três horas. Para isso utiliza-se de 25 registros que são abertos de forma alternada.

Segundo os dados censitários de 2000, a população urbana de São Paulo de Olivença era de 8.770 habitantes (IBGE, 2000). Em 2007, essa população passou para 12.698 habitantes (IBGE, 2007), o que representa um crescimento demográfico urbano anual de 5,43%, taxa que permite estimar para o ano de 2009 um contingente aproximado de 14.100 pessoas na zona urbana (vide item 6.3). Os dados de 2007 indicam ainda uma média de 5,64 moradores por domicílio urbano.

De acordo com informações da COSAMA havia um total de 1.817 ligações de água cadastradas no sistema, entre unidades residenciais, públicas e comerciais, com 561 ligações cortadas. A média de 5,64 hab/domicílio permite estimar uma população de 10.250 pessoas atendidas pela rede do sistema público de água (73% da população), das quais cerca de 7.080 com ligações ativas (50% da população).

A cobrança de taxas fixas mensais praticada pela COSAMA gera uma cultura de desperdício nos consumidores, que reclamam dos problemas frequentes de desabastecimento, porém mantêm hábitos inadequados de uso em excesso, além dos limites da capacidade de oferta do sistema público.

A COSAMA informou que a ETA tem capacidade para o tratamento de 250 m³/hora de água bruta numa operação de 24 horas/dia. Assim, o sistema atual funciona bem abaixo de sua capacidade total, pois a bomba que capta água bruta do igarapé Ajaratuba, em funcionamento 24 horas/dia, tem produção máxima de 165 m³/hora, o que representa oferta de 3.960 m³/dia. Considerando a necessidade média mundial de 200 litros de água por habitante por dia, verifica-se que atualmente são necessários 2.820 m³ de água por dia para atender à demanda urbana de 14.100 pessoas. Portanto, a capacidade do sistema de tratamento da ETA, de 165 m³/hora, é mais do que suficiente para atender toda população urbana, mesmo considerando as perdas, como vazamentos e ligações clandestinas. Para que isso aconteça

resta estender a rede de distribuição para os locais mais distantes da ETA, de modo que a água tratada alimente 100% das residências da cidade.

Não há controle periódico da qualidade das águas produzidas pela COSAMA em São Paulo de Olivença, com análises físico-químicas e microbiológicas frequentes que possam atestar sua potabilidade. Assim, com objetivo de verificar a eficiência do tratamento realizado na ETA, neste estudo foram coletadas amostras de água, para envio aos laboratórios do LAMIN e INPA, teste de coliformes totais e determinações *in loco* dos valores de pH e condutividade elétrica (CE), em dois pontos do sistema: no local de captação no igarapé Ajaratuba (água bruta) e na saída do tratamento final, já com adição de cloro (**Foto 7.4.2.4**). Os resultados das análises *in situ* e de laboratório estão expressos na **Tabela 7.4.2.1**, que também contém, para comparação, os valores legais de referência para águas brutas (Resolução CONAMA 357/2005) e águas de consumo humano (Portaria MS 518/2004).

Na água bruta, a concentração de alumínio (Al), de 0,12 mg/L, está ligeiramente acima do valor de referência para águas classe 2 da Resolução CONAMA 357/2005, que são águas destinadas, entre outros fins, para abastecimento humano após tratamento convencional. O mais preocupante, porém, é o que se verifica com o Al após o tratamento da água, quando sua concentração aumenta para 0,39 mg/L, o dobro do valor máximo permitido (VMP) pela Portaria MS 518/2004, que regulamenta a potabilidade das águas para consumo humano (**Tabela 7.4.2.1**). Esse mesmo problema foi observado nas águas tratadas pela ETA de Benjamin Constant. O que ocorre, muito provavelmente, é que a quantidade do sulfato de alumínio, composto utilizado no processo inicial da ETA para provocar a coagulação das partículas em suspensão, está sendo excessiva, deixando um resíduo indesejável de Al em solução. O Al é um metal neurotóxico e o consumo de águas com concentrações elevadas do mesmo, por longo prazo, pode diminuir significativamente a assimilação de fosfato e de flúor pelo organismo humano, causando hipofosfemia e demineralização de ossos, além de doenças neurodegenerativas, insuficiência renal e cardiomiopatias (Cortecci, 2003; Selinus et al, 2005).

Também a cor da água tratada, com valor de 16,5 mgPt/L, é um parâmetro que está em desacordo com a Portaria MS 518/2004 (**Tabela 7.4.2.1**), provavelmente por deficiências no processo de filtração na ETA. Assim, os resultados das análises físico-químicas realizadas nas águas de abastecimento público em São Paulo de Olivença, antes e após o tratamento, evidenciam que o processo aplicado pela COSAMA não está adequado e deve ser revisto.

A rede de distribuição da COSAMA não atinge os bairros mais distantes do centro urbano, e seus moradores, para o abastecimento doméstico, recorrem a águas provenientes de poços escavados (cacimbas), comunitários ou particulares. Entre estes bairros destaca-se o da Colônia São Sebastião, com cerca de 1.200 moradores e 200 casas. As citadas cacimbas são muito rasas, com profundidade em torno de 1,5 a 2,0 m, e nível d'água de menos de 1,0 m, sendo, por isso, muito vulneráveis a contaminações por dejetos domésticos/orgânicos.



Foto 7.4.2.1 – Em segundo plano, atrás das barracas, as instalações da Casa de Bombas da COSAMA, que realiza a captação das águas do igarapé Ajaratuba.



Foto 7.4.2.2 – Detalhe da área de captação de água da COSAMA no igarapé Ajaratuba.



Foto 7.4.2.3 – Vista das instalações da ETA de São Paulo de Olivença.



Foto 7.4.2.4 – Coleta de amostra de água tratada na ETA e medição *in loco* dos valores de condutividade elétrica e pH.

Quatro cacimbas e uma fonte natural de água foram visitadas e cadastradas neste estudo (**Tabela 7.4.2.2**): a fonte natural, no centro da cidade, pertence à Igreja Católica e fornece água para moradores vizinhos; duas das cacimbas, do Posto de Saúde São Sebastião e da Escola Desemb. João R. Corrêa, se situam na Colônia de São Sebastião; e as outras duas, do Aeroporto e de uma residência, estão situadas no Bairro Campinas (**Anexo XII e Fotos 7.4.2.5, 7.4.2.6, 7.4.2.7 e 7.4.2.8**).

De três cacimbas e da fonte natural foram coletadas amostras de água para análises físico-químicas; nas águas da fonte também foi realizado teste de coliformes totais. Além disso, em todos esses pontos alternativos de abastecimento de água, foram medidos *in loco* os valores de pH e condutividade elétrica (CE), parâmetros que dão uma idéia preliminar da

contaminação química existente. Os resultados de todas essas determinações são apresentados na **Tabela 7.4.2.3**, dos quais podem ser feitos os seguintes comentários:

- na cacimba do Sr. João Stefânio Arruda, que abastece parte dos moradores vizinhos, só foram determinados os valores de pH e CE, os quais são compatíveis com águas isentas de contaminação química. Devido à baixa profundidade dessa cacimba, não se descarta, porém, a contaminação por coliformes, apesar da ausência de fontes contaminantes em seu entorno;

- na cacimba do Posto de Saúde São Sebastião foi constatado excesso de chumbo (Pb) na água, numa concentração 50% acima do VMP pela legislação (Portaria MS 518/2004), o que a torna imprópria ao consumo humano. O Pb é um elemento extremamente tóxico e ataca principalmente o sistema nervoso central, sendo as crianças mais vulneráveis. Em casos extremos de contaminação por chumbo, apesar de muito raros, o cérebro se dilata e provoca a morte do paciente (Selinus et al, 2005). Assim, recomenda-se uma nova análise química nessas águas e, se confirmado o alto teor de Pb, a proibição do consumo humano, destinando-as apenas para lavagens em geral e banhos; ao mesmo tempo, devem ser feitos estudos de detalhe para identificar a origem do Pb, de modo a evitar e eliminar a contaminação;

- na cacimba da Escola Desemb. João Rebelo Corrêa o único problema encontrado foi a concentração de alumínio (Al) nas águas, pouco acima do VMP, o que as torna impróprias para o consumo humano, já que esse metal é um elemento neurotóxico que pode desencadear inúmeros problemas de saúde conforme descrito anteriormente. Como as contaminações das águas subterrâneas por Al, na grande maioria dos casos, são causadas por fontes naturais (liberação do Al contido em partículas de argila do subsolo), também se recomenda nova análise química e, uma vez confirmado o excesso de Al, proibição da utilização dessas águas para consumo humano;

- nas águas da cacimba do aeroporto também foi detectada concentração de Al acima do VMP e valem as mesmas recomendações feitas para a cacimba da Escola Desemb. João Correa. Além disso, a cor e turbidez das águas estão acima do padrão recomendado pela Portaria MS 518/2004, porém esse é um problema que pode ser resolvido de maneira simples: com uma eficiente limpeza e desinfecção da cacimba;

- na fonte natural da Igreja Católica, além da contaminação microbiológica, constatada pela presença de coliformes, os valores de CE, cálcio (Ca), sódio (Na), potássio (K), cloreto (Cl) e nitrato (NO_3^-) são sugestivos de águas em processo de contaminação química, as quais não podem ser utilizadas para consumo humano, devendo-se evitar seu uso também para banhos e lavagem de louça.



Foto 7.4.2.5 – Fonte natural da Igreja Católica, no centro de S. Paulo de Olivença.



Foto 7.4.2.6 – Cacimba do Posto de Saúde São Sebastião, na Colônia S. Sebastião



Foto 7.4.2.7 – Cacimba da Escola Estadual Desemb. João Rebelo Corrêa.



Foto 7.4.2.8 – Cacimba do Aeroporto de São Paulo de Olivença.

Na zona rural de São Paulo de Olivença foram visitadas três comunidades importantes, situadas na margem esquerda do rio Solimões, que possuem poços tubulares, cujas características estão na **Tabela 7.4.2.2**: Vila de Santa Rita do Weil e Comunidades Indígenas Campo Alegre e Vendaval (**Anexo I**).

Em Santa Rita do Weil, situada a 48 km a montante da sede municipal, a população, de aproximadamente 1.500 pessoas, é abastecida a partir de poço comunitário que distribui a água, sem cloração, para as residências (**Foto 7.4.2.9**). O poço está instalado em local isolado, sem fonte contaminante próxima, porém, na época dos trabalhos de campo, estava paralisado havia três meses, devido à bomba estar quebrada, e a população fazia uso de água de chuva armazenada. Há um poço na Escola Estadual Vereador Lauro Castelo Branco, sem fontes contaminantes no entorno, cujas águas não são utilizadas para consumo primário, pois, segundo os moradores, tem gosto forte de ferro, a exemplo das águas do poço comunitário paralisado (**Foto 7.4.2.10**). Foi coletada uma amostra da água do poço da escola para análises

físico-químicas. Deve-se ressaltar que, na época de vazante, as águas do rio Solimões ficam a mais de 2 km da comunidade, o que dificulta o acesso à mesma.

Na comunidade de Campo Alegre, a apenas 3 km a montante de Santa Rita de Weil e onde vivem mais de 4.000 indígenas da etnia Tikuna, há dois poços tubulares administrados pela FUNASA, porém o que abastece o setor jusante da comunidade estava inativo, com a bomba quebrada há meses. O poço de montante, de baixa vazão, abastece reservatório suspenso, de concreto e com 20 m³ de capacidade, de onde a água é distribuída por rede, sem cloração, para cerca de 200 residências (**Foto 7.4.2.11**). O poço está situado em local isolado, porém não havia tampa de proteção em sua boca, e os indígenas utilizam suas águas somente para banhos e lavagens em geral, pois afirmam que elas apresentam gosto forte de ferro. Para beber e cozinhar toda comunidade usa somente água de chuva; apesar disso, para melhor caracterização físico-química, foi coletada amostra do referido poço e enviada para análises laboratoriais.

Na comunidade Vendaval, a 70 km da sede municipal e habitada por cerca de 1.500 indígenas da etnia Tikuna, há um poço tubular de baixa vazão, administrado pela FUNASA, que alimenta reservatório suspenso de concreto, com 20 m³ de capacidade, de onde a água é distribuída por rede, sem cloração, para toda população. O poço situa-se a menos de 20 m de fossas negras, está sem tampa de proteção, e muito próximo de manchas de óleo diesel, que vaza do gerador que aciona sua bomba, ou seja, as águas de tal poço estão altamente sujeitas a contaminações (**Foto 7.4.2.12**). Não obstante, os indígenas de Vendaval fazem uso dessas águas para todos os fins. Há outro poço na comunidade, em local mais adequado, que foi perfurado pela Prefeitura no ano de 2001; porém, desde aquela época, o mesmo nunca entrou em operação pois, segundo os moradores, faltaram recursos financeiros para instalação da bomba e do reservatório. Nas águas do poço ativo foram determinados *in loco* os valores de pH e condutividade elétrica.

Os resultados das análises físico-químicas e das determinações *in loco* nas águas dos poços das três comunidades rurais visitadas são apresentados na **Tabela 7.4.2.3** e sobre eles podem ser feitas as seguintes observações:

- os poços da Comunidade Indígena Campo Alegre e da Escola Estadual Lauro C. Branco (Santa Rita de Weil) produzem águas com características físico-químicas semelhantes: os valores de turbidez de cor e as concentrações de ferro (Fe) e manganês (Mn) estão muito acima dos limites máximos estabelecidos pela norma que regulamenta a potabilidade das águas (Portaria MS 518/2004). O problema com a cor e turbidez é fruto do excesso de material particulado (argila e areia fina) em suspensão, como resultado de falhas na construção dos poços, como: disposição inadequada do pré-filtro (seixos), colocação das seções filtrantes (tubos serrilhados) em camadas argilo-arenosas, ou, ainda, colocação da bomba em posição imprópria. Para eliminar esse tipo de problema é necessário conhecer o perfil construtivo e geológico dos poços e, aí, providenciar o desenvolvimento (limpeza) dos mesmos. Já as elevadas concentrações de Fe e Mn muito provavelmente representam contaminações de

origem natural (ocorrência de águas subterrâneas naturalmente enriquecidas nesses metais), tendo em vista a ausência de fontes contaminantes no entorno dos poços;

- não foram feitas análises laboratoriais nas águas do poço da Comunidade Vendaval, porém, pelos valores medidos *in loco* de pH e condutividade elétrica e pela similaridade geológica regional, pode-se inferir que essas águas apresentam o mesmo padrão químico constatado nos dois poços acima citados, ou seja, também não são águas próprias para consumo humano.



Foto 7.4.2.9 – Poço tubular utilizado pela comunidade da Vila de Santa Rita do Weil, inoperante na época dos trabalhos de campo.



Foto 7.4.2.10 – Poço tubular na Escola Estadual Ver. Lauro Castelo Branco, cujas águas são usadas apenas para lavagens.



Foto 7.4.2.11 – Poço tubular e reservatório de água suspenso no setor montante da Comunidade Indígena Campo Alegre.



Foto 7.4.2.12 – Poço tubular da Com. Indígena Vendaval, próximo a vazamento de óleo diesel e fossas negras residenciais.

Com os resultados das análises químicas efetuadas nas oito amostras de água coletadas em São Paulo de Olivença foi elaborado o gráfico que define sua classificação com base nos principais íons presentes (diagrama de Piper), o qual é apresentado na **Figura 7.4.2.1**. Como se verifica, a água tratada pela ETA mostra um comportamento distinto da água

bruta: enquanto esta última é do tipo cloretada sódica, a água tratada tem enriquecimento em cálcio e cloro, sendo classificada como cloretada cálcico-magnésiana. As águas das cacimbas e da fonte da Igreja Católica mostram padrão disperso no gráfico, e as dos dois poços da zona rural são similares: ambas são do tipo bicarbonatadas cálcico-magnésianas.

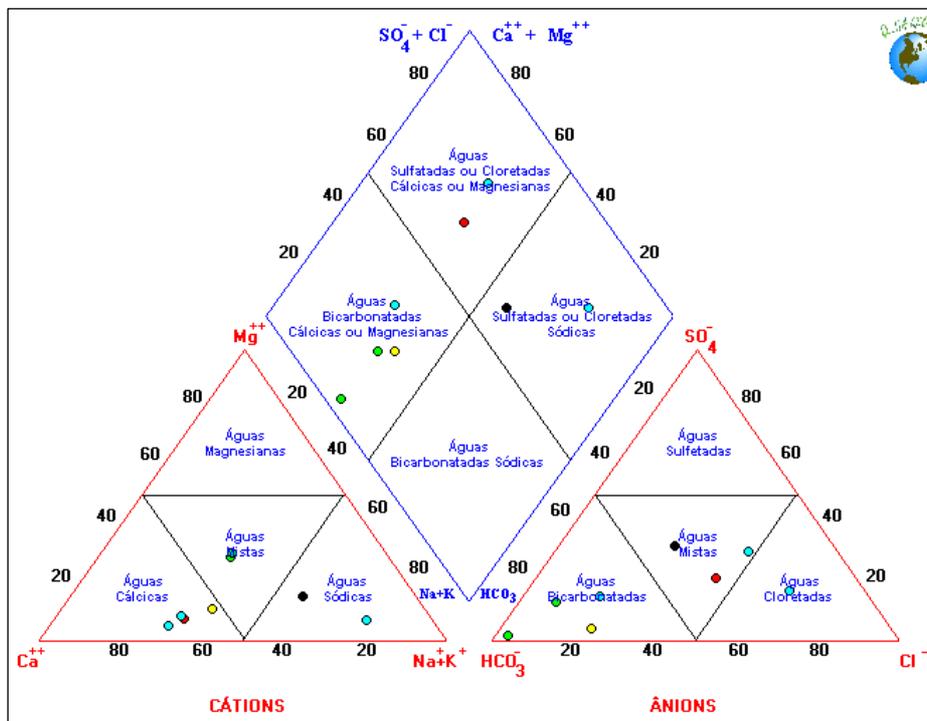


Figura 7.4.2.1 - Diagrama de Piper para as águas analisadas em São Paulo de Olivença (em cor preta: igarapé Ajaratuba; em vermelho: saída da ETA; em azul: cacimbas; em amarelo: fonte da Igreja Católica, e em verde: poços tubulares da zona rural).

A partir das observações de campo e dos resultados das análises laboratoriais são feitas as seguintes recomendações com relação à questão do abastecimento público de água em São Paulo de Olivença:

- busca de recursos financeiros para a ampliação da rede de distribuição de água tratada, estendendo-a até os bairros mais distantes, onde a população faz uso de águas provenientes de cacimbas em precárias condições de higiene. Essa ampliação, acompanhada da instalação de dois ou três reservatórios elevados em pontos estratégicos, implicará no fornecimento de água tratada para todos os setores da cidade e no aumento do número de horas com que cada setor pode ser abastecido;
- instalação de registros de água com contadores (hidrômetros) em todos os pontos de ligações da COSAMA, de modo que o usuário pague efetivamente pelo seu consumo, desestimulando, assim, os desperdícios;

- devido às facilidades de acesso à área, utilizada como balneário, devem ser adotados procedimentos de segurança no entorno do local de captação de água bruta no igarapé Ajaratuba, com medidas de restrição de acesso às bombas. Em curto a médio prazo, deverá ser feita a transferência desse ponto de captação para o rio Solimões, já que, mantido o atual ritmo de crescimento populacional, em 2016 a zona urbana terá mais de 20.000 habitantes e o igarapé Ajaratuba, na vazante, não terá vazão suficiente para fornecer água para toda essa população;
- tendo em vista o excesso de alumínio dissolvido e de cor nas águas tratadas pela COSAMA, faz-se necessária a revisão do processo utilizado pela ETA, com redimensionamento da quantidade utilizada de sulfato de alumínio e dos filtros;
- a COSAMA deve providenciar, por meio de convênios com laboratórios públicos, análises físico-químicas periódicas das águas brutas e das águas tratadas, com vistas a monitorar continuamente sua qualidade e cumprir a legislação pertinente;
- nas quatro cacimbas amostradas, se as novas análises físico-químicas recomendadas indicarem a potabilidade de suas águas, para consumo primário elas devem ser previamente fervidas e cloradas (adição de hipoclorito de sódio, normalmente fornecido pelos postos de saúde ou pela FUNASA). Se as novas análises confirmarem a contaminação por Al e/ou Pb, deve ser proibido o consumo primário dessas águas, que só poderão ser destinadas a usos secundários: lavagens e banhos;
- as águas dos poços tubulares existentes nas comunidades Santa Rita de Weil, Campo Alegre e Vendaval são impróprias para consumo humano por apresentarem concentrações elevadas de ferro e manganês, muito provavelmente de origem natural. Além disso, tratam-se de poços mal-construídos e com baixa vazão. Assim, tendo em vista que são comunidades rurais populosas, para a produção de água para consumo humano nesses locais recomenda-se, a exemplo do que já existe nas comunidades Tikuna de Feijoal (município de Benjamin Constant) e Belém do Solimões (Tabatinga), a instalação de ETA's compactas, com captação de água bruta no rio Solimões. Os poços existentes poderiam continuar em operação, com suas águas sendo destinadas somente para limpezas em geral e banhos.

Tabela 7.4.2.1 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas nas águas de abastecimento público coletadas em São Paulo de Olivença

Tipo	pH	C E ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Alcalinidade ($\text{mg HCO}_3/\text{L}$)	Turbidez FTU	DQO	NO_3^-	NH_4^+	Cl^-	$\text{SO}_4^{=}$	Na	K
Água bruta (Igarapé Ajaratuba)	5,4	8	3,1	4,2	33,6	0,06	0,28	1,3	2,0	0,60	0,55
Água com tratamento completo	4,7	26	4,3	1,8	33,6	0,07	0,10	3,2	2,0	0,92	0,48

Valores de Referência

CONAMA 357/2005 - Classe 2	6,0 - 9,0	-	-	< 100	-	< 10,0	< 3,7	< 250	< 250	-	-
Portaria MS 518/2004	6,0 - 9,5	-	-	< 5	-	< 10,0	< 1,5	< 250	< 250	< 250	-

Tipo	Ca	Mg	Dureza ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$)	Cor (mgPt/L)	Si	Al	Fe	Ba	Mn	Sr	Colif. Totais
Água bruta (Igarapé Ajaratuba)	0,39	0,12	< LD	71,1	2,1	0,12	0,28	6	7	5	Ausência
Água com tratamento completo	2,03	0,12	5,3	16,5	2,1	0,39	0,06	7	7	6	Ausência

Valores de Referência

CONAMA 357/2005 - Classe 2	-	-	-	< 75	-	< 0,1	< 0,3	< 700	< 100	-	-
Portaria MS 518/2004	-	-	500,0	< 15	-	< 0,2	< 0,3	< 700	< 100	-	Ausência

C E - Condutividade Elétrica; DQO - Demanda Química de Oxigênio; LD - Limite de Detecção. Ba, Mn e Sr em $\mu\text{g}/\text{L}$, os demais em mg/L .

Também foram analisados As, Be, B, Cd, Co, Cr, Cu, Li, Mo, Pb, Se, Sn, Ti, V e Zn, porém todos os valores encontrados para esses elementos estão abaixo de seus LDs.

Obs.: Em vermelho os valores em desacordo com a Resolução CONAMA 357/2005, no caso de águas brutas, ou em desacordo com a Portaria MS 518/2004, no caso de águas tratadas.

Tabela 7.4.2.2 - Relação, localização e algumas características das cacimbas, poços e fonte cadastradas em São Paulo de Olivença.

Poços, cacimbas e fonte	Local	Situação	Ano de Perfur.	Prof. (m)	Vazão (m ³ /h)	Fontes contaminantes no entorno	Utilização
Cacimba do Posto de Saúde de São Sebastião	Avenida Brasil	Ativo	1995	1,4	3,0	Área muito encharcada	Uso primário e secundário do Posto de Saúde e de parte da população
Cacimba da Escola Estadual Desembargador João Rebelo Corrêa	Avenida Brasil	Ativo	2007	1,0	?	Fossa a menos de 15m e ausência de tampa de proteção	Uso primário e secundário da escola
Cacimba da Casa de João Stefânio Arruda	Estrada do Ajaratuba	Ativo	1999	2,0	0,5	Não	Uso primário e secundário da residência e de parte da população
Cacimba do Aeroporto Municipal	Estrada do Ajaratuba	Ativo	2006	2,1	2,0	Não	Uso primário e secundário do aeroporto
Fonte natural da Igreja Católica	Praça São Paulo	Ativo	1960	2,5	4,0	Ausência de tampa de proteção	Uso primário e secundário de 12 casas
Poço da Comunidade Santa Rita do Weil	Margem esquerda do rio Solimões	Paralisado	1977	26,0	3,0	Não. Relatos de água com odor e gosto de ferro	Uso primário e secundário da comunidade
Poço da Escola Estadual Vereador Lauro Castelo Branco (S. Rita do Weil)	Margem esquerda do rio Solimões	Ativo	2003	34,0	?	Não. Relatos de água com odor e gosto de ferro	Uso secundário da escola em limpeza e cozinha
Poço da Comunidade Indígena Vendaval	Margem esquerda do rio Solimões	Ativo	1990	60 (?)	8,0	Fossa negra a menos de 20m e vazamento de óleo do gerador ao lado	Uso primário e secundário
Poço da Comunidade Indígena Campo Alegre	Margem esquerda do rio Solimões	Ativo	1985	30,0	5,0	Ausência de tampa. Relatos de água com gosto e odor de ferro	Uso secundário para banhos e limpeza em geral

Tabela 7.4.2.3 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas em amostras de águas subterrâneas coletadas em São Paulo de Olivença

Tipo	pH	C E ($\mu\text{S/cm}$)	Alcalinidade ($\text{mg HCO}_3/\text{L}$)	Turbidez FTU	DQO	NO_3^-	NH_4^+	Cl^-	$\text{SO}_4^{=}$	Na	K	Ca
Cacimba Posto de Saúde São Sebastião	5,1	19	9,2	1,8	8,1	0,18	0,14	1,5	1,5	0,81	0,30	1,98
Cacimba Esc. Est. Desemb. João R. Corrêa	4,3	47	2,4	0,0	6,7	2,23	< LD	4,9	1,6	3,85	1,06	0,80
Fonte natural da Igreja Católica	6,0	221	54,3	0,3	12,1	4,47	0,12	9,3	1,5	17,28	9,19	28,21
Cacimba do Aeroporto	4,6	17	2,4	5,7	35,0	0,12	0,21	3,1	2,6	0,85	0,82	2,33
Cacimba da casa de João Stefânio Arruda	6,4	17	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Poço comunitário de Santa Rita do Weil	6,7	187	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Poço Escola Est. Lauro C. Branco (Sta. Rita Weil)	6,8	176	98,8	48,6	2,1	0,02	0,11	6,2	11,6	8,91	3,30	11,23
Poço Comunidade Indígena Campo Alegre	6,6	145	81,7	45,2	14,4	< LD	0,02	1,1	0,15	7,79	2,00	9,19
Poço Comunidade Indígena Vendaval	6,6	129	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Valores Máximos Permitidos

Portaria MS 518/2004	6,0 - 9,5	-	-	< 5	-	< 10	< 1,5	< 250	< 250	< 200	-	-
-----------------------------	-----------	---	---	-----	---	------	-------	-------	-------	-------	---	---

Tipo	Mg	Si	Dureza ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$)	Cor (mgPt/L)	Al	Fe	Mn	Ba	Pb	Zn	Co	Coliformes Totais
Cacimba Posto de Saúde São Sebastião	0,06	3,4	4,9	9,7	0,01	0,08	7	4	15	< LD	< LD	ND
Cacimba Esc. Est. Desemb. João R. Corrêa	0,16	2,8	1,8	9,7	0,25	0,01	7	16	< LD	< LD	< LD	ND
Fonte natural da Igreja Católica	3,04	5,0	82,8	12,0	< LD	0,04	< LD	10	< LD	21	< LD	Presença
Cacimba do Aeroporto	0,16	2,0	6,2	34,4	0,49	0,14	14	11	< LD	< LD	< LD	ND
Poço Escola Est. Lauro C. Branco (Sta. Rita Weil)	4,83	38,7	61,9	233,4	0,01	4,91	232	117	< LD	< LD	4	Ausência
Poço Comunidade Indígena Campo Alegre	4,35	35,3	83,2	273,0	0,01	4,60	172	94	< LD	< LD	3	ND

Valores Máximos Permitidos

Portaria MS 518/2004	-	-	< 500	< 15	< 0,2	< 0,3	< 100	< 700	< 10	< 5000	5	Ausência
-----------------------------	---	---	-------	------	-------	-------	-------	-------	------	--------	---	----------

C E - Condutividade Elétrica; DQO - Demanda Química de Oxigênio; ND - não determinado; LD - Limite de Detecção. Ba, Co, Mn, Pb e Zn em $\mu\text{g/L}$, os demais em mg/L . Também foram analisados As, Be, B, Cd, Co, Cr, Cu, Li, Ni, Se, Mo, Sn, Ti e V, porém todos os valores encontrados para esses elementos estão abaixo de seus LDs.

Obs: Destaca-se em vermelho valores que sugerem alteração na qualidade química das águas, além daqueles acima dos permitidos pela Portaria 518/2004

7.4.3 Avaliação da disposição final dos resíduos sólidos

Nas três comunidades visitadas, Vendaval, Santa Rita do Weil e Campo Alegre, não há coleta pública dos resíduos sólidos. O lixo de cada residência é de responsabilidade do próprio morador, cabendo a ele dar um destino final. Desta forma, geralmente o lixo é queimado e enterrado no próprio quintal, ou, por vezes, despejado em drenagens.

Na ocasião dos trabalhos de campo (setembro de 2008), segundo o então secretário municipal de administração, Sr. Ronivon, a sede do município de São Paulo de Olivença estava há seis meses sem serviço de coleta pública. O motivo da paralisação da coleta era a interdição da lixeira municipal em decorrência da denúncia de uma moradora vizinha, que alegava que os resíduos líquidos oriundos da lixeira estariam contaminando um igarapé, com impactos sobre os moradores a jusante. Na denúncia, a moradora também alegava que um açude onde havia criação de peixes em sua propriedade, que fica a 50 m da lixeira, teria sido arruinado em função desta contaminação. Assim, devido à inexistência de outra área que pudesse funcionar como depósito de resíduos sólidos, a prefeitura municipal optou pela interrupção do recolhimento de lixo, o que gerou um grave problema ambiental na cidade.

Desde então, cada morador passou a cuidar do seu próprio lixo, queimando, despejando no rio Solimões ou deixando espalhado pela cidade. No momento dos trabalhos de campo, apenas os resíduos hospitalares estavam recebendo destinação “adequada”, com sua incineração. Numa segunda visita à cidade, em abril de 2009, constatou-se que os serviços de coleta pública de lixo ainda não tinham sido restabelecidos.

Localizada na coordenada S 03°28'39,3" e W 68°57'27,3", a antiga lixeira fica no bairro Bonfim, em um terreno plano com cerca de 3,5 hectares, circundado por vegetação tipo capoeira, no alto de um vale a 300 m de distância das primeiras residências (**Foto 7.4.3.1 e Anexo XIII**). A apenas 30 m do limite do terreno se inicia um acentuado declive que forma o vale do igarapé supostamente contaminado.



Foto 7.4.3.1 – Área da antiga lixeira de São Paulo de Olivença, desativada no início de 2008 devido à denúncia de contaminação dos recursos hídricos.

O terreno se encontra abandonado e sem nenhuma proteção ou sinalização, tornando livre a entrada de pessoas e animais. Não foi feito nenhum plano de desativação ou de monitoramento da lixeira; ela foi simplesmente desativada e abandonada. Segundo o Sr. Ronivon, o volume diário de resíduos sólidos recolhidos pelo serviço de limpeza pública e despejados nesta área era de cerca de 60 m³ durante os três anos de seu funcionamento, o que representa um total aproximado de 65.700 m³ de resíduos despejados no local.

A fim de determinar o nível d'água local, avaliar a presença de indícios de contaminação no lençol freático e caracterizar a composição granulométrica do solo, fator este que evidencia a facilidade de infiltração e percolação de fluídos em subsuperfície, foi realizada uma sondagem a trado (SPO-02 S1) no limite leste da lixeira desativada, na coordenada S 03°28'39,2" e W 68°57'29,9", conforme descrito na **Tabela 7.4.3.1** e ilustrado na **Foto 7.4.3.2**.

Devido ao assoreamento no fundo da coluna de perfuração, em função do desmoronamento das paredes arenosas a partir dos 2,3 m de profundidade, a sondagem não evoluiu mais, e o poço foi então paralisado. Analisando tatilmente o solo, pode-se afirmar que ele é essencialmente arenoso, desaconselhável para implantação de um DRS devido à facilidade de infiltração e percolação dos resíduos líquidos e, conseqüentemente contaminação do lençol freático.

No local, como não foi possível a amostragem da água subterrânea, já que a sondagem não atingiu o nível d'água, para se avaliar a possível contaminação química dos recursos hídricos adjacentes foi coletada uma amostra de água do igarapé onde foi relatada a contaminação, e determinado *in loco* os valores de pH e condutividade elétrica (CE), dois parâmetros indicativos de contaminação antrópica. Os resultados das determinações foram: pH 6,2 e CE 20,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valores considerados normais para as águas superficiais da região. Com esses dados, fica descartada a possibilidade da contaminação química do igarapé amostrado, não se descartando, porém, a contaminação bacteriológica.

Tabela 7.4.3.1 – Perfil do solo atravessado pela sondagem SPO-02 S1 realizada na lixeira desativada de São Paulo de Olivença

0,0 m – 0,5 m	Areia fina/média branca
0,5 m – 1,0 m	Areia fina/média marrom claro
1,0 m – 2,3 m	Areia fina/média branca



Foto 7.4.3.2 – Solo arenoso observado na sondagem realizada na lixeira desativada de São Paulo de Olivença.

De acordo com o Sr. Ronivon, o município ainda não dispunha de uma área selecionada para implantação de um futuro aterro sanitário. Entretanto, no ano de 2001, por solicitação da própria administração municipal, foi desenvolvido um estudo técnico para seleção de áreas que atendessem às normas estabelecidas para implantação de aterros sanitários (Girão e Girão, 2001).

No citado estudo, foram pré-selecionadas cinco áreas, sendo indicada como mais favorável uma situada na estrada do Bonfim, na coordenada S 03°30'14,2" e W 68°56'48,1" (**Anexo XIII**) . Embora o estudo anterior já tivesse realizado uma investigação no local, a equipe técnica decidiu visitar a área e coletar informações adicionais. Tal área possui cerca de 28 hectares, é ligeiramente plana, com poucos desníveis, e distante o suficiente (>200 m) das drenagens mais próximas, que são os igarapés Onça e Aracu, este a 300 m de distância. Ambos igarapés pertencem à bacia hidrográfica do rio Jandiatuba, afluente do rio Solimões.

Para determinar o nível d'água no local e avaliar a composição granulométrica do solo foi realizada uma sondagem a trado (SPO-01 S1) na coordenada S 03°30'14,2" e W 68°56'48,1" (**Foto 7.4.3.3**). Com esta sondagem foi possível caracterizar o solo, no campo, como predominantemente argiloso até 2,8 m de profundidade, e areno-argiloso entre 2,8 m e 5,8 m, conforme descrito na **Tabela 7.4.3.2**. Contudo, devido a problemas com as hastes do trado, a sondagem teve que ser paralisada, não sendo possível atingir o nível d'água. De qualquer modo, fica comprovado que o nível d'água é mais profundo do que 5,8 m, o que representa fator positivo para um local onde se pretende implantar um DRS. É importante, no entanto, a realização de outras sondagens para melhor definir a extensão lateral das camadas e uma melhor caracterização do subsolo.



Foto 7.4.3.3 – Sondagem SPO-01 S1 realizada na área indicada para implantação do aterro sanitário de São Paulo de Olivença

Após a conclusão da sondagem SPO-01 S1 foram coletadas quatro amostras, uma de cada horizonte mais representativo, as quais foram enviadas para análises granulométricas no laboratório da EMBRAPA em Manaus. Segundo os resultados dessas análises, corroborando

parcialmente as descrições táteis e visuais feitas pelos técnicos no campo, o solo no local pode ser classificado em toda extensão perfurada como argilo-arenoso (**Anexo IX**).

Tabela 7.4.3.2 – Perfil do solo atravessado pela sondagem realizada na área indicada para implantação do aterro sanitário de São Paulo de Olivença

0,0 m – 1,3 m	Argila arenosa marrom clara
1,3 m – 2,8 m	Argila arenosa avermelhada
2,8 m – 5,5 m	Areia média/fina argilosa avermelhada
5,5 m – 5,8 m	Areia argilosa média/fina, avermelhada, saprolítica

A interrupção dos serviços de coleta pública de lixo em São Paulo de Olivença é um grave problema sanitário e ambiental para a população urbana, pois possibilita a proliferação de diversos vetores de doenças, o que pode evoluir para um problema de saúde pública.

Em relação à antiga lixeira, embora alguns moradores tenham relatado que sua implantação provocou contaminação dos recursos hídricos no entorno, não foi possível confirmar, por meio das análises físico-químicas realizadas nas águas do igarapé vizinho, que esta contaminação ainda perdure. Provavelmente por se tratar de uma lixeira de pequeno porte, ter funcionado por pouco tempo, e estar desativada há quase um ano, o resíduo fluido contaminante derivado da sua operação já deve ter sido lixiviado. O mesmo fator que possibilitou a alegada contaminação, no caso o terreno extremamente arenoso e permeável, também serviu para que a pluma de contaminação fosse dispersa rapidamente.

Com relação à área indicada por Girão e Girão (2001) para implantação do aterro sanitário municipal, observou-se que, de acordo com as normas técnicas competentes (ABNT NBR's 10157/87 e 13896/97), o terreno possui dimensões satisfatórias e distâncias mínimas adequadas para os recursos hídricos, sejam superficiais ou subterrâneos, e comunidades. A parte mais superficial do solo, até 2,8m de profundidade, é predominantemente argilosa, ideal para servir de base para aterros sanitários; o enriquecimento em areia no solo a partir do nível 2,8m, que seria um fator complicador, é compensado pelo fato do nível freático ser profundo no local, ou seja, mais difícil de ser atingido por eventual contaminação.

Entretanto, a localização desta área em relação ao aeroporto do município, cuja pista está a apenas 4 km, não atende à distância mínima, de 13 km, estabelecida pela Resolução CONAMA 004/1995, que regulamenta a segurança dos voos no que diz respeito à proximidade com aterros sanitários, focos de atração de pássaros. Essa é uma questão a ser cuidadosamente abordada pela administração municipal junto a ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil, tendo em vista que a maior parte da área urbana de São Paulo de Olivença está

assentada sobre terrenos arenosos, impróprios para serem utilizados como depósitos de resíduos sólidos.

Com base nos dados observados, coletados e analisados neste estudo podem ser feitas as seguintes recomendações:

- Instalação de cercas e sinalização na área da lixeira desativada para restringir o acesso de pessoas e animais.
- Construção de quatro poços de monitoramento no entorno da lixeira desativada, ortogonais entre si e com pelo menos 15m de profundidade, para melhor diagnóstico de uma possível contaminação das águas subterrâneas.
- Realização de sondagens adicionais na área indicada para implantação do aterro sanitário, para melhor definir a extensão lateral das camadas e verificar a possibilidade da existência de locais com subsolo mais argiloso.
- Retomada urgente da coleta pública de resíduos sólidos após a definição de uma área para abrigar temporariamente a lixeira municipal. Como sugestão, caso haja entendimentos com o proprietário, poderiam ser utilizadas para esse fim as cavas onde foi extraída argila para a Olaria Martins.
- Gestões junto aos órgãos financiadores para busca de recursos para implantação do aterro sanitário municipal na área já indicada, na estrada do Bonfim, com vida útil mínima de 15 anos.

7.4.4 Áreas de Risco

A cidade de São Paulo de Olivença, na margem direita do rio Solimões, está assentada nas proximidades do limite entre as duas principais formações geológicas da região, as formações Solimões, onde predominam argilitos e siltitos, e Içá, com predominância de arenitos friáveis (**Anexo II**). Na maior parte do núcleo urbano ocorre um horizonte superficial arenoso, com espessura de até 8m, representante da Formação Içá.

O setor da cidade mais próximo ao rio Solimões possui topografia acidentada: está situado no topo de uma colina densamente entalhada, com encostas íngremes de até 30 m de altura, e por isso, os maiores fatores de risco geológico estão associados à instabilidade das encostas. A posição elevada da sede em relação ao rio Solimões faz com que ela não sofra com grandes áreas de alagamento em locais habitados.

Seguindo as indicações das áreas de risco geológico na zona urbana, com orientação do então Secretário Municipal de Meio Ambiente, Sr. Raimundo Fermin, a equipe da CPRM realizou visita técnica em quatro áreas, duas muito críticas, afetadas por constantes escorregamentos/desmoraamentos de terra; e duas, de pequenas dimensões, sujeitas a alagamentos das residências ali instaladas. As quatro áreas são descritas a seguir e podem ser visualizadas no **Anexo XII**.

- Áreas de risco de escorregamentos

- **Rua Tenreiro Aranha**

Toda a extensão desta rua, com mais de 600m, ocupa a borda de um talude muito íngreme, sub-vertical em alguns trechos, que, periodicamente, é afetado por escorregamentos de terra, os quais colocam em risco a integridade das instalações prediais ali existentes. As coordenadas geográficas S 03°27'42,6" / W 68°57'12,5" e S 03°27'41,4" / W 68°56'52,2" marcam o início e o final da rua Tenreiro Aranha, ao longo da qual estão assentadas 20 moradias e 10 estabelecimentos comerciais (incluindo 2 hotéis) em áreas de alto risco de desmoronamento (**Foto 7.4.4.1**). Segundo os moradores, quase todos os anos, logo após o período de cheias, a terra cede no barranco dos fundos dessa rua. Rachaduras e trincas nas calçadas do prédio da Feira Municipal e do Hotel Jean são evidências da instabilidade geológica da área em questão. A evidência maior, porém, é o rompimento de parte da rua, no entorno da coordenada geográfica S 03°27'41,3" / W 68°57'10,0", causado por um escorregamento que comprometeu a estabilidade de cinco moradias (**Foto 7.4.4.2**). Felizmente, nunca houve vítimas nos desmoronamentos, apenas danos materiais.

Além da configuração topográfica do local, inadequado para ocupação humana, a esparsa cobertura vegetal e a própria constituição geológica da parede do talude favorecem os processos erosivos. Na base do barranco existente ao lado do antigo porto, com cerca de 10m de altura, observam-se os argilitos cinzentos da Formação Solimões, que se estendem, na vertical, até a parte mediana do barranco; daí até o topo do talude ocorre uma camada de areia fina esbranquiçada, pouco argilosa, inconsolidada, da Formação Içá. A linha de contato dos argilitos com a camada arenosa é uma zona de instabilidade no talude, pois as águas pluviais que se infiltram facilmente pelas areias do topo encontram um obstáculo quando atingem a camada argilosa, bem mais impermeável, e acabam minando nesse local, criando olhos d'água que podem solapar a base da camada arenosa e causar desmoronamentos de terra.



Foto 7.4.4.1 – Moradia instalada em área de alto risco de escorregamento na rua Tenreiro Aranha, próximo ao Porto Flutuante.



Foto 7.4.4.2 – Vista do trecho onde a rua Tenreiro Aranha sofreu ruptura, devido a escorregamento de terra ocorrido no barranco adjacente. Ao fundo, rio Solimões.

- **Rua Dez de Novembro**

A rua 10 de Novembro é como uma continuidade da rua Tenreiro Aranha, no bairro Santa Terezinha (**Anexo XII**). Num trecho de 200m dessa rua, entre as coordenadas S 03°27'41,4" / W 68°56'41,8" e S 03°27'38,8" / W 68°56'35,7", ocorre um talude arenoso íngreme, com mais de 10 m de altura, muito suscetível a escorregamentos, que colocam sob alto risco de desmoronamento dezenas de moradias situadas no local. Na meia encosta foram observados olhos d'água que facilitam a instalação de processos erosivos, que podem conduzir a movimentos de massa. De acordo com o então Secretário de Meio Ambiente, em anos recentes ocorreu um pequeno escorregamento de terra nesse trecho, que afetou duas moradias, as quais foram condenadas e desocupadas (**Foto 7.4.4.3**).

Nessa área da rua 10 de Novembro, a Prefeitura Municipal cadastrou 68 residências sob risco de desmoronamento, sendo 4 moradias na parte alta do talude, 6 na meia encosta (nível da rua) e 58 na parte baixa (abaixo do nível da rua) (**Figura 7.4.4.1**). Algumas dessas casas já haviam sido evacuadas pela Prefeitura e seus ocupantes indenizados.



Foto 7.4.4.3 – Plano de ruptura onde parte de talude arenoso escorregou na meia encosta da rua 10 de Novembro.

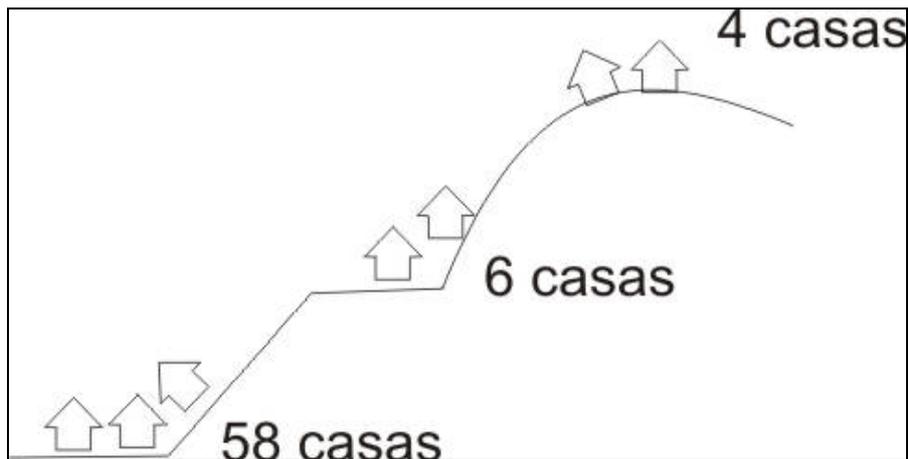


Figura 7.4.4.1 – Situação das casas sob risco de desmoronamento na rua 10 de Novembro.

O principal fator responsável pelos frequentes escorregamentos de terra na orla de São Paulo de Olivença é o próprio substrato onde a cidade está assentada, muito friável e suscetível à erosão, aliado à forte inclinação e altura das encostas fluviais. Um fator adicional, que acelera e potencializa os processos erosivos, é a ocupação inadvertida dessas áreas, naturalmente instáveis do ponto de vista geológico. Portanto, a expansão da ocupação humana nas áreas mapeadas como de alto risco de escorregamento (ruas Tenreiro Aranha e parte da rua 10 de Novembro) deve ser coibida e os atuais moradores devem ser conscientizados do perigo que correm. Como medida complementar, sugere-se a gradual retirada dos moradores, ainda que temporária, com seu deslocamento para locais mais seguros, até que estudos de detalhe estabeleçam a relação custo x benefício da implantação de obras de engenharia para contenção das encostas instáveis.

- Áreas de risco de alagamentos

- **Pontal de São João**

No extremo oeste da zona urbana, próximo ao futuro Terminal Portuário da cidade, existem duas dezenas de moradias que ocupam uma área rebaixada (coordenada geográfica S 03°27'44,7" / W 68°57'22,1") na margem esquerda do igarapé Iñakite (**Foto 7.4.4.4**). Por se tratar de área de planície de inundação, as moradias estão sob risco de alagamentos periódicos. Embora essas instalações já sejam construídas com o assoalho alguns metros acima do solo (palafitas), com a intenção de evitar inundações, no período das cheias da região, dependendo da intensidade destas, as propriedades correm o sério risco de serem alagadas.



Foto 7.4.4.4 – Palafitas instaladas na margem esquerda do igarapé Iñakite, em área de planície de inundação, sob risco de alagamentos.

- **Bairro Santa Terezinha**

Neste bairro, no final da rua Jasão Alves dos Santos, na margem esquerda do igarapé Ajaratuba, no entorno da coordenada geográfica S 03°27'43,4" e W 68°56'24,1" há seis moradias em área considerada de risco de alagamento, pois durante o período das cheias elas ficam ilhadas. Mesmo as construções já sendo adaptadas a esta situação, caso ocorra uma cheia extrema, seus ocupantes serão afetados pelas inundações.

Alagamentos e inundações também são fenômenos associados a processos naturais, inerentes à dinâmica fluvial, que ocorrem em áreas específicas; entretanto, os prejuízos causados por elas são frutos da ocupação desordenada dessas áreas, a qual pode e deve ser evitada. No caso de São Paulo de Olivença, tendo em vista o reduzido número de moradias sob risco de alagamento, se recomenda a retirada dos ocupantes dessas áreas, com sua transferência para locais a serem definidos pelos gestores municipais e estaduais.

Pelo que se observou em campo, a cidade tem amplas áreas planas em setores afastados da orla, como no bairro Bonfim, aptas à construção de conjuntos habitacionais. Segundo o então Secretário de Meio Ambiente, a Prefeitura Municipal e o Governo do Estado já haviam assinado um convênio e conseguido liberação de recursos financeiros, oriundos da Caixa Econômica Federal, para a construção de 30 residências, que seriam destinadas a moradores cadastrados nas áreas de risco da cidade. Com empenho das futuras administrações municipais, novos recursos podem ser buscados para construção de outras

residências, para onde poderiam ser transferidos todos os moradores que vivem em áreas de risco na zona urbana de São Paulo de Olivença.

7.4.5 Insumos minerais para construção civil

Na cidade de São Paulo de Olivença existe apenas uma olaria, particular, e dois areais, os quais são explorados pela Prefeitura Municipal (**Anexo XIII**). Os seixos são importados de empresas que os extraem do rio Japurá.

Olaria Martins

Localizada na estrada do Aeroporto, na coordenada S 03°28'28,5" e W 68°56'03,5", a Olaria Martins está em atividade desde o início do ano de 2008 e produz em média 45 mil tijolos de oito furos por mês, produção que não é suficiente para abastecer à demanda local, havendo necessidade de importação de outros municípios da região (**Foto 7.4.5.1**). Como fonte energética para o cozimento dos tijolos, é utilizada apenas lenha.

A argila utilizada como matéria-prima é extraída de terreno adjacente à olaria, por meio de valas, com cerca de 2,0 m de profundidade, que posteriormente são transformadas em açudes. Como a cava de onde havia sido feita a última extração já se encontrava cheia de água, não foi possível observar o afloramento (**Foto 7.4.5.2**). Entretanto, pela observação e análise da argila que estava sendo utilizada, pode-se descrevê-la como uma argila cinza clara, heterogênea, com muita matéria orgânica e alguma areia fina.



Foto 7.4.5.1 – Vista do galpão da Olaria Martins, localizada na estrada do Aeroporto



Foto 7.4.5.2 – Cava de onde foi extraída argila utilizada pela Olaria Martins

Para caracterizar melhor a argila utilizada como matéria-prima na Olaria Martins foi coletada uma amostra da mesma (SPO-05) e enviada para ensaios cerâmicos preliminares, os quais indicaram que essa argila tem uso recomendado também para confecção de cerâmica branca ou refratária (**Anexo V**).

Areal da Prefeitura

Localizado no bairro Bonfim, próximo à lixeira desativada, na coordenada geográfica S 03°28'45,6" e W 68°57'25,6", este terreno de solo francamente arenoso possui uma área superior a 1 hectare e é utilizado como fonte de areia quando necessário (**Foto 7.4.5.3**). Sua exploração é feita pela própria Prefeitura Municipal.

A espessura desse areal não foi determinada, mas estima-se, por observações de campo, que seja superior a 3,5 m. A areia extraída do local é pouco selecionada, possui coloração esbranquiçada e granulometria fina a média (**Foto 7.4.5.4**). No substrato observam-se afloramentos de arenitos escuros, ferruginosos, e de arenitos esbranquiçados, ambos friáveis, cuja decomposição dá origem ao areal em questão.



Foto 7.4.5.3 – Vista do areal localizado próximo da lixeira desativada, o qual é utilizado como fonte de areia para construção civil.



Foto 7.4.5.4 – Detalhe da areia que ocorre no areal da Prefeitura.

Areal do Aeroporto

Localizado nas proximidades da cabeceira do aeroporto, na coordenada S 03°27'56,0" e W 68°55'14,7", este terreno de solo francamente arenoso também é utilizado como fonte de areia para obras da própria prefeitura ou por moradores do município quando solicitado. O afloramento é em forma de ravinas originadas pela erosão pluvial (**Foto 7.4.5.5**). A areia contida neste local é bem selecionada, possui coloração esbranquiçada e granulometria fina, assemelhando-se a areia de praia.

O areal do Aeroporto abrange uma área superior a 3 hectares. Para determinar sua espessura foi realizada uma sondagem a trado, no interior de uma das ravinas, até 6,4 m de profundidade. Somando-se a espessura da parede da ravina, pode-se definir que a espessura deste horizonte arenoso é superior aos 8,4 m, o que permite estimar um volume significativo para o depósito, passível de exploração por muitos anos.

Em alguns pontos do areal é possível observar lentes argilosas nas paredes expostas, o que sugere se tratar de um antigo terraço fluvial. Também foram observados alguns níveis enriquecidos em micas escuras e um fino horizonte endurecido, rico em ferro, com 2,0 cm de espessura (**Foto 7.4.5.6**).

Para caracterizar melhor a areia foi coletada uma amostra da mesma (SPO-04) e enviada para análises granulométricas no laboratório da EMBRAPA em Manaus, as quais revelaram que o material explorado pode ser classificado como areia grossa, sendo composto por 94,3% de areia e por 5,7% de argila e silte (**Anexo IX**).



Foto 7.4.5.5 – Ravinas existentes no areal situado próximo ao aeroporto de São Paulo de Olivença.



Foto 7.4.5.6 - Horizonte endurecido, enriquecido em ferro, observado no areal situado próximo ao aeroporto

7.5 Amaturá

7.5.1 Aspectos gerais do município

Criado através de emenda à Constituição Estadual, em 10.12.1981, Amaturá faz fronteira com os municípios de Santo Antonio do Içá, Jutai e São Paulo de Olivença. Sua sede está situada na margem direita do rio Solimões, a cerca de 910 km em linha reta da cidade de Manaus (**Anexo I**). É um dos menores municípios do estado, com uma área de 4.759 km², ocupada por apenas 0,26% da população estadual. Sua economia equivale a 0,07% do PIB amazonense em 2006.

7.5.2 Avaliação das águas de abastecimento público

A cidade de Amaturá está assentada sobre os sedimentos arenosos da Formação Içá, que possuem boa porosidade e permeabilidade, ou seja, que se constituem em bom aquífero (formação geológica armazenadora de água), passível de exploração por meio de poços tubulares. Assim, o fornecimento público de água para consumo humano na zona urbana é feito a partir de captação subterrânea e está sob responsabilidade do SAAE – Serviço Autônomo de Águas e Esgotos, órgão municipal chefiado, na época dos trabalhos de campo, pelo Sr. Maurício Monteiro Santos, o qual acompanhou a equipe técnica durante a coleta de dados para a elaboração deste diagnóstico.

O SAAE contava com sete poços tubulares sob sua administração, quatro deles em operação normal, e três paralisados por problemas com as bombas submersas, as quais estavam sendo encaminhadas para reparos em Manaus. Além disso, há um poço público que foi perfurado há anos e nunca entrou em operação por falta de instalação de subestação elétrica. Segundo o Sr. Maurício, o volume de água produzido pelos sete poços é suficiente para atender toda demanda urbana.

A equipe técnica da CPRM visitou os sete poços do SAAE (PT-01, PT-04, PT-05, PT-07, PT-08, PT-10 e PT-12), que têm profundidades variando de 35 a 62 metros, obteve suas coordenadas geográficas e avaliou o entorno dos mesmos, o que permitiu a elaboração do **Anexo XIV** e da **Tabela 7.5.2.1**, onde constam a descrição física dos poços e os valores de pH e condutividade elétrica de suas águas medidos *in situ*. Infelizmente, o SAAE não dispõe da documentação técnica referente à construção dos poços, como perfis construtivos e perfis geológicos; assim, os dados de profundidade, vazão e ano de perfuração foram obtidos com base em informações verbais de funcionários do órgão.

A água subterrânea captada pelos poços PT-01, PT-04 e PT-05, com bombeamento de 18 horas por dia, alimenta um reservatório cilíndrico, de ferro e com capacidade de 100 m³, situado na sede do SAAE, de onde ocorre a distribuição, sem cloração, para a rede do setor central da cidade, onde vive a maior parte da população urbana (**Figura 7.5.2.1**). Já os poços

PT-07 e PT-08, que estavam paralisados, também com bombeamento de 18 horas/dia abastecem caixa d'água elevada, de concreto e com capacidade de 100 m³, que distribui, sem cloração, para parte da rede instalada no bairro Cidade Nova (**Figura 7.5.2.2**). Os poços PT-10 e PT-12 (paralisado) alimentam diretamente a rede de distribuição da Cidade Nova, sem passar por reservatórios (**Figura 7.5.2.3**). Deve-se ressaltar que, com exceção do PT-01 (sede do SAAE), os terrenos onde estão situados os poços não possuem cercas nem muros de proteção: o acesso aos mesmos é livre, fato preocupante quando se tem em mente que a qualidade da água fornecida à população está diretamente ligada à questão da saúde pública.



Figura 7.5.2.1 – À esquerda, sede do SAAE, com reservatório de água no primeiro plano e o poço PT-01 ao fundo; à direita, água jorrando do poço PT-04 para coleta de amostras.



Figura 7.5.2.2 – À esquerda, poço PT-07, que estava paralisado, com a bomba já retirada para reparos, na época dos trabalhos de campo; à direita, detalhe da boca desse mesmo poço.



Figura 7.5.2.3 – À esquerda, água jorrando do poço PT-10 para coleta de amostras; à direita, poço PT-12, que estava paralisado, com a bomba quebrada em seu interior.

Segundo os dados censitários de 2000, a população urbana de Amaturá era de 3.930 habitantes (IBGE, 2000). Em 2007, essa população passou para 4.731 habitantes (IBGE, 2007); a taxa de crescimento populacional nesse período permite estimar para o ano de 2009 um contingente aproximado de 4.990 pessoas na zona urbana (vide item 6.3). Os dados de 2007 indicam ainda uma média de 5,5 moradores por domicílio urbano em Amaturá.

De acordo com os dados do SAAE havia 800 ligações (pontos de água) cadastradas em seu sistema, cujos responsáveis pagam uma taxa fixa mensal. Com a média de 5,5 habitantes/domicílio pode-se inferir que cerca de 4.400 pessoas são abastecidas regularmente pela rede do sistema público de água de Amaturá (quase 90% da população urbana em 2009).

Considerando a necessidade média de 200 litros de água/habitante/dia, verifica-se que em 2009 seriam necessários 1.000 m^3 de água/dia para atender à demanda urbana de cerca de 5.000 pessoas. Segundo informação de um perfurador residente em Amaturá, os poços da zona urbana possuem vazão média de $30 \text{ m}^3/\text{h}$ para uma bomba submersa de 10 CV, normal para o aquífero Içá conforme observado em outras regiões. Portanto, com os sete poços do SAAE em operação, com vazão média de $30 \text{ m}^3/\text{hora}$ e regime de bombeamento de apenas 12 horas por dia, será produzido um total diário de água para consumo humano de 2.520 m^3 , mais do que o dobro do necessário para atender aos usuários do sistema, mesmo considerando as perdas, como vazamentos e ligações clandestinas.

Portanto, se os dados de vazão informados estiverem corretos, a quantidade de água não será problema para o abastecimento público de Amaturá para os próximos anos, desde que haja a extensão da rede de distribuição para toda a zona urbana. Porém, não há controle de qualidade das águas produzidas pelos poços públicos, isto é, não são realizadas análises periódicas que possam comprovar sua potabilidade. Assim, com objetivo de se detectar eventuais contaminações, foram coletadas amostras de água nos quatro poços ativos do SAAE

para a realização de análises físico-químicas em laboratório. Além disso, dos quatro poços, três foram amostrados para testes de coliformes totais, realizados na própria etapa de campo.

Também foram visitados os poços de duas escolas estaduais: Amaturá e São Cristóvão, em cujas águas, a exemplo dos poços paralisados do SAAE PT-07 e PT-08, foram determinados *in situ* os valores de pH e condutividade elétrica (**Tabela 7.5.2.1**). Nesses poços do SAAE, que estavam sem bomba no seu interior (**Figura 7.5.2.2**), as águas para os ensaios no campo foram coletadas com auxílio de uma garrafa plástica acoplada a um peso e um barbante.

Os resultados das análises laboratoriais e de coliformes nos quatro poços ativos do SAAE estão expostos na **Tabela 7.5.2.2**, que também contém, para comparação, os valores máximos permitidos (VMP) para cada parâmetro de acordo com a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, que estabelece os padrões de potabilidade de água para consumo humano. Os dados obtidos indicam que os quatro poços apresentam um ou mais parâmetros em desacordo com a Portaria 518/2004, conforme descrito abaixo (**Tabela 7.5.2.2**):

- o que está em melhor situação é o poço PT-04, cujas águas apresentaram apenas contaminação microbiológica, representada pela presença de coliformes. Esse tipo de contaminação pode ser eliminado com uma medida simples: a cloração das águas antes do seu consumo final;
- já as águas dos poços PT-01 e PT-10, além da contaminação por coliformes, revelaram excesso de turbidez e valores acima do máximo permitido para ferro (Fe), manganês (Mn) e cobalto (Co), com destaque para o PT-01, onde as concentrações de Fe e Mn são respectivamente oito e duas vezes acima do VMP; neste poço, também a cor das águas é bem superior ao VMP. Os valores elevados de turbidez e cor são resultantes do excesso de material particulado (argila e areia fina) em suspensão nas águas, proveniente de falhas na construção dos poços, como disposição inadequada do pré-filtro (seixos) no espaço anelar tubos/paredes, ou colocação das seções filtrantes (tubos serrilhados) em camadas argilo-arenosas, ou, ainda, da colocação da bomba em posição imprópria. Para eliminar esse tipo de problema é necessário conhecer o perfil construtivo e geológico dos poços e, aí, providenciar o desenvolvimento (limpeza) dos mesmos. Já as concentrações elevadas de Fe, Mn e Co muito provavelmente são de origem natural, já que o aquífero Içá possui alguns níveis enriquecidos nesses metais. A ausência de fontes contaminantes no entorno dos dois poços reforça a hipótese de contaminação natural. Para investigar melhor essa contaminação, e tentar eliminá-la, também se faz necessário conhecer o perfil construtivo e geológico dos poços. Ressalta-se que os três metais são micronutrientes essenciais ao metabolismo humano, porém, o consumo prolongado de águas com altas concentrações dos mesmos pode desencadear graves problemas de saúde, destacando-se a associação do mal de Parkinson com elevados níveis de Mn no organismo das pessoas afetadas (Selinus et al, 2005);

- o poço PT-05 também produz águas com concentrações de Fe e Mn acima do VMP, porém em níveis menores do que nos poços PT-01 e PT-10. Além disso, as águas do PT-05 possuem turbidez em desacordo com a Portaria 518/2004, também como resultado de falhas na construção desse poço.

Com os resultados das análises químicas efetuadas nas quatro amostras coletadas nos poços do SAAE foi elaborado o gráfico que define a classificação das águas com base nos principais íons presentes (Diagrama de Piper), o qual é apresentado na **Figura 7.5.2.4**. Como se observa, os pontos correspondentes aos poços contaminados por Fe e Mn e com turbidez elevada (PT-01, PT-05 e PT-10) se situam no campo das águas bicarbonatadas cálcico-magnesianas; já o poço PT-04, isento de contaminação química e com baixa turbidez, apresenta águas do tipo bicarbonatadas sódicas, evidenciando a diferença entre a qualidade química das águas subterrâneas de Amaturá.

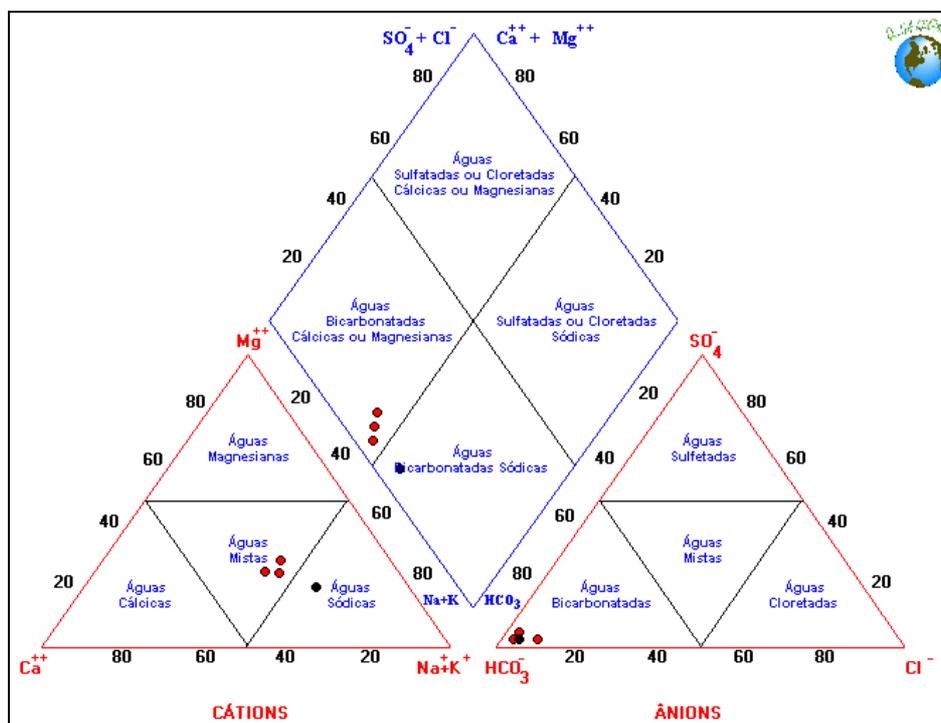


Figura 7.5.2.4 - Diagrama de Piper para as águas de quatro poços de abastecimento público em Amaturá (em cor vermelha: poços PT-01, PT-05 e PT-10; em cor preta: poço PT-04)

A partir das observações de campo e dos resultados das análises físico-químicas e microbiológicas podem ser feitas as seguintes recomendações no que diz respeito à questão do abastecimento público de água em Amaturá:

- instalação de hidrômetros em todos os pontos de ligações cadastradas no SAAE, de modo que o usuário pague efetivamente pelo seu consumo, desestimulando, assim, os desperdícios;
- instalação de muros ou cercas de proteção nos terrenos onde se situam os atuais poços públicos e os que venham a ser perfurados futuramente;
- para garantir a ausência dos coliformes (qualidade microbiológica) detectados nas águas dos poços do SAAE, faz-se necessária a implantação do processo de cloração, seja por meio de sistema de pastilhas de cloro nos próprios poços (os que alimentam diretamente a rede de distribuição) ou por casas de cloração, que promovam a adição do cloro nas águas provenientes de reservatórios. Enquanto isso não acontece, recomenda-se, após uma campanha educativa, distribuir à população frascos de hipoclorito de sódio, líquido que dever ser adicionado às águas de consumo humano para garantir a ausência dos coliformes;
- após os reparos nas bombas dos poços que estavam paralisados na época dos trabalhos de campo (PT-07, PT-08 e PT-12), devem ser coletadas amostras das águas dos mesmos e enviadas para análises físico-químicas e microbiológicas;
- execução de perfilagens geofísica e ótica em todos os poços de abastecimento público. Esse procedimento permitirá conhecer os perfis construtivos (posição das seções filtrantes e dos revestimentos) e geológicos (posição das camadas argilosas e arenosas) dos poços, de modo que se possam propor soluções, com maior rigor técnico, para os problemas detectados;
- após as perfilagens, nos poços que apresentarem águas com valores de cor e/ou turbidez em desacordo com as normas de potabilidade, deve ser feito o desenvolvimento dos mesmos: injeção de uma solução fluidificante (hexametáfosfato de sódio ou similar) e, após doze horas em repouso, injeção de água limpa e bombeamento pelo sistema *Air Lift* (compressor) até que todo material em suspensão seja eliminado;
- nos poços onde foram detectadas concentrações elevadas de Fe, Mn e/ou Co (PT-01, PT-05 e PT-10) deve ser realizada amostragem de metro em metro da coluna d'água, para se tentar determinar, com os resultados das análises químicas, os intervalos mais enriquecidos nesses elementos e, se possível, isolá-los. Caso o problema persista, há que se observar os resultados das análises dos poços que estavam paralisados: se os valores de Fe, Mn e Co forem baixos, recomenda-se que suas águas sejam misturadas, antes da distribuição final à população, com as águas dos poços com altos teores desses metais, numa tentativa de promover a diluição desses teores e tornar as águas próprias ao consumo humano. Caso nesses outros poços também se constatem concentrações elevadas de Fe, Mn e Co, evidencia-se que as águas subterrâneas na cidade de Amaturá são naturalmente de baixa qualidade química e não devem ser ingeridas. Isso se confirmando, para o fornecimento público de águas de boa qualidade nessa cidade, resta a opção de captação superficial no rio Solimões acoplada à instalação de uma pequena estação convencional de tratamento de águas;

- caso o fornecimento público de água na zona urbana continue sendo feito a partir de captação subterrânea, será necessária a construção de mais um reservatório de grande capacidade que atenda aos poços que injetam diretamente na rede, evitando com isso desgaste prematuro do conjunto moto-bomba;
- deve ser feita a cimentação de todos os poços do SAAE inoperantes, ou que venham a ser desativados, para evitar que os mesmos sirvam como conduto de eventuais contaminantes;
- o SAAE deve realizar, por meio de convênios com laboratórios públicos, análises físico-químicas trimestrais e microbiológicas mensais nas águas de seus poços, com vistas a monitorar continuamente sua qualidade e cumprir a legislação pertinente. Medida semelhante deve ser adotada pelas escolas.

Tabela 7.5.2.1 - Relação e algumas características dos poços tubulares visitados na cidade de Amaturá com os valores de pH e condutividade elétrica medidos *in situ*

Poço	Local	Situação	Ano de Perfur.	Prof (m)	Vazão (m ³ /h)	Fontes contaminantes no entorno	Amostra	pH	CE (µS/cm)
SAAE PT-01	Av. 21 de Junho – fundos do terreno do SAAE	Ativo	2000	62	?	Ausência de tampa protetora e fossa do SAAE a menos de 10m.	(FQ + Coli)	6,1	99
SAAE PT-04	Av. 21 de Junho	Ativo	1998	37	5,0	Ausência de tampa protetora e fossas residenciais a menos de 20m.	(FQ + Coli)	5,7	60
SAAE PT-05	Rua Raimundo Barroso	Ativo	1998	35	10,0	Não	(FQ)	5,6	73
SAAE PT-07	Rua dos Andradas x Rua Antonio dos Santos	Paralisado	1992	35	30,0	Não	-	6,6	52
SAAE PT-08	Rua Antonio dos Santos	Paralisado	1998	38	30,0	Não	-	6,4	79
SAAE PT-10	Rua das Indústrias - Bairro Cidade Nova	Ativo	2008	38	?	Ausência de tampa protetora	(FQ + Coli)	6,0	85
SAAE PT-12	Rua São Francisco – Bairro Cidade Nova	Paralisado	2008	40	?	Não	-	-	-
Esc. Estadual Amaturá	Rua Amazonino Mendes	Paralisado	?	?	?	Não	-	6,1	46
Esc. Estadual São Cristóvão	Rua Frei Pio	Ativo	?	35	?	Não	-	6,0	79

CE – Condutividade Elétrica; FQ – amostra para análises físico-químicas; Coli – amostra para teste de coliformes totais.

Tabela 7.5.2.2 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas nas águas coletadas nos poços tubulares da cidade de Amaturá

Poço	SAAE PT-01	SAAE PT-04	SAAE PT-05	SAAE PT-10	Valores de Referência Portaria MS 518/2004
Coliformes Totais	Presença	Presença	NA	Presença	Ausência
Turbidez (FTU)	57,5	0,5	15,1	16,1	< 5,0
Cor (mg Pt/L)	41,9	< LD	6,0	< LD	< 15,0
Alcalinidade (mgHCO ₃ ⁻ /L)	53,7	36,6	45,1	50,6	-
DQO (mg/L)	2,75	2,05	3,4	3,4	-
NO ₃ ⁻	0,02	0,73	0,73	0,37	< 10,0
NH ₄ ⁺	< LD	< LD	< LD	0,04	< 1,5
Cl ⁻	0,82	0,82	0,62	2,70	< 250
SO ₄ ⁻²	1,59	0,35	0,37	0,37	< 250
Na	6,59	5,35	5,68	5,73	< 250
K	2,54	2,76	2,45	2,95	-
Ca	4,28	2,42	3,98	5,06	-
Mg	2,84	1,23	1,99	2,34	-
Dureza	20,0	10,2	17,4	24,5	< 500
Si	26,83	20,18	25,46	30,04	-
Al	< LD	< LD	0,01	< LD	< 0,2
Fe	2,47	0,17	0,71	1,08	< 0,3
Mn	208	42	100	168	< 100
Ba	72	76	53	50	< 700
Co	7	4	3	5	< 5
Li	4	1	3	3	-

NA – não analisado; LD – Limite de detecção; Mn, Ba, Co e Li em µg/L, os demais em mg/L.

Também foram analisados Ag, As, Be, B, Cd, Cr, Cu, Mo, Pb, Se, Sn, Ti, V e Zn, porém todos os valores encontrados para esses elementos estão abaixo de seus LDs

Obs.: Destacam-se em vermelho os parâmetros em desacordo com Portaria MS 518/2004.

7.5.3 Avaliação da disposição final dos resíduos sólidos

Há mais de 20 anos a cidade de Amaturá vem utilizando como depósito de resíduos sólidos (DRS) municipal uma área com cerca de 1 hectare, situada no bairro Cidade Nova, no final da rua das Indústrias. O ponto central do terreno possui a coordenada geográfica S 03°22'10,6" e W 68°12'14,8" e está a apenas 400 m de distância do centro do município (**Foto 7.5.3.1 e Anexo XV**).

Segundo o então Prefeito Municipal, Sr. Luis Pereira, a cidade dispunha do serviço de coleta pública, mas ainda não havia implantado a coleta seletiva. A produção média diária de lixo era de cerca de 20 m³, sendo que os resíduos hospitalares eram incinerados.



Foto 7.5.3.1 – Vista da área da lixeira a céu-aberto de Amaturá

As observações de campo revelaram que o terreno utilizado como DRS de Amaturá não possui cerca de proteção, é relativamente plano e a vegetação em seu entorno é do tipo capoeira. Bem próximo aos seus limites, a menos de 50m, ocorre uma drenagem intermitente, denominada igarapé do Ceará, afluente do rio Acuruí, o qual é utilizado como balneário por moradores do município.

O DRS de Amaturá é uma lixeira a céu-aberto, já que o lixo é despejado em valas, com 1,5 m de profundidade, que são recobertas somente a cada 5 ou 6 meses, com a argila proveniente da abertura de nova vala para deposição do lixo.

Em entrevista com moradores próximos não foi relatada nenhuma reclamação em relação à possível contaminação dos recursos hídricos pela lixeira. Entretanto, a poucos metros do DRS existe uma fábrica de castanhas da Amazônia, cujos administradores reivindicam a mudança da lixeira para outro local, devido às normas internacionais para certificação do produto não aprovarem esta proximidade.

A fim de determinar o nível d'água local, avaliar a presença de indícios de contaminação no lençol freático e caracterizar a composição granulométrica do solo, fator este que indica a facilidade de infiltração e percolação de fluídos em subsuperfície, foi realizada uma sondagem a trado (AMT-01 S1) na coordenada S 03°22'9,4" e W 68°12'17,5", no limite noroeste da lixeira, próximo ao igarapé do Ceará, conforme ilustrado na **Foto 7.5.3.2**.



Foto 7.5.3.2 – Sondagem AMT 01 realizada na área da lixeira de Amaturá

Devido ao assoreamento no fundo da coluna de perfuração, em virtude de desmoronamento das paredes arenosas a partir dos 8,5 m de profundidade, a sondagem não evoluiu mais, e o poço foi então paralisado. Com base na análise tátil do solo, pode-se afirmar que ele é argiloso até os 2,5 m de profundidade e, a partir deste nível, predominantemente arenoso (**Tabela 7.5.3.1**). Por observações visuais, estima-se que o nível d'água esteja entre 9 e 10 m de profundidade, o que é um fator positivo para um local onde está instalado um DRS.

Como não foi possível a amostragem de água subterrânea, já que a sondagem não atingiu o nível d'água, para se avaliar a contaminação química dos recursos hídricos superficiais foi coletada uma amostra de água do igarapé Ceará, e determinado *in loco* os

valores de pH e condutividade elétrica (CE), dois bons parâmetros indicativos de contaminação antrópica. Os resultados das determinações foram: pH 6,7 e CE 217 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valores considerados anômalos e fortemente sugestivos de contaminação. Por essa razão, procedeu-se a coleta de duas amostras de água do igarapé Ceará, as quais foram enviadas para análises físico-químicas.

Tabela 7.5.3.1 – Perfil do solo atravessado pela sondagem AMT–01 S1 realizada na lixeira de Amaturá

0,0 m – 0,6 m	Argila plástica marrom claro
0,6 m – 2,6 m	Argila plástica branca avermelhada
2,6 m – 3,0 m	Areia argilosa fina/média alaranjada
3,0m – 6,5 m	Areia fina/média marrom claro
6,5 m – 8,5 m	Areia média marrom claro

De acordo com os resultados analíticos obtidos, observa-se que, além dos valores de pH e CE, as concentrações de amônio (NH_4^+), ferro (Fe), manganês (Mn), cálcio (Ca), alumínio (Al) e sódio (Na) estão em desacordo com os valores de referência ou tidos como normal para a região (**Anexo VIII – Tabelas 1 e 2**). Assim, os resultados comprovam a alteração antrópica do meio aquoso, neste caso pela inadequada disposição final dos resíduos sólidos, cuja lixiviação está provocando a contaminação dos recursos hídricos que drenam a lixeira de Amaturá.

O então Prefeito Municipal ponderou que Amaturá ainda não dispunha de um local destinado à implantação de um futuro aterro sanitário; entretanto, afirmou que existia uma área que estava cogitada para esse fim, a qual pertence ao Sr. Ivo dos Santos, que estaria interessado em vendê-la para a prefeitura. Numa visita ao local verificou-se que o terreno fica na coordenada S 3°21'54,9" e W 68°11'15,5", situa-se no limite sul da zona urbana, a 1,5 km do centro, e possui cerca de 12 ha de área plana (**Anexo XV**). A vegetação no entorno é de mata nativa e foi observada a existência de um igarapé a 90 m do limite do terreno, quando as normas técnicas recomendam a distância mínima de 200 m de qualquer curso d'água em relação a um DRS (ABNT NBR's 10157/87 e 13896/1997).

Para determinar o nível d'água local e caracterizar a composição granulométrica do solo foi realizada uma sondagem a trado (AMT-02 S1), na coordenada S 03°21'55,5" e W 68°11'18,5", até 10 m de profundidade (**Foto 7.5.3.3**). Com a sondagem foi possível definir o solo como essencialmente argiloso até os 3,2 m e, a partir desta profundidade, arenoso a arenoargiloso, conforme descrito na **Tabela 7.5.3.2**. Não foi possível atingir o nível d'água, que se encontra abaixo dos 10 m de profundidade, ou seja, é profundo, o que representa fator positivo para um local onde se pretende implantar um DRS. Porém, a presença de solos com

predomínio de areia já a partir de 3,2 m de profundidade é um fator negativo, já que tal tipo de solo não é recomendável para servir de base para DRS.

Após a conclusão da sondagem AMT-02 S1 foram coletadas cinco amostras de solo, uma de cada horizonte mais representativo, as quais foram enviadas para análises granulométricas no laboratório da EMBRAPA em Manaus. Conforme os resultados dessas análises, corroborando as descrições táteis e visuais feitas pelos técnicos no campo, o solo no local pode ser classificado como: muito argiloso/argilo-siltoso até os 3,0 m de profundidade; areno-argiloso entre 3,0 m e 7,0m, e franco-arenoso entre 7,0 m e 10,0 m (**Anexo IX**). Assim, é importante a realização de sondagens adicionais para melhor definir a extensão lateral das camadas areno-argilosas e verificar a possibilidade da existência de locais no terreno com subsolo mais favorável à implantação de DRS, ou seja, mais argiloso.



Foto 7.5.3.3 – Testemunhos de solo obtidos pela sondagem AMT-02 S1 realizada em área onde se avalia a favorabilidade para implantação do aterro sanitário de Amaturá.

Tabela 7.5.3.2 – Perfil do solo atravessado por sondagem realizada em área onde se estuda a viabilidade técnica de construção do aterro sanitário de Amaturá

0,0 m – 0,5 m	Argila bege
0,5 m – 2,9 m	Argila branca avermelhada
2,9 m – 3,2 m	Argila arenosa branca e vermelha
3,2 m – 3,5 m	Areia argilosa marrom claro
3,5 m – 5,0 m	Areia argilosa vermelho claro
5,0 m – 5,1 m	Areia fina/média com argila amarelada
5,1 m – 5,7 m	Areia fina/média com argila avermelhada
5,7 m – 7,8 m	Areia fina/média com argila marrom claro
7,8 m – 8,3 m	Areia fina/média branca
8,3 m – 10,0 m	Areia fina/média com pouca argila bege

Por tudo exposto acima, pode-se concluir que os valores de pH e condutividade elétrica anômalos, além das concentrações de amônio (NH_4^+), Fe, Mn, Ca e Na encontradas nas águas do igarapé Ceará em níveis acima dos valores de referência estabelecidos, comprovam a contaminação química, causada pela lixeira de Amaturá, nos recursos hídricos superficiais. Como não foi possível amostrar a água subterrânea, não se pode afirmar que o lençol freático no local também esteja contaminado. Mesmo atentando ao fato de que os resíduos sólidos estão depositados em valas com 1,5 m de profundidade, ainda existe uma camada de 1,0 m de espessura de argila para dificultar a percolação dos resíduos líquidos (chorume) e a contaminação das águas subterrâneas, que se encontram abaixo de 8,0 m de profundidade. Desta forma, a contaminação do igarapé Ceará deve estar sendo causada pelo escoamento da água pluvial proveniente da lixeira.

Portanto, o DRS de Amaturá está em desconformidade com as normas técnicas competentes (ABNT NBR's 10157/87 e 13896/97), por não respeitar as distâncias mínimas em relação a cursos d'água, cuja contaminação foi confirmada neste estudo.

Na área sugerida pela administração municipal para implantação do aterro sanitário o terreno possui dimensões satisfatórias e o tipo de solo superficial, essencialmente argiloso, é o ideal para dar suporte a um DRS. O espesso horizonte arenoso a areno-argiloso abaixo dos 3,0m de profundidade é um fator limitante, já que facilita a infiltração do chorume no lençol freático; este, porém, é profundo (abaixo de 10m), fato que ameniza a existência do referido horizonte arenoso no solo. Porém a proximidade de um igarapé com o terreno limita a área útil a ser utilizada, já que, de acordo com as normas técnicas, o DRS deve respeitar uma distância mínima de 200 m em relação a qualquer curso d'água (ABNT NBR's 10157/87 e 13896/97).

Com base nos dados observados, coletados e analisados neste estudo podem ser feitas as seguintes recomendações:

- Instalação de cercas e sinalização na área da atual lixeira para restringir o acesso de pessoas e animais.
- Não permitir a utilização da água do igarapé Ceará para consumo humano ou agrícola e realizar outras amostragens ao longo do seu curso para delimitar a extensão da contaminação observada.
- Construção de quatro poços de monitoramento, ortogonais entre si e com pelo menos 20m de profundidade, no entorno da atual lixeira e posterior realização de amostragens e análises da água subterrânea coletada nesses poços a cada três meses.
- Detalhamento da investigação da área descrita como potencial para construção do novo aterro municipal: delimitar exatamente a extensão do terreno; percorrer todo perímetro para verificar a existência de outros cursos d'água; realizar no mínimo cinco sondagens a trado mecanizado, sendo quatro nas extremidades e uma no centro do terreno, para caracterizar o tipo de solo e o nível d'água. Caso esta área se mostre inviável tecnicamente, devem ser realizados estudos para identificação e seleção de outros locais que possam abrigar o futuro aterro sanitário municipal.
- Gestões junto aos órgãos financiadores para busca de recursos para implantação do aterro sanitário municipal na área que vier a ser indicada. Tal aterro deve ter uma vida útil mínima de quinze anos.
- Desativação do atual DRS o mais breve possível.

7.5.4 Áreas de Risco

A cidade de Amaturá está instalada na confluência do rio Acuruí com o rio Solimões. Pelo fato de o núcleo urbano estar situado, topograficamente, bem acima do nível máximo das águas fluviais, não há áreas na cidade sob risco de alagamentos. Porém, a forte declividade da margem direita do rio Acuruí representa fator de risco para as moradias assentadas muito próximas ao talude (barranco fluvial). Nos trabalhos de reconhecimento das áreas de risco geológico em Amaturá, a equipe técnica da CPRM identificou apenas uma área habitada sujeita a sofrer os impactos decorrentes de movimentos de massa, como escorregamentos ou desmoronamentos, conforme apresentado no **Anexo XIV** e descrito a seguir.

Na rua Solimões, em toda sua extensão de cerca de 300m, existem 20 instalações residenciais e comerciais, quase todas de madeira, ancoradas de forma rudimentar na encosta íngreme e pouco vegetada da margem direita do rio Acuruí, mesma situação de 8 moradias observadas no início da rua Castelo Branco, que é a continuidade da rua Solimões no sentido de jusante. Toda essa faixa, de aproximadamente 400m de extensão ao longo da margem íngreme do rio Acuruí, representa área de médio a alto risco de escorregamento e, portanto, risco de desabamento das moradias ali instaladas (**Fotos 7.5.4.1 e 7.5.4.2**). A gradação entre

as intensidades de risco varia de acordo com a inclinação e altura da encosta, que era de até 10m acima do nível d'água na época dos trabalhos de campo. Na maior parte das moradias/comércio o risco pode ser considerado médio e, em alguns locais específicos, de maior declividade, alto.

Evidências da instabilidade do talude da margem direita do rio Acuruí são trincas de deslocamento observadas na calçada de moradias da rua Solimões e, principalmente, o rompimento de um muro de proteção construído no final da rua Acuruí (extremo oeste da zona urbana), que também margeia o rio homônimo, porém não possui moradias assentadas na encosta (**Foto 7.5.4.3**).



Foto 7.5.4.1 – Vista dos fundos de moradias da rua Solimões precariamente ancoradas na encosta íngreme da margem direita do rio Acuruí



Foto 7.5.4.2 – Talude do final da rua Solimões (direita) e início da rua Castelo Branco.



Foto 7.5.4.3 – Vista de muro de proteção de encosta rompido, no final da rua Acuruí.

A rua Solimões se inicia na coordenada geográfica S 03°21'39,5" / W 68°11'58,7", adjacente à fábrica de gelo (desativada) existente na base do talude fluvial, e termina na coordenada S 03°21'34,9" / W 68°11'50,8". Alguns flutuantes (moradias e comércio) situados

ao largo da base da encosta da rua Solimões, assim como a fábrica de gelo, também podem ser afetados caso haja desmoronamentos/escorregamentos nessa encosta e, portanto, também estão situados em área considerada de risco (**Foto 7.5.4.4**).



Foto 7.5.4.4 – Fábrica de gelo desativada, situada na base de encosta íngreme do rio Acuruí.

As moradias em situação de risco em Amaturá estão assentadas, de forma precária, diretamente sobre os solos argilo-arenosos da Formação Içá, sem que haja nenhum tipo de impermeabilização ou sistemas de drenagem que canalizem as águas pluviais, o que poderia evitar erosão e infiltração (saturação) ao longo da encosta. Tal fato, aliado ao lançamento de águas servidas nas próprias encostas, como observado em alguns pontos, também contribui para a instabilidade dos taludes e pode induzir e/ou acelerar os processos erosivos de escorregamentos e deslizamentos.

Os fenômenos de movimentos de massa são decorrentes de processos naturais inerentes à dinâmica fluvial e que dificilmente podem ser evitados; entretanto, as perdas materiais e humanas são frutos da ocupação desordenada dessas áreas instáveis, a qual pode e deve ser impedida. No caso de Amaturá, tendo em vista o reduzido número de moradias sob risco, se recomenda a imediata retirada dos ocupantes dessas moradias, ainda que temporária, com sua transferência para locais a serem definidos pelos gestores municipais e estaduais, até que estudos de detalhe estabeleçam a relação custo x benefício da implantação de obras de engenharia para proteção das encostas da margem direita do rio Acuruí.

7.5.5 Insumos minerais para construção civil

Na cidade de Amaturá há apenas uma olaria, denominada Olaria São Cristovão, um empreendimento particular que atende à demanda local por tijolos e exporta o excedente da produção para municípios vizinhos (**Anexo XV**). A areia é extraída de forma artesanal do leito do rio Acuruí e os seixos, assim como em toda região do alto Solimões, são importados de empresas que os extraem do rio Japurá.

Olaria São Cristovão

Localizada na rua Padre Roberto, às margens do rio Acuruí, na coordenada S 03°22'9,9" e W 68°12'21,5", a Olaria São Cristovão está em funcionamento há 20 anos e produz, em média, 50 mil tijolos/mês (**Foto 7.5.5.1**). Desde sua fundação, a argila utilizada como matéria-prima é extraída de terreno próprio, por meio de cortes em barrancos (**Foto 7.5.5.2**), e nunca havia sido feita nenhuma análise deste material. O horizonte argiloso explorado na época dos trabalhos de campo ficava a 300 m do galpão principal, em uma área com cerca de 0,7 hectares, sendo que a espessura da camada útil varia entre 2,5 e 3,0 m, valor inferido com base em observações visuais.

A argila extraída para confecção dos tijolos é de coloração branca-avermelhada, é bastante plástica, e encontra-se abaixo de uma camada superficial, também argilosa, de coloração marrom-avermelhada com alto teor de quartzo.

Para uma melhor caracterização da argila utilizada como matéria-prima pela Olaria São Cristovão foi coletada uma amostra da mesma (AMT-03) e enviada para ensaios cerâmicos preliminares, os quais indicaram que essa argila tem uso recomendado somente para cerâmica vermelha (**Anexo V**).



Foto 7.5.5.1 – Vista do galpão da Olaria São Cristovão, em Amaturá



Foto 7.5.5.2 – Jazida de extração da argila utilizada pela Olaria São Cristovão

7.6 Santo Antônio do Içá

7.6.1 Aspectos gerais do município

Criado em 10/12/1981, por meio de emenda à Constituição Estadual, Santo Antônio do Içá faz fronteira com os municípios de Jutai, Japurá, Amaturá, Tonantins, Tabatinga, São Paulo de Olivença e a República da Colômbia. Sua sede está situada na margem esquerda do rio Solimões a cerca de 880 km em linha reta da cidade de Manaus (**Anexo I**). É o trigésimo quarto maior município do estado, com uma área de 12.308 km², ocupada por apenas 0,91% da população estadual. Sua economia equivale a 0,21% do PIB amazonense em 2006.

7.6.2 Avaliação das águas de abastecimento público

Apesar da cidade de Santo Antônio do Içá estar assentada sobre os sedimentos arenosos da Formação Içá, que possuem boa porosidade e permeabilidade e que se constituem em bom aquífero (formação geológica armazenadora de água), passível de exploração por meio de poços tubulares, o fornecimento público de água na zona urbana é feito principalmente a partir de captação superficial, num igarapé afluyente do rio Solimões. O sistema de abastecimento está sob responsabilidade do Departamento de Águas de Santo Antônio do Içá - DAS, chefiado, na época dos trabalhos de campo, pelo Sr. Cristóvão Braga, que disponibilizou todas as informações técnicas necessárias para a realização deste diagnóstico.

A captação de água bruta é feita em barragem do igarapé São Salvador, na periferia da cidade, num ramal da estrada da Olaria, no ponto de coordenadas geográficas 3°05'18,0" S e 67°56'25,1" W. No local, o igarapé tem vale íngreme, as margens são florestadas e não há moradores a montante, porém não há cerca de proteção, o acesso é livre. Segundo o Sr. Cristóvão, o igarapé São Salvador tem boa vazão de água o ano todo. Desse ponto de captação a água é bombeada, por meio de uma bomba com capacidade de 75 m³/h, para a Estação de Tratamento de Águas – ETA convencional, situada a cerca de 1.500m em linha reta, na coordenada geográfica 03°06'02,0" S e 67°56'44,3" W, no bairro Campinas (**Anexo XVI e Figura 7.6.2.1**). O bombeamento é dificultado pela alta declividade da margem direita do igarapé São Salvador, com desnível topográfico de mais de 30m.

Na ETA, o processo de tratamento da água, para torná-la própria ao consumo humano, é o seguinte:

- adição de sulfato de alumínio na água bruta, que provoca a coagulação e floculação dos sólidos em suspensão (matéria orgânica e argilas);
- passagem da água com sulfato de alumínio por dois filtros cilíndricos de seixos e areia, os quais retêm o material sólido previamente floculado;
- bombeamento da água, já clarificada, para um reservatório apoiado de concreto (100 m³ de capacidade), onde é feita a cloração;

- bombeamento da água clorada para uma caixa de água cilíndrica, de metal e com capacidade de 100 m³, situada na sede do Departamento de Águas (**Anexo XVI**);
- distribuição da água à população, por gravidade, com bombeamento de 12 horas/dia.

Devido à reduzida capacidade elétrica dos sistemas de bombeamento, da captação bruta para a ETA e desta para a caixa de água elevada, o DAS dividiu a área urbana em quatro setores, abastecendo cada um deles por um período médio de apenas três horas diárias.

Deve-se ressaltar que, segundo informações do Sr. Cristóvão, logo após períodos de chuvas intensas, as águas do igarapé São Salvador tornam-se muito barrentas e os filtros da ETA não são capazes de depurá-las de modo satisfatório. Em média, os dois filtros do sistema são lavados de 3 em 3 dias. Também é importante mencionar que, na época dos trabalhos de campo, havia mais de um mês que as águas não estavam sendo cloradas, pela falta do material específico (cloro em pó), ou seja, a ETA estava apenas adicionando o coagulante e filtrando as águas brutas. Por esses motivos, a maior parte da população se utiliza das águas fornecidas pelo DAS somente para usos secundários; para consumo primário recorre a cerca de uma dezena de poços tubulares comunitários espalhados pela cidade, conforme será descrito adiante.



Figura 7.6.2.1 - À esquerda, local de captação de água bruta no igarapé São Salvador; à direita, vista da ETA de Santo Antônio de Içá, com os filtros em primeiro plano.

Segundo os dados censitários de 2000, a população urbana de Santo Antônio do Içá era de 7.906 habitantes (IBGE, 2000). Em 2007, essa população passou para 11.733 habitantes (IBGE, 2007); a taxa de crescimento populacional nesse período permite estimar para o ano de 2009 um contingente aproximado de 13.134 pessoas na zona urbana (vide item 6.3). Os dados de 2007 indicam ainda uma média de 6,0 moradores por domicílio urbano.

De acordo com o Sr. Cristóvão, cerca de 90% da população urbana é atendida pela rede de distribuição de água tratada. Porém, o DAS registra apenas 870 ligações (pontos de

água) cadastradas no sistema, cujos responsáveis pagam uma taxa fixa mensal. Com a média de 6,0 hab/domicílio pode-se inferir que aproximadamente 5.200 pessoas são abastecidas regularmente pela rede do sistema público de água (somente 40% da população urbana); o restante da população faz uso de ligações clandestinas ou utiliza outros meios, como os já citados poços comunitários, para obtenção das águas necessárias para seu dia-a-dia.

Considerando a necessidade média mundial de 200 litros de água por habitante por dia, verifica-se que atualmente são necessários 2.630 m³ de água por dia para atender à demanda urbana de 13.134 pessoas. A bomba que capta água bruta no igarapé São Salvador tem capacidade de 75 m³/hora e funciona 12 horas/dia; produz, portanto, 900 m³ de água por dia, muito aquém da necessidade da população urbana. Mesmo que funcionasse 24 horas/dia, ainda assim a produção da bomba seria insuficiente para atender à demanda urbana. Portanto, é notória a falta de capacidade do sistema municipal de abastecimento de água em suprir as necessidades da população da cidade de Santo Antônio do Lçá. Além disso, a cobrança de taxas fixas mensais gera uma cultura de desperdício nos consumidores, que reclamam dos problemas frequentes de desabastecimento, porém mantêm hábitos inadequados de uso em excesso, além dos limites da capacidade de oferta do sistema público.

Não há controle periódico da qualidade das águas produzidas pelo DAS, com análises físico-químicas e microbiológicas que possam atestar sua potabilidade. Assim, com objetivo de verificar a eficiência do tratamento realizado na ETA, neste estudo foram coletadas amostras de água para análises laboratoriais, teste de coliformes totais e determinações *in situ* dos valores de pH e condutividade elétrica (CE), em dois pontos do sistema: no local de captação no igarapé São Salvador (água bruta) e na saída da caixa de água de distribuição final (água tratada), na sede do DAS. Além disso, foram medidos os valores de CE e pH na água tratada em uma ponta da rede de distribuição (residência no bairro São Francisco – **Anexo XVI**). Os resultados das análises *in situ* e de laboratório estão expressos na **Tabela 7.6.2.1**, que também contém, para comparação, os valores legais de referência para águas brutas (Resolução CONAMA 357/2005) e águas de consumo humano (Portaria MS 518/2004).

Como se observa, nas águas coletadas no igarapé São Salvador não há nenhum parâmetro em desacordo com os valores de referência para águas classe 2 da Resolução CONAMA 357/2005, que são águas destinadas, entre outros fins, para abastecimento humano após tratamento convencional, isto é, a água bruta captada atende à legislação vigente (**Tabela 7.6.2.1**). Já as águas tratadas apresentam dois parâmetros físicos, cor e turbidez, com valores acima do máximo permitido pela Portaria MS 518/2004, que regulamenta a potabilidade das águas para consumo humano, provavelmente por deficiências no processo de filtração na ETA; além disso, nessas águas, em desacordo com a legislação, foi detectada presença de coliformes totais, problema resultante da ausência de cloração na ETA. Já os valores de pH e CE medidos na ponta de rede são similares aos obtidos na amostra coletada na saída da caixa de

distribuição final, o que indica que nos dois pontos a qualidade físico-química das águas é semelhante (**Tabela 7.6.2.1**).

Pelo exposto acima, os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas nas águas de abastecimento público em Santo Antônio do Içá, antes e após o tratamento, evidenciam que o processo aplicado na ETA não está adequado e deve ser revisto, enfatizando-se a necessidade da cloração contínua dessas águas, providência simples que elimina a principal contaminação bacteriológica, oriunda da presença de coliformes.

Assim, devido aos inúmeros problemas existentes no sistema público de abastecimento de água de Santo Antônio do Içá, com a falta de capacidade em suprir as necessidades da maior parte da população urbana, a partir do ano 2000 foram perfurados, com recursos da Prefeitura Municipal, uma dezena de poços tubulares comunitários em diversos bairros da cidade. Todos os poços são equipados com bombas injetoras de baixa potência, e não estão ligados a nenhuma rede de distribuição: a maioria alimenta caixas d'água de pequena capacidade (1 a 2 m³), enquanto alguns têm apenas uma torneira da qual os comunitários se abastecem. Esses poços são administrados e operados pelos próprios moradores vizinhos, que só acionam a prefeitura quando ocorrem problemas nas bombas. Representam a principal fonte de consumo primário de águas na zona urbana.

A equipe técnica da CPRM visitou nove poços comunitários, todos com profundidade em torno de 36m, obteve suas coordenadas geográficas e avaliou o entorno dos mesmos, o que permitiu a elaboração do **Anexo XVI** e da **Tabela 7.6.2.2**, onde constam a descrição física dos poços e os valores de pH e CE de suas águas medidos *in situ*. Na zona urbana, também foram visitados e avaliados os poços de cinco escolas, do Hospital Adalberto Marzi, de uma associação comunitária, da Polícia Federal e quatro poços particulares dos quais algumas famílias vizinhas se abastecem (**Anexo XVI** e **Tabela 7.6.2.2**). Infelizmente, não se dispõe da documentação técnica relativa aos poços visitados, como perfis construtivos e perfis geológicos; assim os dados de profundidade e ano de perfuração foram obtidos com base em informações verbais de comunitários e do Sr. Elias Pedrosa, responsável pela perfuração de mais de 100 poços na cidade. Segundo o Sr. Elias, na zona urbana o nível d'água é encontrado entre 12 e 18m abaixo da superfície e, de modo geral, até 15m de profundidade predominam camadas argilo-arenosas e, daí até 36m, ocorrem camadas arenosas.

Por estudos desenvolvidos em outros locais sabe-se que as águas do aquífero Içá, quando não contaminadas, possuem pH ácido, em torno de 4,5 a 5,5, e condutividade elétrica (CE) baixa, em valores menores que 40 µS/cm, fruto da reduzida quantidade de sais dissolvidos. Valores de pH abaixo de 4,0 ou acima de 6,0 sugerem algum tipo de influência antrópica, como infiltração de esgotos domésticos; valores de CE acima de 60 µS/cm também são fortemente sugestivos de águas contaminadas. Assim, o pH e a CE, medidos na boca do

poço, são bons indicativos de contaminação química, que só pode ser confirmada por meio das análises laboratoriais.

Com base nos valores de pH e CE e nas observações de campo, visando à detecção de eventuais contaminações, foram coletadas amostras de água em oito, dos 21 poços visitados na zona urbana, para envio aos laboratórios do INPA e LAMIN, onde se processaram as análises físico-químicas. Além disso, quatro poços foram amostrados para testes de coliformes totais, realizados na própria etapa de campo. Apesar de apresentarem valores de pH e CE normais para o aquífero Içá, alguns poços foram amostrados para servirem como referência (**Tabela 7.6.2.2**). Os resultados das análises laboratoriais e de coliformes estão expostos na **Tabela 7.6.2.3**, que também contém, para comparação, os valores máximos permitidos (VMP) para cada parâmetro de acordo com a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, que estabelece os padrões de potabilidade de água para consumo humano.

Os dados obtidos indicam que, dos poços amostrados, apenas três possuem águas que atendem aos padrões de potabilidade: os poços comunitários dos bairros Santa Etelvina, Campinas II e Campinas I; porém, este último já apresenta concentração de nitrato (NO_3^-) indicativa de início de processo de contaminação química, talvez devido à ausência de tampa protetora (**Figura 7.6.2.2**). Os demais poços apresentam um ou mais parâmetros em desacordo com a Portaria 518/2004, conforme descrito abaixo (**Tabela 7.6.2.3**):

- o poço comunitário do Bairro São José e o poço do Hospital Adalberto Marzi revelaram valores de turbidez em suas águas acima do máximo permitido, fruto do excesso de material particulado (argila e areia fina) em suspensão (**Figura 7.6.2.3**). Tal excesso é resultante de falhas na construção dos poços, como disposição inadequada do pré-filtro (seixos) no espaço anelar tubos/paredes, ou colocação das seções filtrantes (tubos serrilhados) em camadas argilo-arenosas. Para eliminar esse problema é necessário conhecer o perfil construtivo e geológico dos poços e, aí, providenciar o desenvolvimento (limpeza) dos mesmos; além disso, as águas do poço do Hospital apresentaram concentração de ferro (Fe) em desacordo com a Portaria 518/2004. Provavelmente, tal tipo de contaminação é natural, já que o aquífero Içá possui alguns níveis enriquecidos nesse metal. O problema na prática não é relevante, pois as águas desse poço não são utilizadas para consumo primário, somente para lavagens e descargas;

- as águas do poço comunitário do Bairro Independência e do poço da Escola Estadual Santo Antônio revelaram presença de coliformes e concentrações acima do VMP para nitrato (NO_3^-), manganês (Mn) e cobalto (Co) (**Figura 7.6.2.4**); além disso, no poço da Escola foi detectado excesso de turbidez, problema ligado à construção inadequada desse poço, como explicado acima. As contaminações por coliformes e nitrato são resultantes da existência de fossas a menos de 30m dos citados poços e são muito preocupantes, pois as águas dos mesmos são utilizadas, sem cloração, para consumo primário. Já as contaminações por Mn e Co devem ter origem natural, pois não há fonte contaminante próxima que possa explicar as concentrações

elevadas desses metais nas águas. O Co é um micronutriente essencial ao metabolismo humano, como componente da vitamina B₁₂; porém, o consumo prolongado de águas com excesso desse metal pode desencadear graves problemas cardíacos. O Mn também é um micronutriente, entretanto seu excesso nas águas de consumo humano pode induzir a sérios problemas neurológicos, como o mal de Parkinson (Selinus et al, 2005);

- nas águas do poço da Escola Estadual Eduardo Ribeiro, a exemplo do poço da Escola Santo Antônio, situado a poucos metros de distância, também foi detectada presença de coliformes, devido à existência de fossas muito próximas. Além disso, as concentrações de sódio (Na) e cloreto (Cl) são indicativas de início de processo de contaminação química.



Figura 7.6.2.2 – Vista dos poços comunitários dos bairros Santa Etelvina (esquerda) e Campinas I (direita).



Figura 7.6.2.3 – À esquerda, poço comunitário do Bairro São José, sem ligação com caixas d'água; à direita, águas do poço do Hospital Adalberto Marzi: amostra com água muito turva (vasilhame maior) e amostra filtrada (vasilhame menor).



Figura 7.6.2.4 – Poço comunitário do bairro Independência, na rua Pres. Vargas (esquerda), e poço da Escola Estadual Santo Antônio (direita), ambos contaminados por coliformes e nitratos em virtude de estarem situados muito próximos a fossas.

Com o resultado das análises químicas realizadas nas dez amostras de água coletadas em Santo Antônio do Içá foi elaborado o gráfico que define a classificação dessas águas com base em seus principais íons (diagrama de Piper), o qual é apresentado na **Figura 7.6.2.5**. Como se observa, a água tratada pela ETA mostra um comportamento similar ao da água bruta: ambas são classificadas como bicarbonatadas sódicas, o que evidencia que o tratamento efetuado quase não interfere com as características químicas dessas águas. Os poços isentos de contaminação de origem antrópica (coliformes e nitratos), com exceção do poço do bairro São José, também se situam no campo das águas bicarbonatadas sódicas; já os poços com tal tipo de contaminação produzem águas com um padrão diferente, classificadas como cloretadas sódicas (**Figura 7.6.2.5**).

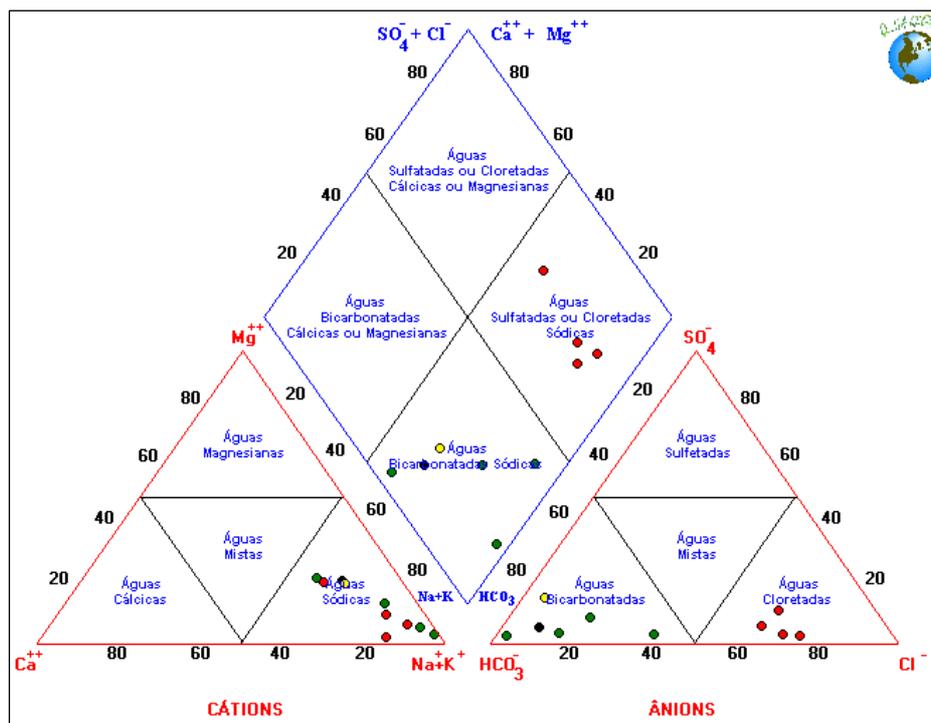


Figura 7.6.2.5 - Diagrama de Piper para as águas de Santo Antônio do Içá (em cor preta: igarapé São Salvador (captação de água bruta); em amarelo: saída da ETA; em azul: poços comunitários dos bairros Sta. Etelvina e Campinas I e II e do Hospital; em vermelho: poços comunitários dos bairros Independência e São José e das Escolas Eduardo Ribeiro e Sto. Antônio).

A partir das observações de campo e dos resultados das análises físico-químicas e microbiológicas são feitas as seguintes recomendações e considerações finais no que diz respeito à questão do abastecimento público de água em Santo Antônio do Içá:

- tendo em vista os inúmeros problemas existentes no sistema urbano de abastecimento de água, com captação superficial no igarapé São Salvador e bombeamento para a ETA de baixa capacidade operacional, e sabendo-se que a cidade está assentada sobre uma boa formação aquífera (Aquífero Içá), recomenda-se, gradativamente, a desativação do atual sistema, que atende menos da metade da população, e a substituição do mesmo por captação subterrânea (bateria de poços tubulares alimentando um reservatório onde as águas seriam cloradas antes da distribuição final). Assim, os gestores municipais devem buscar recursos financeiros para a perfuração de pelo menos oito poços tubulares na zona urbana. Considerando as vazões médias do aquífero Içá na região, em torno de 40 m³/h, oito poços com regime de bombeamento de 12 horas/dia produziram cerca de 3.840 m³/dia de água, suficiente para atender à demanda urbana nos próximos sete a oito anos, levando-se em conta a taxa média anual de crescimento populacional urbano de 5,8% (vide item 6.3). Esses poços deverão ser perfurados em locais isolados, sem fonte contaminantes nas proximidades, ter entre 50 e 60m de profundidade e sua construção deve obedecer às normas técnicas recomendadas (**Anexo XXX**). Nesse sentido, na busca de recursos financeiros também deverão estar contemplados

os gastos com a ampliação da rede de distribuição de água, estendendo-a até os bairros mais distantes;

- enquanto o atual sistema estiver em operação, por medida de segurança, devem ser instaladas cercas e/ou muros de proteção no entorno do ponto de captação de água bruta no igarapé São Salvador de modo a restringir o acesso de pessoas e animais; ao mesmo tempo, na ETA há necessidade de redimensionamento dos filtros, ou de lavagens mais freqüentes dos mesmos, para que a água tratada apresente cor e turbidez compatível com a legislação pertinente; e, ponto fundamental, a cloração das águas, antes da distribuição à população, é um aspecto que não pode ser negligenciado: esse procedimento, simples e barato, elimina a presença da principal contaminação bacteriológica, representada pelos coliformes;

- deve-se providenciar a instalação de registros de água com contadores (hidrômetros) em todos os pontos de ligações do sistema, de modo que o usuário pague efetivamente pelo seu consumo, desestimulando, assim, os desperdícios;

- o Departamento Municipal de Águas deve providenciar, por meio de convênios com laboratórios públicos, análises físico-químicas e microbiológicas periódicas das águas fornecidas à população, com vistas a monitorar continuamente sua qualidade e cumprir a legislação pertinente;

- não dever ser permitido o consumo humano das águas do poço comunitário do bairro Independência (rua Pres. Vargas) e do poço da Escola Est. Santo Antônio, por estarem contaminadas com nitrato, coliformes, manganês e cobalto. No poço da Escola Est. Eduardo Ribeiro deve ser feita análise físico-química completa e, se comprovada contaminação química, também deverá ser evitado o consumo primário de suas águas; caso contrário, antes do consumo suas águas devem ser cloradas para eliminar os coliformes detectados;

- nos poços com águas muito turvas (Hospital Adalberto Marzi e comunitário do Bairro São José) deve ser feito o desenvolvimento dos mesmos: injeção de uma solução fluidificante (hexametáfosfato de sódio ou similar) e, após doze horas em repouso, injeção de água limpa e bombeamento pelo sistema Air Lift (compressor) até que todo material em suspensão seja eliminado.

Tabela 7.6.2.1 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas nas águas de abastecimento público coletadas em Santo Antônio do Itá

Tipo	pH	C E ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Alcalinidade ($\text{mg HCO}_3/\text{L}$)	Turbidez FTU	DQO	NO_3^-	NH_4^+	Cl^-	SO_4^{2-}	Na	K
Água bruta (Igar. São Salvador)	5,7	8	4,3	13,3	9,6	0,84	0,01	0,25	0,15	0,33	0,68
Água tratada (sem cloração)	5,6	8	4,3	36,9	15,1	0,83	< LD	0,15	0,62	0,36	0,69
Ponta de rede de distribuição	5,7	8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Valores de Referência

CONAMA 357/2005 - Classe 2	6,0 - 9,0	-	-	< 100	-	< 10,0	< 3,7	< 250	< 250	-	-
Portaria MS 518/2004	6,0 - 9,5	-	-	< 5	-	< 10,0	< 1,5	< 250	< 250	< 250	-

Tipo	Ca	Mg	Dureza ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$)	Cor (mgPt/L)	Si	Al	Fe	Ba	Mn	Cu	Colif. Totais
Água bruta (Igar. São Salvador)	0,14	0,12	< LD	18,7	5,24	0,02	0,17	17	20	75	NA
Água tratada (sem cloração)	0,14	0,12	< LD	16,5	5,21	0,04	0,05	15	9	< LD	Presença

Valores de Referência

CONAMA 357/2005 - Classe 2	-	-	-	< 75	-	< 0,1	< 0,3	< 700	< 100	< 2000	-
Portaria MS 518/2004	-	-	500,0	< 15	-	< 0,2	< 0,3	< 700	< 100	< 2000	Ausência

C E - Condutividade Elétrica; DQO - Demanda Química de Oxigênio; LD - Limite de Detecção. NA – Não Analisado. Ba, Mn e Cu em $\mu\text{g}/\text{L}$, os demais em mg/L .

Também foram analisados Ag, As, Be, B, Cd, Co, Cr, Cu, Li, Mo, Pb, Se, Sn, Ti, V e Zn, porém todos os valores encontrados para esses elementos estão abaixo de seus LDs.

Obs.: Em vermelho os valores em desacordo com a Resolução CONAMA 357/2005, no caso de águas brutas, ou em desacordo com a Portaria MS 518/2004, no caso de águas tratadas.

Tabela 7.6.2.2 - Relação e características dos poços tubulares visitados na cidade de Santo Antônio do Içá com os valores de pH e condutividade elétrica medidos *in situ*

Poço	Local	Situação	Ano de Perfur.	Prof (m)	Fontes contaminantes no entorno	Amostra	pH	CE (µS/cm)
Comunitário	Rua Adrião R.Garcia – Bairro Sta Etelvina	Ativo	2008	36	Fossas resid. a menos de 20m. Ausência de tampa	SA-03 (FQ + coli)	4,3	19
Comunitário	Rua Pres.Vargas – Bairro Independência	Ativo	2005	36	Fossas resid. a menos de 30m (casas a montante)	SA-06 (FQ + coli)	4,9	110
Comunitário	Estrada São Salvador – Bairro São José	Ativo	2008	36	Não. Porém, a água era turva na amostragem	SA-07 (FQ)	4,1	31
Comunitário	Rua Josué Cordeiro – Bairro Campinas II	Ativo	2004	36	Não	SA-08 (FQ)	4,5	17
Comunitário	Rua Pres. Médici – Bairro Campinas I	Ativo	2006	36	Ausência de tampa na boca do poço	SA-09 (FQ)	4,2	38
Comunitário	Rua Orminda Souza – Bairro S.Francisco	Ativo	2008	36	Não	-	4,3	21
Comunitário	Rua 13 de Junho – Bairro Álvaro Maia	Ativo	2004	36	Não	-	4,5	23
Comunitário	Avenida Beira-Mar – Bairro Taracuí	Paralisado	2000	36	Não	-	4,6	39
Comunitário	Rua N. Sra. Saúde – Br. Independência	Paralisado	2000	36	Fossas residenciais a menos de 15m	-	4,6	13
de Hospital	Hospital Adalberto Marzi – Br. Sta. Etelvina	Ativo	2007	40	Não, porém água muito turva na amostragem	SA-04 (FQ)	5,2	23
de Escola	Escola Estadual Santo Antônio - Centro	Ativo	2002	42	Fossa a menos de 20m. Ausência de tampa	SA-05 (FQ + coli)	5,1	98
de Escola	Escola Estadual Eduardo Ribeiro - Centro	Ativo	2000	36	Fossa a menos de 20m. Zona conurbada	SA-10 (FQ + coli)	5,4	93
de Escola	Escola Est. Rosa Garcia – Br Sta Etelvina	Ativo	2003	30	Fossa a menos de 30m	-	4,3	31
de Escola	Esc. Indígena Maria Pinto – B. São José	Paralisado	2003	30	Não	-	4,3	18
de Escola	Esc. Mun. Josué Cordeiro – B. Pres. Vargas	Ativo	2000	36	Fossa a menos de 20m	-	4,9	22
de Associação	Assoc. Grupo Indep. de Ação Comunitária	Ativo	2007	60	Não	-	4,9	13
Polícia Federal	Estrada São Salvador – Br. São José	Ativo	2007	38	Não	-	4,8	10
Particular	Loja Sabiá - Centro	Ativo	2002	45	Zona conurbada	-	5,4	85
Particular	Bar Farol das Estrelas – Bairro Taracuí	Ativo	2007	24	Não	-	4,5	44
Particular	Bar Ponto do Espetinho – Bairro Planalto	Ativo	2007	36	Fossa a menos de 30m.	-	4,7	18
Particular	Casa de Antunes Ruas – Br. Campinas I	Ativo	2003	30	Não	-	4,4	26
Particular	Chácara de Antunes Ruas – Zona Rural	Ativo	2004	36	Não	-	5,5	19

CE – Condutividade Elétrica; FQ – amostra para análises físico-químicas; Coli – amostra para teste de coliformes totais.

Tabela 7.6.2.3 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas nas águas coletadas nos poços tubulares da cidade de Santo Antônio do Içá

Amostra	Coliformes Totais	Turbidez FTU	Cor (mgPt/L)	Alcalinidade (mgHCO ₃ ⁻ /L)	DQO (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ⁼ (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)
SA-03	Ausência	0,0	< LD	1,2	1,4	1,25	0,01	0,19	0,10	0,22	0,04
SA-04	NA	128,2	2,2	13,4	1,4	0,49	0,01	0,17	0,09	1,22	1,70
SA-05	Presença	38,5	2,2	14,0	2,7	10,35	< LD	26,62	0,40	8,00	3,29
SA-06	Presença	0,0	< LD	12,8	5,5	13,72	< LD	19,67	0,64	12,11	4,90
SA-07	NA	26,3	< LD	0,6	3,4	3,88	0,01	0,96	0,20	0,79	0,42
SA-08	NA	0,0	< LD	3,1	1,4	3,58	0,01	0,32	0,06	1,27	0,02
SA-09	NA	0,3	< LD	3,1	3,4	7,07	< LD	1,18	0,07	2,14	0,28
SA-10	Presença	0,0	< LD	15,9	8,2	2,32	< LD	19,31	1,92	17,76	6,85

Valores de Referência

Portaria MS 518/2004	Ausência	< 5,0	< 15,0	-	-	< 10,0	< 1,5	< 250,0	< 250,0	< 200,0	-
-----------------------------	----------	-------	--------	---	---	--------	-------	---------	---------	---------	---

DQO - Demanda Química de Oxigênio; LD - Limite de Detecção.

Obs.: Destacam-se em vermelho os parâmetros em desacordo com Portaria MS 518/2004, além dos valores que sugerem alteração antrópica na qualidade das águas

Tabela 7.6.2.3 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas nas águas coletadas nos poços tubulares da cidade de Santo Antônio do Içá (cont).

Amostra	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	Si (mg/L)	Fe (mg/L)	Al (mg/L)	Mn (µg/L)	Ba (µg/L)	Co (µg/L)	Li (µg/L)	Zn (µg/L)
SA-03	0,02	0,02	< LD	5,36	0,01	0,05	< LD	3	3	< LD	< LD
SA-04	0,67	0,43	1,34	13,09	0,50	0,01	38	58	4	< LD	< LD
SA-05	2,74	1,73	16,47	15,89	0,18	0,02	112	250	8	2	55
SA-06	1,50	0,82	5,79	12,22	0,07	0,07	191	173	13	2	31
SA-07	0,06	0,03	< LD	5,11	0,10	0,12	23	7	3	< LD	< LD
SA-08	0,01	0,01	< LD	5,01	0,04	0,05	< LD	< LD	3	< LD	< LD
SA-09	0,07	0,05	< LD	5,77	0,14	0,16	9	17	3	< LD	< LD
SA-10	2,88	0,10	8,45	NA							

Valores de Referência

Portaria MS 518/2004	-	-	< 500,0	-	< 0,3	< 0,2	< 100	< 700	< 5	-	< 5000
----------------------	---	---	---------	---	-------	-------	-------	-------	-----	---	--------

LD – Limite de Detecção; NA – Não Analisado

Também foram analisados Ag, As, Be, B, Cd, Cr, Cu, Mo, Pb, Se, Sn, Ti, V e Zn, porém todos os valores encontrados para esses elementos estão abaixo de seus LDs.

Obs.: Destacam-se em vermelho os parâmetros em desacordo com Portaria MS 518/2004.

7.6.3 Avaliação da disposição final dos resíduos sólidos

Desde o ano de 2000 a cidade de Santo Antônio do Içá vem utilizando como depósito de resíduos sólidos (DRS) municipal um terreno particular na estrada do Pantanal, sendo que o acesso ao local é extremamente dificultado nos dias de chuva. O terreno fica na coordenada geográfica S 03°06'01,2" e W 67°57'31,9" e possui uma área aproximada de 1 hectare (**Anexo XVII**). A distância entre o DRS e as primeiras residências em direção ao centro da cidade é de cerca de 800 m. Porém as residências mais próximas distam apenas 300 m.

Na zona urbana há coleta pública desde o início da utilização do local acima citado para deposição dos resíduos sólidos, mas ainda não se implantou a coleta seletiva. Segundo o funcionário da secretaria de obras que acompanhou a equipe técnica durante os trabalhos de campo, Sr. Arnaldo, a produção diária média de lixo está em torno de 36 m³. Os resíduos hospitalares eram depositados sem nenhum tratamento junto aos demais; apenas os perfurocortantes estavam sendo armazenados separadamente para envio a Manaus.

O terreno utilizado como DRS é relativamente plano e cercado de vegetação tipo capoeira, situando-se entre dois vales que drenam para o igarapé Pantanal. Apesar de não possuir cerca de proteção nem placas de sinalização, durante a visita de campo não foi observada a presença de catadores no local. A distância entre o DRS e o igarapé mais próximo, o Pantanal, é de 150 m em declive, com uma diferença de cota aproximada de 17 m.

O DRS de Santo Antônio do Içá não pode receber a denominação de aterro, nem mesmo semi-controlado, pois o lixo não recebe nenhum tipo de cobertura, é apenas depositado e deixado a céu-aberto, sendo o local caracterizado como lixão (**Foto 7.6.3.1**).

Para se tentar determinar o nível d'água local, avaliar a presença de indícios de contaminação no lençol freático e caracterizar a composição granulométrica do solo, fator este que indica a facilidade de infiltração e percolação de fluídos em subsuperfície, foi realizada uma sondagem a trado (IÇA-01 S1) na coordenada S 03°05'58,0" e W 67°57'30,3", no limite sul do terreno do lixão, na direção do igarapé do Pantanal, conforme ilustrado na **Foto 7.6.3.2**.

Como a profundidade do nível d'água local foi estimada, com base em observações da topografia, entre 17 e 20 m, a equipe decidiu não aprofundar a sondagem, paralisada aos 4 m, devido à falta de expectativa em alcançar o nível freático, limitando-se apenas a analisar a composição granulométrica do solo, e verificar se a distância entre a superfície do DRS e o nível freático estimado atendia ao valor mínimo recomendado pelas normas técnicas (ABNT NBR's 10157/87 e 13896/97).

Analisando tatilmente as amostras de solo obtidas pela sondagem, pode-se descrevê-lo como argilo-arenoso até 1,6 m de profundidade e, a partir deste nível, arenoargiloso até o

final da perfuração (4 m), com intercalação de camada de argila laterítica entre 1,7 e 2,7 m (Tabela 7.6.3.1).

Como não possível a coleta de água subterrânea, para se avaliar a eventual contaminação química dos recursos hídricos no entorno do lixão de Santo Antônio do Içá foi efetuada amostragem de água do igarapé Pantanal, e determinado *in loco* os valores de pH e condutividade elétrica (CE), dois parâmetros indicativos de contaminação antrópica. Os resultados destas determinações foram: pH 5,7 e CE 70 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sendo que este último valor está pouco acima do padrão para a região, o que pode ser considerado indicativo de contaminação química. Por essa razão foram coletadas duas amostras de água (IÇA-01 IG) no igarapé Pantanal, as quais foram enviadas para análises físico-químicas.

De acordo com os resultados analíticos obtidos para essas amostras, verifica-se que as concentrações de ferro (Fe) e alumínio (Al) estão acima dos valores de referência estabelecidos pela legislação (Resolução CONAMA 357/2005). Entretanto, apenas as concentrações destes elementos não permitem afirmar que as águas superficiais estejam contaminadas pelos resíduos depositados no lixão: todos os demais parâmetros analisados, inclusive nitrato e amônio, principais indicativos de contaminação por chorume, apresentam valores abaixo dos de referências adotados (**Anexo VIII – Tabelas 1 e 2**). O excesso de alumínio e ferro nas águas pode ser mera consequência da composição química do substrato geológico da região.



Foto 7.6.3.1 – Vista da área do lixão a céu-aberto de Santo Antônio do Içá



Foto 7.6.3.2 – Amostras de solo obtidas pela sondagem IÇA-01 S1 realizada no terreno do lixão de Santo Antônio do Içá

Tabela 7.6.3.1 – Perfil do solo atravessado pela sondagem IÇA-01 S1 realizada no lixão de Santo Antônio do Içá

0,0 m – 0,5 m	Areia argilosa marrom claro
0,5 m – 1,6 m	Argila arenosa marrom claro
1,6 m – 1,7 m	Areia argilosa alaranjada com piçarras
1,7m – 2,7 m	Argila laterítica alaranjada
2,7 m – 4,0 m	Areia argilosa avermelhada

O Sr. Arnaldo, que acompanhou a equipe durante os trabalhos de campo, informou que Santo Antônio de Içá já dispõe de um aterro sanitário pronto, e que o mesmo ainda não estava em operação pela ausência de trator de esteira para manejo dos resíduos. Esse aterro está situado na estrada da Papaúma, na coordenada S 3°04'56,9" e W 67°56'51,1", a 2 km da sede municipal (**Foto 7.6.3.3** e **Anexo XVII**). Foi projetado para 20 anos de uso e “construído” pela empresa Pampulha Construções no início de 2008. Contudo, o então secretário de obras do município, Sr. Vaine, não soube informar quais critérios foram utilizados para seleção da área do aterro nem se alguma norma técnica foi seguida.



Foto 7.6.3.3 – Cava principal do aterro sanitário de Santo Antônio do Içá, cujas operações ainda não haviam se iniciado.

O aterro possui uma área de 2,25 ha, o que é pouco para a pretendida vida útil de 20 anos. No local, foi observado que apenas uma cava com 4.250 m² por 5,0 m de altura, que corresponde a um volume útil de 21,25 mil m³, tinha sido aberta. O terreno é todo cercado e possui um local específico para seleção de materiais recicláveis. No entorno, a vegetação é tipo capoeira e uma das laterais (SW) é limítrofe a uma drenagem. O aterro não possui sistema de drenagem para o chorume nem poços de monitoramento. A proximidade com curso d'água, a ausência de manta impermeabilizante no fundo da cava e a ausência de drenagem para o chorume são aspectos que não respeitam as normas técnicas que regulamentam a construção e operação de aterros sanitários (ABNT NBR's 10157/87 e 13896/97).

Portanto, se entrar em operação dessa forma, o futuro DRS de Santo Antônio do Içá não poderá ser considerado aterro sanitário e sim um aterro semi-controlado. Como ainda não havia sido iniciada a deposição de resíduos no local, recomenda-se, antes disso, a aplicação de mantas sintéticas no fundo das cavas e valas a serem abertas, e instalação de sistemas de drenagem para águas pluviais, para chorume e para gases, de modo que os danos ambientais resultantes da operação do aterro sejam os mínimos possíveis.

A fim de determinar o nível d'água na área do referido aterro e caracterizar a composição granulométrica do solo foi realizada uma sondagem a trado (IÇA-02 S1) na base da cava já aberta, na coordenada S 03°04'57,0" e W 67°56'51,1" (**Foto 7.6.3.4**). Com essa sondagem foi possível caracterizar o solo como predominantemente argiloso até 3,5 m de

profundidade e areno-argiloso de 3,5 até 5,0 m (**Tabela 7.6.3.2**). O nível d'água foi encontrado em 5,0 m, momento em que a sondagem foi paralisada.

Após a conclusão da sondagem IÇA-02 S1 foram coletadas cinco amostras de solo, enviadas para análises granulométricas no laboratório da EMBRAPA em Manaus. De acordo com os resultados das análises, confirmando parcialmente as descrições táteis e visuais feitas pelos técnicos no campo, o solo no local é classificado, em toda extensão perfurada, como argilo-siltoso, com aumento gradativo do teor de areia conforme se aprofunda (**Anexo IX**).



Foto 7.6.3.4 – Sondagem IÇA-02 S1 realizada no fundo da cava aberta para início das operações do aterro sanitário de Santo Antonio do Içá

Tabela 7.6.3.2 – Perfil do solo atravessado pela sondagem realizada na base da cava do aterro sanitário de Santo Antônio do Içá

0,0 m – 0,7 m	Argila plástica avermelhada
0,7 m – 3,0 m	Argila arenosa branca
3,0 m – 3,5 m	Argila branca avermelhada
3,5 m – 5,0 m	Areia argilosa branca avermelhada
▶ 5,0 m	Nível d'água

Pelos dados obtidos neste estudo, pode-se concluir que, embora o valor da condutividade elétrica das águas do igarapé Pantanal, que drena o lixão de Santo Antônio do Içá, esteja em desacordo com os considerados normais para a região, e as análises químicas

tenham revelado concentrações de ferro e manganês acima do valor de referência estabelecido, não é possível afirmar que o lixão seja o responsável pelas anomalias detectadas. Para confirmar a contaminação das águas seria necessário que as concentrações de parâmetros diagnósticos, principalmente amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) e sódio (Na), também estivessem fora do padrão, fato que não ocorreu.

Também se pode supor que a contaminação esteja ocorrendo, mas em função da distância até o lençol freático, que é profundo, da composição granulométrica do solo e da absorção dos contaminantes pela vegetação, não seja possível caracterizá-la contundentemente. De qualquer modo, mesmo não sendo comprovada a interferência do lixão de Santo Antônio do Içá na qualidade dos recursos hídricos, o local utilizado é inadequado, pela proximidade do igarapé Pantanal, pela forma inadequada de operação e pelo caráter arenoso do solo a partir de 1,5 m de profundidade.

Quanto aos resíduos hospitalares, a forma como são descartados no lixão também é imprópria e representa risco de contaminação biológica aos recursos hídricos, e aos indivíduos que trabalhem no local ou que inadvertidamente circulem pela área, além do fato de animais e insetos acabarem servindo de vetores para vírus, micróbios, bactérias e outros microrganismos nocivos a saúde humana. A Resolução CONAMA 05/93 determina que o gerador dos resíduos hospitalares deva se responsabilizar pelo seu destino final e, neste caso, todo o material, que é classificado pela norma técnica de classificação de resíduos sólidos como classe A e B (ABNT NBR 10004/87), deve ser incinerado.

O fato de Santo Antônio do Içá já dispor de um “aterro sanitário” pronto para entrar em operação é motivo de orgulho para a cidade e deveria servir de exemplo para os demais municípios da região; porém o atraso em sua entrada em operação por falta de trator de esteira é um episódio lamentável, que pode ser revertido como benéfico, já que a instalação desse aterro, dita como pronta, não respeita plenamente as normas técnicas competentes (ABNT NBR's 10157/87 e 13896/97), sendo fundamental ainda a implantação de itens essenciais, como: mantas impermeabilizantes no fundo da cava e sistemas de drenagem para águas pluviais, chorume e gases. O tipo de solo encontrado logo abaixo da base da cava já aberta e a profundidade do nível d'água indicam preliminarmente que o local é favorável para instalação de um aterro sanitário; porém, são necessárias sondagens adicionais no terreno para confirmar essa afirmação.

Com base nos dados observados, coletados e analisados neste estudo podem ser feitas as seguintes recomendações:

- Realização de cinco a seis sondagens a trado ao longo do terreno onde se pretende colocar em operação o aterro sanitário para se confirmar a adequabilidade técnica do local em dar suporte a um DRS.

- Avaliação da viabilidade financeira de adequar as instalações do futuro DRS às normas técnicas que regulamentam a construção e operação de aterros sanitários, principalmente no que se refere à locação de poços de monitoramento, aplicação de mantas sintéticas na base das cavas e valas a serem abertas, e instalação de sistemas de drenagem para águas pluviais, chorume e gases.
- Uma vez definido o local do aterro sanitário, busca de financiamento para aquisição de um trator de esteira que possa ser utilizado em suas operações.
- Instalação de cerca e sinalização na área do atual lixão para restringir o acesso de pessoas e animais.
- Construção de quatro poços de monitoramento, ortogonais entre si e com pelo menos 25m de profundidade, no entorno do lixão e posterior realização de amostragens e análises da água subterrânea coletada nesses poços a cada três meses.
- Desativação do atual lixão o mais breve possível.

7.6.4 Áreas de Risco

Na cidade de Santo Antônio do Içá, os riscos geológicos estão restritos à orla do rio Solimões e estão associados principalmente à sazonalidade do nível das águas desse rio e à acentuada declividade de talude (barranco) situado a montante do porto flutuante, ao longo do bairro Independência. O substrato geológico na área urbana e adjacências é composto basicamente por arenitos e argilitos da Formação Içá, com espessura aflorante de até 15m.

A equipe técnica da CPRM navegou pelo rio Solimões, em frente à zona urbana, e identificou duas áreas de risco geológico, as quais foram visitadas, avaliadas e descritas, conforme exposto a seguir e espacializado no **Anexo XVI**.

- **Bairro Independência**

Neste bairro (antigo Açaizal), entre as coordenadas geográficas S 03°06'32,9" / W 67°56'46,8" e S 03°06'30,9" / W 67°57'02,6", ocorre um talude íngreme, com mais de 12 m de altura, originado há cerca de 12 anos, por um escorregamento de terra de proporções significativas. Segundo moradores, o fenômeno provocou a movimentação de extensa massa de terras, que levou ao desmoronamento de algumas moradias situadas nas proximidades da borda do antigo talude. A Sra. Maria Lúcia Soares Ferreira, cuja família perdeu duas casas, afirmou que tudo se iniciou com um tremor à noite, seguido da formação de várias rachaduras no terreno, que começou a ceder de forma lenta, o que possibilitou que os moradores abandonassem suas residências. De acordo com ela, quando o terreno cedeu de vez, levando as casas sobre si e atingindo o rio, formou-se uma enorme onda que se dirigiu em direção à ilha fronteira à cidade. Na manhã seguinte, no local havia um barranco íngreme com altura de até 15m e com centenas de metros de extensão (**Foto 7.6.4.1**).

O local desse grande evento de “terras caídas” permaneceu desabitado por longo tempo, porém com o passar dos anos várias famílias voltaram a se instalar por ali. Na ocasião dos trabalhos de campo, foram observadas 16 moradias situadas ao longo do topo do barranco, numa distância que varia de 4 a 10m da borda do mesmo, sob condições de alto risco, além de dois depósitos de combustível. Outras seis moradias, localizadas na base do talude, também se encontram em situação de alto risco de serem soterradas. Segundo relatos de moradores mais antigos, outros grandes escorregamentos ocorreram há 20 ou 30 anos, o que demonstra a instabilidade geológica do local, inapropriado para ocupações humanas.



Foto 7.6.4.1 – Local onde, há cerca de 12 anos, ocorreu um grande escorregamento de terra no antigo bairro Açaizal (atual bairro Independência), na orla do rio Solimões.

No extremo montante do talude, em seu topo, ocorrem diversas rachaduras no terreno, paralelas à borda. A encosta apresenta setores com alta declividade (45%), constituindo uma vertente com perfis côncavo-convexos ou em forma de terraços em degraus ou patamares escalonados. As rachaduras provocaram o isolamento de um bloco de terra, que possuía 4 m de largura por 50 m de extensão e já apresentava um desnível de quase 1 m em relação ao topo (**Foto 7.6.4.2**). Os blocos isolados se movimentam, segundo os moradores, de forma lenta, sempre que chove muito, o que indica que os processos erosivos continuam ativos.



Foto 7.6.4.2 – Rachadura no alto do talude do rio Solimões que bordeja o bairro Independência, evidência de processo erosivo em evolução.

- **Rua do Porto**

A segunda área de risco identificada na cidade de Santo Antônio do Içá está representada pela rua que dá acesso ao porto flutuante, no entorno da coordenada geográfica S 03°06'27,9" e W 67°56'44,8". No local, um muro de contenção e a citada rua ruíram parcialmente na vazante de 2007, numa extensão longitudinal à rua de cerca de 60 m (**Foto 7.6.4.3**). O muro de contenção foi construído sem planejamento técnico, por ser compacto e não apresentar drenos, e cedeu devido à diferença de pressão causada pela elevação do lençol freático durante o período de cheia seguida do represamento do mesmo pelo muro conforme o nível do rio se rebaixava. O problema poderia ter sido evitado se a obra tivesse tido um planejamento e acompanhamento técnico de engenharia, pois certamente teriam sido instalados drenos ligando a parte interna com a parte externa do muro. Com a situação criada, esta pode ser considerada uma área de risco de escorregamento e deve ser palco de intervenções de engenharia, com a construção de nova obra de contenção por empresa devidamente credenciada no CREA.



Foto 7.6.4.3 – Muro de contenção que cedeu e provocou desmoronamento de parte da rua que dá acesso ao porto de Santo Antônio do Içá

O principal fator de risco geológico encontrado na cidade de Santo Antônio do Içá é o de escorregamento de terras em áreas anteriormente já afetadas, próximas a taludes íngremes do rio Solimões, mais especificamente no bairro Independência. Tal evento tem causas naturais e o processo está associado à elevada inclinação do talude, à forte correnteza do rio Solimões e à composição do perfil vertical dos barrancos da orla, que são formados, via-de-regra, por camadas arenosas na parte basal e por camadas argilo-arenosas nas partes média e superior. Com a evolução da erosão fluvial, tal configuração provoca a instabilidade e a perda de resistência da encosta, pois a areia da base pode ser facilmente desagregada pelo forte fluxo do rio Solimões, principalmente nas cheias. Desta forma, todo o terreno superior a esta camada arenosa estará sujeito à rupturas/escorregamentos, por falta de sustentação na base, com conseqüente recuo do talude e desabamento das instalações assentadas sobre ele.

Escorregamentos de terra nas margens dos rios são fenômenos associados a processos naturais, inerentes à dinâmica fluvial, que ocorrem em áreas específicas; entretanto, os prejuízos causados por eles são frutos da ocupação desordenada dessas áreas, a qual pode e deve ser coibida. No caso do bairro Independência, tendo em vista o reduzido número de moradias sob risco, se recomenda a retirada dos ocupantes da borda e da base do talude íngreme, com sua transferência para locais mais estáveis geologicamente, a serem definidos pelos gestores municipais e estaduais.

7.6.5 Insumos minerais para construção civil

Na cidade de Santo Antônio do Içá há apenas uma olaria, denominada São José, que atende à demanda local por tijolos e exporta o excedente da produção para municípios vizinhos (**Anexo XVII**). Os demais insumos minerais para construção civil, como areia e seixos, são importados de outros municípios: a areia é proveniente de Tonantins e os seixos de empresas que os extraem do rio Japurá.

Olaria São José

Localizada na estrada da Olaria, na coordenada S 03°05'0,8" e W 67°57'19,4", a Olaria São José iniciou suas operações há 16 anos, tendo estado desativada por três anos e retomado as atividades no início de 2008. Sua linha de produção é toda mecanizada (da entrada da argila na extrusora até o corte) e produz em média 120 mil tijolos/mês (**Foto 7.6.5.1**). Como fonte energética para o cozimento dos tijolos, é utilizada apenas lenha.



Foto 7.6.5.1 – Vista do galpão da Olaria São José, localizada na estrada da Olaria, em Santo Antônio do Içá.

Quando a olaria foi fundada, a argila utilizada como matéria-prima era extraída de seu próprio terreno. Na época dos trabalhos de campo, a argila estava sendo explotada de um corte no talude da estrada do Aeroporto, que fica a 1 km de distância do galpão (**Foto 7.6.5.2**). A jazida possui aproximadamente 0,12 hectares e, segundo o encarregado, Sr. Marcos Leão, pode fornecer insumos para a olaria por mais 3 anos. A espessura inferida da camada argilosa é de 2,5 m a 3,5 m, sendo aproveitada apenas a porção inferior (mais clara), que possui entre

2,0 m e 2,5 m de espessura. O encarregado também informou que nunca havia sido feito nenhum ensaio tecnológico dessa matéria-prima.



Foto 7.6.5.2 – Corte de barranco da estrada do Aeroporto de onde é extraída a argila utilizada na Olaria São José

A argila extraída para confecção dos tijolos está abaixo da camada mais superficial do solo, de coloração marrom alaranjada, que, embora também seja argilosa, é desprezada pela olaria. Apenas a porção mais basal da camada aflorante, de coloração branca avermelhada, é utilizada. Este horizonte argiloso provavelmente é o mesmo observado na área do aterro sanitário, a cerca de 900 m de distância, já que a argila possui as mesmas características da encontrada naquele local, ou seja: coloração branca avermelhada, boa plasticidade e baixo teor de quartzo.

Para melhor caracterizar a argila utilizada como matéria-prima pela Olaria São José foi coletada uma amostra da mesma (IÇA-03) e enviada para ensaios cerâmicos preliminares, os quais indicaram que essa argila tem uso recomendado também para cerâmica branca ou refratária (**Anexo V**).

7.7 Tonantins

7.7.1 Aspectos gerais do município

Criado em 10.12.1981, através de emenda à Constituição Estadual, Tonantins faz fronteira com os municípios de Japurá, Fonte Boa, Jutai e Santo Antônio do Içá. Sua sede está situada na margem esquerda do rio Solimões a cerca de 860 km em linha reta da cidade de Manaus (**Anexo I**). É um dos menores municípios do estado, com uma área de 6.433 km², ocupada por apenas 0,59% da população estadual. Sua economia equivale a 0,15% do PIB amazonense em 2006.

7.7.2 Avaliação das águas de abastecimento público

A cidade de Tonantins está assentada sobre os sedimentos arenosos da Formação Içá, que possuem boa porosidade e permeabilidade e que se constituem em bom aquífero (formação geológica armazenadora de água), passível de exploração por meio de poços tubulares. Desse modo, o fornecimento público de água para consumo humano na zona urbana é feito a partir unicamente de captação subterrânea e está sob responsabilidade da Secretaria Municipal de Administração, cujo titular na época dos trabalhos de campo, Sr. Tiago Garcia, disponibilizou um funcionário para acompanhar a equipe técnica durante a coleta de dados para a elaboração deste diagnóstico.

A cidade possui uma rede de distribuição de água implantada há mais de 20 anos, com sistema de poços interligados que bombeavam água para reservatórios elevados para posterior distribuição à população. Com o tempo, vários desses poços foram paralisados. Em setembro de 2008, a zona urbana contava apenas com três poços públicos em operação: dois deles (PT-6 e PT-9) no distante bairro de São Francisco (cerca de 1.800 moradores), afastado 3,5 km do Centro, com atendimento de 100% da demanda ali existente (**Figura 7.7.2.1**); no setor central e bairros adjacentes (cerca de 5.200 moradores), o único poço em operação (**Figura 7.7.2.2**) abastece apenas 15% da população dessa região, deixando os moradores numa situação crítica, dependentes da solidariedade de proprietários de poços das vizinhanças ou de instituições públicas, como hospitais e escolas, para satisfazerem as suas necessidades mínimas de água para uso na alimentação, higiene e limpeza (**Anexo XVIII**).

A água subterrânea captada pelos dois poços do bairro São Francisco, com bombeamento médio de 12 horas/dia, alimenta diretamente a rede de distribuição que chega às residências, sem passar pelo processo de cloração e por reservatórios. Já o poço em operação no setor central, com bombeamento de 24 horas/dia, alimenta inicialmente um reservatório metálico elevado, com capacidade de 50 m³, de onde a água é distribuída por gravidade, sem cloração, para a rede pública. Existem duas redes de distribuição: a que abastece o bairro São Francisco é independente da que abastece o setor central.

O fornecimento público de água para a população é gratuito, forte razão para a condição de desabastecimento em que a cidade se encontrava, com diversos poços paralisados por falta de recursos para manutenção nas bombas e para a aquisição de materiais, peças e equipamentos. A distribuição gratuita gera ainda uma cultura de desperdício de água nos usuários do sistema, que reclamam dos problemas frequentes de desabastecimento, porém adotam hábitos inadequados de consumo em excesso, além dos limites da capacidade de oferta do poder público.

O sistema, gerenciado pela Secretaria de Administração, não possuía estrutura institucional apropriada, com quadro de funcionários próprio e espaço físico adequado que faça o controle da distribuição, tratamento e desinfecção da água, não havendo sequer um cadastro de usuários para que se possa efetuar a cobrança do consumo.



Figura 7.7.2.1 – Poços de abastecimento público que atendem 100% da demanda de água do bairro São Francisco: à esquerda, poço PT-06, e à direita, poço PT-09.



Figura 7.7.2.2 – À esquerda, poço de abastecimento público do setor central de Tonantins; à direita, poço público paralisado desde meados de 2007, por problemas na bomba, situado a menos de 20 m do poço em operação da foto à esquerda.

O quadro de desabastecimento observado deveria se modificar, pois a Prefeitura, em convênio com a FUNASA, vinha executando obras de ampliação da rede de distribuição, para atender toda a população do setor central e bairros adjacentes, e construindo duas estações de bombeamento e tratamento de água: uma no próprio setor central, ocupando uma área cercada de 2.800 m², com um reservatório elevado de alvenaria com 100 m³, casa de cloração e quatro poços perfurados no ano de 2008, três deles com bombas já instaladas na época dos trabalhos de campo; a outra estação, no bairro São Francisco, possui estruturas antigas em reforma, ocupando uma área cercada de 3.600 m², sobre uma colina, com reservatório de alvenaria de 50 m³, casa de cloração e três poços, também perfurados em 2008, com as bombas instaladas (**Figuras 7.7.2.3, 7.7.2.4 e 7.7.2.5 e Anexo XVIII**). Quando estas duas estações entrassem em operação, prevista para 2009, iriam atender, segundo a Secretaria Municipal de Obras, 100% da demanda por água tratada da população urbana de Tonantins.



Figura 7.7.2.3 – Detalhes das obras de ampliação da rede pública de distribuição de água no setor central de Tonantins.



Figura 7.7.2.4 – À esquerda, vista do terreno onde estava sendo construída a estação de bombeamento de água do setor central de Tonantins; à direita, fossa residencial (fonte de contaminação) a menos de 30 m de um dos poços dessa estação.



Figura 7.7.2.5 – À esquerda, estação de bombeamento do bairro São Francisco, em reforma, com três poços perfurados no ano de 2008; à direita, poço dessa estação colocado em operação para coleta de amostras de água.

O censo populacional (IBGE, 2007) registra para Tonantins uma população urbana de 6.296 pessoas; com o crescimento médio anual de 5,38% (vide item 6.3), pode-se projetar para o ano de 2009 um contingente aproximado de 6.992 habitantes, cerca de 1.800 moradores do bairro São Francisco e 5.200 moradores do setor central e bairros adjacentes. Considerando a necessidade média mundial de 200 litros de água/habitante/dia, verifica-se que em 2009 seriam necessários 360 m³ de água/dia para atender à demanda do São Francisco e 1.040 m³ para atender o setor central e adjacências. As vazões médias dos poços instalados sobre o aquífero Içá, conforme verificado em outras cidades da região, são da ordem de 35 a 40 m³/hora. Com a entrada em operação dos quatro poços perfurados na estação de bombeamento do setor central, considerando vazão média por poço de 35 m³/hora e regime de bombeamento de apenas 12 horas/dia, será produzido um total diário de 1.680 m³ de água de boa qualidade, mais do que suficiente para atender toda a população do setor central e dos bairros adjacentes pelos próximos anos. De modo semelhante, com o funcionamento dos três poços da estação construída no São Francisco, também com bombeamento de apenas 12 horas/dia, será produzido um total diário de 1.260 m³ de água de boa qualidade, muito mais do que suficiente para atender toda a população daquele bairro. Desse modo, os três poços públicos em operação em 2008 ficariam de stand-by para eventuais substituições dos poços das duas estações de bombeamento. Deve-se ressaltar que as vazões informadas para os poços perfurados nessas duas estações (**Tabela 7.7.2.1**), obtidas a partir de documentos técnicos da empresa perfuradora, são baixas pois foram medidas com bombas de baixa potência (3 CV) e não correspondem à realidade do aquífero Içá.

A equipe técnica da CPRM visitou os poços das duas estações de bombeamento e os três poços públicos em operação em 2008, além dos poços de três escolas estaduais (Irmã Teresinha, Schroeder, São Francisco e Susana Alborado), da Associação Católica Santa

Catarina, do Hospital Estadual Frei Francisco, do Hotel Garcia e quatro poços particulares que fornecem água para moradores vizinhos (**Figura 7.7.2.6**). Em todos eles, foram tomadas as coordenadas geográficas e avaliado seu entorno (eventuais fontes contaminantes), o que permitiu a elaboração do **Anexo XVIII** e da **Tabela 7.7.2.1**, onde constam a descrição física dos poços e os valores de pH e condutividade elétrica de suas águas medidos *in situ*. Infelizmente, com exceção das duas estações de bombeamento, os responsáveis pelos poços não dispõem de nenhuma documentação técnica relativa aos mesmos, como perfis construtivos e perfis geológicos; assim os dados de profundidade, vazão e ano de perfuração foram obtidos com base em informações verbais desses responsáveis.



Figura 7.7.2.6 – À esquerda, Escola Estadual Susana Alborado; à direita, amostragem das águas do poço dessa escola.

Na zona rural foi visitado o poço tubular da comunidade de São José do Amparo, situada na margem esquerda do rio Solimões, 24 km a jusante da sede municipal, onde existem 106 residências (**Tabela 7.7.2.1**). O poço possui boa proteção sanitária e bombeia 12 h/dia, com vazão de 5m³/h, alimentando um reservatório metálico de 60 m³. Do reservatório, a água é distribuída, sem cloração, às residências. Com base nos dados do IBGE de 2007, que indicam uma média de 6,2 hab./domicílio em Tonantins, pode-se estimar uma população aproximada de 660 pessoas para a comunidade. Considerando a necessidade média de 200 litros de água/habitante/dia, verifica-se que a produção diária do poço (60 m³) é insuficiente para atender satisfatoriamente a comunidade, garantindo apenas 91 litros de água/habitante/dia.

O aquífero Içá normalmente produz águas de boa quantidade e qualidade, porém não está imune a contaminações antrópicas, principalmente quando os poços são mal construídos e mal localizados. Não há controle de qualidade das águas dos poços de Tonantins, sejam públicos ou particulares, isto é, não são realizadas análises periódicas que possam comprovar a potabilidade dessas águas.

Por estudos desenvolvidos em outras regiões sabe-se que as águas do aquífero Içá, quando não contaminadas, possuem pH ácido, em torno de 4,5 a 5,5, e condutividade elétrica (CE) baixa, em valores menores que 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$, reflexo da reduzida quantidade de sais dissolvidos. Valores de pH abaixo de 4,0 ou acima de 6,0 sugerem algum tipo de influência antrópica, como infiltração de esgotos domésticos; valores de CE acima de 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ também são fortemente sugestivos de águas contaminadas. Assim, o pH e a CE, medidos na boca do poço, são bons indicativos de contaminação, que só pode ser confirmada por meio das análises laboratoriais.

Com base nos valores de pH e CE, medidos *in situ* em 18 dos 21 poços visitados, e nas observações de campo, com objetivo de se detectar eventuais contaminações, foram coletadas amostras de água em cinco poços da zona urbana, para envio aos laboratórios do INPA e LAMIN, onde se processaram as análises físico-químicas. Além disso, seis poços foram amostrados para testes de coliformes totais, realizados na própria etapa de campo. Apesar de apresentarem valores de pH e CE normais para o aquífero Içá, alguns poços foram amostrados para servirem como referência (**Tabela 7.7.2.1**). Os resultados das análises laboratoriais e de coliformes estão expostos na **Tabela 7.7.2.2**, que também contém, para comparação, os valores máximos permitidos (VMP) para cada parâmetro de acordo com a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, que estabelece os padrões de potabilidade de água para consumo humano.

Os dados obtidos indicam que, dos três poços amostrados para análises físico-químicas e microbiológicas, apenas o poço PT-09, do sistema público de abastecimento do bairro São Francisco, produz águas que atendem aos padrões de potabilidade. Dos dois poços amostrados somente para análises físico-químicas, apenas o do Hotel Garcia apresentou águas que atendem à Portaria 518/2004, ainda assim com concentrações de nitrato (NO_3^-) e cloreto (Cl) em valores que sugerem início de processo de contaminação química. Dos três poços amostrados somente para testes de coliformes, dois deles, o do Hospital Frei Francisco e o da Escola Estadual São Francisco, apresentaram águas com ausência dessas bactérias, enquanto o outro, da residência de Radson Souza, revelou presença de coliformes, o que torna suas águas impróprias para consumo humano, problema que pode ser resolvido com adição de hipoclorito de sódio, substância que elimina os coliformes. Sobre os demais poços cujas amostras apresentaram um ou mais parâmetros em desacordo com a Portaria 518/2004 são feitos alguns comentários abaixo (**Tabela 7.7.2.2**):

- as águas do poço da Escola Susana Alborado revelam existência de contaminação química e microbiológica, devido ao contato com os efluentes orgânicos provenientes da fossa dessa escola, muito próxima da boca do poço, que é raso (25 m de profundidade). Foi detectada presença de coliformes e concentração de nitrato acima do VMP pela legislação. A contaminação por nitrato induz à redução do pH das águas e a elevada acidez do ambiente facilita a dissolução de metais, destacando-se o alumínio (Al) e manganês (Mn) presentes

nessas águas com teores superiores ao VMP. O Al é um metal neurotóxico e o consumo prolongado de águas enriquecidas nesse elemento diminui significativamente a assimilação de fosfato e de flúor pelo organismo humano, além de provocar doenças neurodegenerativas, insuficiência renal e cardiomiopatias (Cortecci, 2003; Selinus et al, 2005). Já o Mn é um micronutriente essencial ao metabolismo humano, entretanto seu excesso nas águas de consumo humano pode induzir a sérios problemas neurológicos, como o mal de Parkinson (Selinus et al, 2005) Quanto aos nitratos, são mencionados efeitos carcinogênicos no estômago e esôfago e graves problemas de metemoglobinemia, doença que provoca a hipoxigenação do sangue em crianças (síndrome do bebê azul). Portanto, a água desse poço é imprópria para o consumo primário, ou seja, não se deve bebê-la nem utilizá-la no cozimento de alimentos. O uso recomendável é somente o secundário: limpeza de pisos, lavagens de dependências internas e externas da escola, banhos e irrigação;

- o poço 1 da estação de bombeamento do São Francisco apresentou águas com altos valores de cor e turbidez, muito acima dos limites estabelecidos pela Portaria 518/2004, fruto do excesso de material particulado (argila e areia fina) em suspensão. Tal excesso é resultante de falhas na construção dos poços, como disposição inadequada do pré-filtro (seixos) no espaço anelar tubos/paredes, ou colocação das seções filtrantes (tubos serrilhados) em camadas argilo-arenosas;
- as águas do poço de abastecimento público do setor central de Tonantins possuem concentração de cobalto pouco acima do VMP e destacada turbidez, mais de vinte vezes acima do valor de referência, problema ligado à construção inadequada desse poço, como explicado acima.

A partir dos resultados das análises químicas realizadas em cinco amostras coletadas nos poços tubulares de Tonantins foi elaborado o gráfico que exprime a classificação das águas com base em seus principais íons (Diagrama de Piper), o qual é apresentado na **Figura 7.7.2.7**. Como se observa, as águas dos poços públicos amostrados, isentas de contaminação de origem orgânica, são do tipo bicarbonatadas sódicas. Já nos poços da Escola Susana Alborado e do Hotel Garcia, com sinais de contaminação de origem orgânica (valores elevados de nitrato e cloro), as águas são do tipo cloretadas sódicas, com características comuns de elevada acidez e condutividade elétrica.

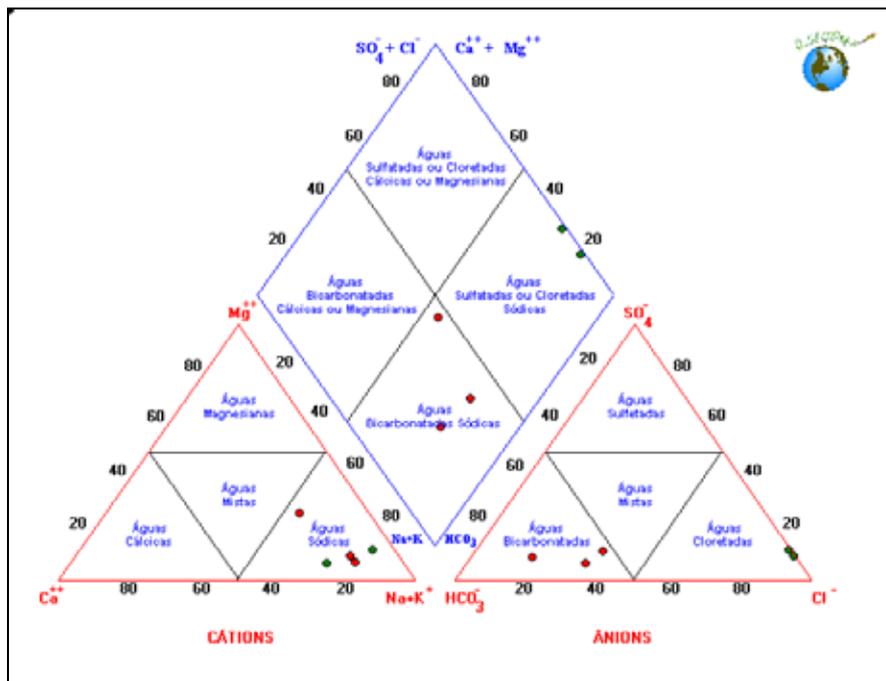


Figura 7.7.2.7 - Diagrama de Piper para as águas de cinco poços tubulares de Tonantins (em cor vermelha, poços de abastecimento público no Centro e no bairro São Francisco; em verde, poços da Escola Susana Alborado e do Hotel Garcia)

Com base nas observações de campo e nos resultados das análises físico-químicas e microbiológicas são feitas as seguintes recomendações no que diz respeito à questão do abastecimento público de água em Tonantins:

- criação de uma instituição municipal que seja responsável pelo abastecimento das águas fornecidas à população de Tonantins, pela manutenção da rede de distribuição e dos equipamentos instalados nos poços públicos, assim como pelo monitoramento da qualidade dessas águas;
- estabelecimento de cobrança de tarifa de água, pois só assim a instituição criada poderá se manter e efetuar as manutenções necessárias ao bom funcionamento do sistema. Para isso faz-se necessária a instalação de registros com contadores (hidrômetros) em todos os pontos de ligações de água após o cadastramento, de modo que o usuário pague efetivamente pelo seu consumo, desestimulando, assim, os desperdícios;
- manutenção nos terrenos onde estão situados os poços públicos mais antigos: corte de mato, reforma das casas de comando e instalação de muros ou cercas de proteção onde necessário;
- desativação do poço da Escola Susana Alborado, por estar em local inadequado e produzir águas com contaminação química e microbiológica, e perfuração de um novo poço, com 50 a 60 metros de profundidade, em posição distante de fontes contaminantes, conforme as normas

técnicas recomendadas (**Anexo XXX**). Uma alternativa, no caso da não perfuração desse poço, seria fazer a ligação da escola à rede pública de distribuição de água;

- não dever ser permitido o consumo primário das águas do poço do Hotel Garcia, por apresentarem sinais de início de processo de contaminação química (valores anômalos de nitrato e cloreto). Deve ser feita uma análise química completa nesse poço, pois o baixo valor de pH de suas águas facilita a liberação de metais contaminantes, notadamente Al, Fe e Mn, do solo para o meio aquoso;

- deve ser feita a cimentação de todos os poços da cidade que estejam inoperantes, ou que venham a ser desativados, para evitar que os mesmos sirvam como conduto de eventuais contaminantes;

- instalação de uma bomba de maior capacidade no poço da comunidade São José do Amparo, com objetivo de aumentar a vazão do mesmo, de tal maneira que sua produção seja suficiente para atender, de forma plena, as necessidades de água de seus moradores. Caso tal poço não suporte uma bomba mais potente, deve ser perfurado outro poço, em terreno isolado e com 50 metros de profundidade, conforme as normas técnicas recomendadas (**Anexo XXX**);

- para garantir a ausência de coliformes (qualidade microbiológica) nas águas de consumo humano em Tonantins, faz-se necessária a implantação do processo de cloração, seja por meio de sistema de pastilhas de cloro nos próprios poços (os que alimentam diretamente a rede de distribuição) ou por casas de cloração, que promovam a adição do cloro nas águas provenientes de reservatórios elevados, conforme previsto nas estações de bombeamento da cidade. Nos poços particulares e de escolas, recomenda-se a adição de hipoclorito de sódio nas águas destinadas ao consumo primário;

- execução de perfilagens geofísica e ótica em todos os poços de abastecimento público. Esse procedimento permitirá conhecer melhor os perfis construtivos (posição das seções filtrantes e dos revestimentos) e geológicos (posição das camadas argilosas e arenosas) dos poços, de modo que se possam propor soluções, com maior rigor técnico, para os problemas detectados;

- após as perfilagens, nos poços que apresentaram águas com valor de cor e/ou turbidez acima do máximo permitido (poço de abastecimento público do centro e poço 1 da estação de bombeamento do São Francisco) deve ser feito o desenvolvimento dos mesmos: injeção de uma solução fluidificante (hexametáfosfato de sódio ou similar) e, após doze horas em repouso, injeção de água limpa e bombeamento pelo sistema *Air Lift* (compressor) até que todo material em suspensão seja eliminado;

- é importante que em todos os poços públicos sejam feitos, com bomba submersa de alta potência e por um período mínimo de 24 horas, os testes de produção que determinarão, com precisão, o nível estático, o nível dinâmico e a vazão de cada um deles;

- os gestores municipais devem providenciar, por meio de convênios com laboratórios públicos, análises físico-químicas trimestrais e microbiológicas mensais nas águas dos poços de abastecimento público, com vistas a monitorar continuamente sua qualidade e cumprir a legislação pertinente. Medida semelhante deve ser adotada pelos demais proprietários de poços, sejam particulares ou de órgãos públicos, como escolas.

Tabela 7.7.2.1 - Relação e características dos poços tubulares visitados no município de Tonantins com os valores de pH e condutividade elétrica medidos *in situ*

Poço	Local	Situação	Ano de Perfur.	Prof (m)	Vazão (m³/h)	Uso	Fontes contaminantes	Amostra	pH	CE (µS/cm)
Est. de bombeamento do Centro - Poço 1	Rua Leopoldo Peres com Rua Sebastião Jaime – Centro	Em obra	2008	60	3,5	Abastecimento público	Fossas residenciais a menos de 30m	-	4,7	14
Est. de bombeamento do Centro - Poço 2	Rua Leopoldo Peres com Rua Sebastião Jaime – Centro	Em obra	2008	60	?	Abastecimento público	Não	-	-	-
Est. de bombeamento do Centro - Poço 3	Rua Leopoldo Peres com Rua Sebastião Jaime – Centro	Em obra	2008	60	4,6	Abastecimento público	Não	-	-	-
Est. de bombeamento do Centro - Poço 4	Rua Leopoldo Peres com Rua Sebastião Jaime – Centro	Em obra	2008	40	3,5	Abastecimento público	Fossas residenciais a menos de 30m	-	-	-
Est. de Bombeamento do bairro S. Francisco - Poço 1	Área da Colina – Bairro São Francisco	Em obra	2008	40	3,5	Abastecimento público	Não. Terreno bem cuidado.	TN-03 (FQ)	5,7	37,5
Est. de Bombeamento do bairro S. Francisco - Poço 2	Área da Colina – Bairro São Francisco	Em obra	2008	40	?	Abastecimento público	Não. Terreno bem cuidado.	-	5,8	50,5
Est. de Bombeamento do bairro S. Francisco - Poço 3	Área da Colina – Bairro São Francisco	Em obra	2008	40	3,5	Abastecimento público	Não. Terreno bem cuidado.	-	4,9	26,1
Poço Municipal (interligado à rede)	Praça São Pedro – Centro	Ativo	2002	41	11	Abastecimento público	Presença de gado. Terreno sem proteção.	TN-01 (FQ + coli)	5,2	55,1
PT 6 interligado à rede)	Rua São Francisco – Bairro São Francisco	Ativo	1993	62	?	Abastecimento público	Sem tampa de proteção	-	5,4	49,7
PT 9 (interligado à rede)	Rua São João – Bairro São Francisco	Ativo	1996	40	36	Abastecimento público	Fossas a menos de 30m. Tampa semi-aberta	TN-02 (FQ + coli)	6,0	93,8
Escola Est. Teresinha Schroeder	Estrada São Francisco s/nº – Bairro Manacá	Ativo	2005	60	?	Uso primário e secundário da escola – 900 alunos.	Fossa da escola a 30m.	-	4,7	20,0
Escola Est. São Francisco	Praça São Pedro – Centro	Ativo	2003	20	?	Uso primário e secundário da escola - 2.000 alunos	Presença de gado. Terreno sem proteção	TN-05 (coli)	5,5	31,8
Escola Est. Susana Alborado	Rua Augusto Malheiros – Bairro São Cristóvão	Ativo	2007	25	?	Uso primário e secundário da escola e de 6 casas	Fossa da escola.	TN-06 (FQ + coli)	4,1	166,3
Associação Congregação Santa Catarina (Igreja Católica)	Rua São Francisco - Bairro Nossa Sra. Aparecida	Ativo	2001	20	?	Uso primário e sec. da Assoc e de algumas famílias.	Não.	-	4,3	37,5
Hospital Estadual Frei Francisco	Rua N. Sra. de Fátima com a Rua Valentino Santos	Ativo	2004	60	?	Uso primário e secundário de uma escola e cerca de 50 famílias	Fossa hospitalar a 30m.	TN-04 (coli)	5,1	22,0
Posto de Combustível Equador	Rua São Francisco	Ativo	1998	36	12	Uso primário e secundário do posto e de 30 casas.	Tanques de gasolina e diesel ao lado.	-	5,8	33,3
Hotel Garcia	Rua da Paz - Centro	Ativo	2005	35	?	Uso primário do hotel	Não.	TN-07 (FQ)	4,0	122,8
Casa de Radson Alves de Souza	Rua Augusto Malheiros – Bairro São Cristóvão	Ativo	2004	30	?	Uso primário e secundário da residência e 11 casas	Fossa a 20 m.	TN-08 (coli)	5,0	40,4
Casa de Tiago da Silva Garcia	Rua Alexandre Santos – Bairro Nossa Sra. Aparecida	Ativo	2003	30	?	Uso primário e secundário da residência e 40 casas	Não	-	4,9	26,8
Comunidade São José do Amparo	Margem esquerda do rio Solimões a 24 km a jusante da sede munic.	Ativo	2008	48	5	Uso primário e secundário de 106 casas	Não	-	4,3	59,1

CE – Condutividade Elétrica; FQ – amostra para análises físico-químicas; Coli – amostra para teste de coliformes totais.

Tabela 7.7.2.2 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas nas águas coletadas nos poços tubulares da cidade de Tonantins

Amostra	Coliformes Totais	Turbidez FTU	Cor (mgPt/L)	Alcalinidade (mgHCO ₃ ⁻ /L)	DQO (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ⁻² (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)
TN-01	Ausência	120,9	10,5	11,59	6,1	2,70	0,10	4,5	1,7	5,38	2,83	2,15	1,71
TN-02	Ausência	0,0	8,2	23,18	4,7	1,40	0,10	7,4	1,5	14,95	4,22	2,51	0,62
TN-03	NA	39,3	62,8	20,13	12,1	1,13	0,23	2,6	1,6	8,38	2,31	1,47	0,54
TN-04	Ausência	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
TN-05	Ausência	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
TN-06	Presença	0,0	8,2	< LD	6,7	10,82	0,14	12,3	2,0	16,56	3,89	4,87	0,71
TN-07	NA	0,0	0,8	< LD	8,2	5,03	0,19	12,4	1,5	11,52	3,06	0,80	0,87
TN-08	Presença	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Valores de Referência

Portaria MS 518/2004	Ausência	5,0	< 15,0	-	-	< 10,0	< 1,5	< 250	< 250	< 200	-	-	-
-----------------------------	----------	-----	--------	---	---	--------	-------	-------	-------	-------	---	---	---

Amostra	Fe (mg/L)	Al (mg/L)	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	Ba (µg/L)	Co (µg/L)	Cr (µg/L)	Cu (µg/L)	Li (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Sr (µg/L)	Zn (µg/L)
TN-01	0,23	0,02	10,7	245	6	< LD	2	5	64	9	46	58
TN-02	0,02	0,01	5,3	105	< LD	3	< LD	3	22	< LD	34	< LD
TN-03	0,13	0,01	6,2	27	< LD	< LD	< LD	4	48	< LD	27	< LD
TN-06	0,01	1,05	15,1	84	6	< LD	2	1	158	< LD	21	< LD
TN-07	0,04	NA	6,2	NA								

Valores de Referência

Portaria MS 518/2004	< 0,30	< 0,20	< 500	< 700	< 5	< 50	< 2000	-	< 100	< 20	-	< 5000
-----------------------------	--------	--------	-------	-------	-----	------	--------	---	-------	------	---	--------

DQO - Demanda Química de Oxigênio; NA - Não Analisado; LD - Limite de detecção

Também foram analisados As, Be, B, Cd, Mo, Pb, Se, Sn, Ti e V, porém todos os valores encontrados para esses elementos estão abaixo de seus limites de detecção.

Obs.: Destacam-se em vermelho os parâmetros em desacordo com Portaria MS 518/2004, além dos valores que sugerem alteração antrópica na qualidade das águas

7.7.3 Avaliação da disposição final dos resíduos sólidos

Segundo o Sr. Rainério Calmont, titular da Secretaria Municipal de Obras na época dos trabalhos de campo, Tonantins realiza a coleta pública de resíduos sólidos na zona urbana há mais de dez anos, mas ainda não havia implantado a coleta seletiva de materiais recicláveis. O secretário informou que todo material recolhido é depositado em um terreno da prefeitura que foi transformado em depósito de resíduos sólidos (DRS) no ano de 2000. Em média, o volume diário de resíduos coletados e depositados no DRS é de apenas 15 m³, incluindo o lixo hospitalar, que é despejado junto com os demais sem nenhum tratamento ou seleção.

A área utilizada como DRS de Tonantins possui aproximadamente 3,0 hectares e se localiza na estrada de São Francisco, na coordenada S 02°51'48,5" e W 67°48'03,2" (**Anexo XIX e Foto 7.7.3.1**). Embora não haja cerca de proteção nem placas de sinalização, durante a visita não foi observada a presença de catadores no local. O terreno possui um leve declive em direção ao igarapé Açú, sendo que a distância entre o DRS e o igarapé é de 180 m, com uma diferença de cota aproximada de 6 m. No entorno, a vegetação é de capoeira. A distância até o centro da cidade é de cerca de 2 km, observando-se que a comunidade mais próxima (São Francisco) fica a 600 m. O acesso ao local é relativamente bom, com apenas um pequeno trecho sem pavimentação.



Foto 7.7.3.1 – Vista da área do lixão da cidade de Tonantins

Logo depois de depositado, todo lixo é queimado no próprio local, para reduzir o volume de plásticos e papéis, e eventualmente recebe uma cobertura de argila. Desta forma, o DRS de Tonantins pode ser classificado como uma lixeira a céu-aberto ou lixão. Em entrevistas

com moradores do município foi informado que o igarapé Açu, a jusante do lixão, é utilizado como balneário e relatada a possível contaminação de suas águas pelo chorume que escorre do terreno nos períodos pós-chuvas.

Para determinar o nível d'água local, avaliar a existência de contaminação no lençol freático e caracterizar a composição granulométrica do solo, fator que indica a facilidade de infiltração e percolação de fluidos em subsuperfície, foi realizada uma sondagem a trado (TON-01 S1) entre o lixão e o igarapé Açu, na coordenada geográfica S 02°51'46,0" e W 67°48'0,2", conforme ilustrado na **Foto 7.7.3.2**.



Foto 7.7.3.2 – Sondagem TON 01 S1, realizada na área do lixão de Tonantins.

Com a sondagem foi possível caracterizar o solo, tátil e visualmente, como arenoso a areno-argiloso em todo perfil atravessado (7,5m), inadequado para servir de substrato a um DRS, e determinar o nível d'água em 6,8 m de profundidade (**Tabela 7.7.3.1**). Após a conclusão da sondagem foi coletada amostra da água subterrânea para aferições *in loco* de dois parâmetros indicativos de contaminação química, condutividade elétrica (CE) e pH, cujos resultados foram respectivamente 15,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 6,1, considerados normais para região.

Tabela 7.7.3.1 – Perfil de solo atravessado pela sondagem TON-01 S1 realizada no lixão de Tonantins

0,0 m – 0,5 m	Areia argilosa marrom escuro
0,5 m – 2,8 m	Areia argilosa alaranjada (ferruginosa)
2,8 m – 3,0 m	Areia argilosa marrom claro com nódulos de argila branca
3,0m – 3,3 m	Areia argilosa laterítica alaranjada
3,3 m – 7,5 m	Areia argilosa marrom claro
6,8 m	Nível d'água

Para verificar a possível contaminação química dos recursos hídricos superficiais foi coletada água do igarapé Açú e também determinados *in loco* seus valores de pH e CE. Os resultados foram: pH 5,3 e CE 51 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sendo que este último valor está pouco acima do padrão para a região, o que poderia ser considerado indicativo de contaminação. Por essa razão foram coletadas duas amostras de água do igarapé Açú, enviadas para análises físico-químicas. De acordo com os resultados analíticos obtidos para essas amostras (TON-01 IG), não foram detectadas concentrações de qualquer parâmetro em desacordo com os valores de referência (**Anexo VIII – Tabelas 1 e 2**), o que descarta a possibilidade de contaminação química nas águas do igarapé Açú. Não se descarta, porém, a existência de contaminações de origem biológica.

Segundo o então secretário de obras de Tonantins, a administração municipal não tinha planos de desativação do atual DRS. Apesar da ausência de contaminação química, como a avaliação preliminar do lixão já mostrava sua localização ser inadequada, ainda no campo, com auxílio de imagens de satélite, foi selecionado um outro local para a realização de visita técnica e investigação rápida acerca de sua favorabilidade em abrigar um DRS.

Para seleção da área a ser investigada, os três principais critérios empregados foram: distância em relação a cursos d'água, distância em relação às comunidades mais próximas e facilidades de acesso. Desta forma, foi escolhida uma área próxima do atual lixão, na coordenada W 67°48'14,6" e S 02°51'41,3" (**Anexo XIX**), de modo que se pudesse utilizar a mesma via de acesso, mas respeitando-se as distâncias mínimas estabelecidas pelas normas técnicas competentes (ABNT NBR's 10157/87 e 13896/97).

A área investigada fica no alto de um "morrote", a cerca de 400 m do igarapé Açú e 600 m a noroeste do atual lixão. O terreno é relativamente plano, com pelo menos 1,5 hectare, dimensão que pode se estender, e a vegetação predominante é do tipo capoeira. Quanto ao proprietário do terreno, o Sr. Rainério não soube informar quem seja. Para caracterizar a composição granulométrica do solo foi realizada uma sondagem a trado (TON-04 S1) na coordenada W 67°48'14,6" e S 2°51'41,3" (**Foto 7.7.3.3**).



Foto 7.7.3.3 – Sondagem TON 04 S1 realizada em terreno onde foi avaliada a favorabilidade técnica para implantação do aterro sanitário de Tonantins

Como a profundidade do nível d'água local foi estimada, com base em observações do relevo, entre 15 e 20 m, a equipe decidiu não aprofundar a sondagem, paralisada aos 4 m, devido à falta de expectativa em alcançar o nível freático, limitando-se apenas a analisar a composição granulométrica do solo, e verificar se a distância entre a superfície do terreno e o nível freático estimado atendia ao valor mínimo recomendado pelas normas técnicas relativas à construção e operação de aterros sanitários (ABNT NBR's 10157/87 e 13896/97).

Analisando tatilmente as amostras de solo obtidas pela sondagem, pode-se caracterizá-lo como argiloso a argiloarenoso em todo perfil perfurado (4 m), portanto adequado para dar suporte a um DRS (**Tabela 7.7.3.2**).

Após a conclusão da sondagem TON-04 S1 foram coletadas cinco amostras de solo, uma de cada horizonte mais representativo, as quais foram enviadas para caracterização granulométrica no laboratório da EMBRAPA em Manaus. Segundo os resultados das análises, em consonância com as descrições táteis e visuais feitas pelos técnicos no campo, o solo no local é classificado como argiloso em toda extensão perfurada (**Anexo IX**).

Tabela 7.7.3.2 – Perfil do solo atravessado por sondagem realizada em área onde foi avaliada a favorabilidade para implantação do aterro sanitário de Tonantins

0,0 m – 0,2 m	Argila marrom escuro
0,2 m – 1,1 m	Argila marrom escuro
1,1 m – 2,6 m	Argila arenosa marrom escuro
2,6 m – 3,5 m	Argila arenosa plástica avermelhada
3,5 m – 4,0 m	Argila arenosa quebradiça alaranjada

Os dados obtidos em campo e nos laboratórios permitem afirmar que, embora os valores de CE e pH, medidos nas águas superficiais (igarapé Açu) e subterrâneas, e os resultados das análises físico-químicas realizadas nas amostras coletadas no igarapé Açu não indiquem contaminação, o local utilizado como DRS da cidade de Tonantins não é adequado para este fim, principalmente pelo fato do curso d'água mais próximo estar situado em distância inferior à mínima estabelecida pelas normas técnicas competentes. Além disso, o local não possui tipo de solo propício para suportar um DRS, por ser muito arenoso, e o terreno se encontrar em declive, o que facilita o escoamento dos fluídos residuais (chorume) para o igarapé Açu, que é utilizado como balneário.

Assim como o escoamento do chorume para o igarapé, a falta de proteção e livre acesso ao lixo depositado também representam risco à população, agravado pelo fato do município não tratar de forma adequada os resíduos hospitalares e depositá-los junto ao lixo doméstico.

Em relação à área investigada para avaliação de seu potencial para implantação do aterro sanitário municipal, os estudos preliminares apontaram um conjunto de fatores favoráveis, como distância aos recursos hídricos, quer sejam subterrâneos ou superficiais, tipo de solo (argiloso), baixa declividade do terreno, acesso, distância aos centros populacionais e área útil. Cabe à administração municipal averiguar a disponibilidade de venda do terreno junto ao proprietário e promover estudos mais detalhados que possam confirmar a viabilidade técnica do local para implantação do aterro sanitário.

Com base nos dados observados, coletados e analisados neste estudo podem ser feitas as seguintes recomendações:

- Instalação de cercas e sinalização na área da atual lixeira para restringir o acesso de pessoas e animais.
- Construção de quatro poços de monitoramento, ortogonais entre si e com pelo menos 15m de profundidade, no entorno da atual lixeira e posterior realização de amostragens e análises da água subterrânea coletada nesses poços a cada três meses.

- Detalhamento da investigação da área descrita como potencial para construção do aterro sanitário municipal: definir com precisão a dimensão do terreno; percorrer todo seu perímetro para verificar a existência de outros cursos d'água; realizar cinco sondagens a trado mecanizado, sendo quatro nas extremidades e uma no centro do terreno, para caracterizar o tipo de solo e o nível d'água. Caso esta área se mostre inviável tecnicamente, devem ser realizados estudos para identificação e seleção de outros locais que satisfaçam as condições necessárias para dar suporte a um DRS.
- Gestões junto aos órgãos financiadores para busca de recursos para implantação do aterro sanitário municipal na área que vier a ser indicada. Tal aterro deve ter uma vida útil mínima de 15 anos.
- Desativação do atual lixão o mais breve possível.

7.7.4 Áreas de Risco

Na cidade de Tonantins, os riscos geológicos estão restritos à orla do rio Solimões e estão associados à acentuada declividade de taludes (barrancos) situados a montante (rua Frei Ludovico) e a jusante (rua Getúlio Vargas) do porto flutuante. Pelo fato de o núcleo urbano estar situado, topograficamente, acima do nível máximo das águas fluviais, não há áreas na cidade sob risco de alagamentos. Porém, a forte declividade dos taludes citados representa fator de risco para as moradias assentadas muito próximas aos mesmos. Nos trabalhos de reconhecimento de riscos geológicos em Tonantins, na orla fluvial, a equipe técnica da CPRM identificou duas áreas habitadas sujeitas a sofrer os impactos decorrentes de movimentos de massa, como escorregamentos ou desmoronamentos, conforme apresentado no **Anexo XVIII** e descrito a seguir.

- **Rua Frei Ludovico**

Adjacente a esta rua, entre as coordenadas geográficas S 02°51'53,5" / W 67°46'25,0" e S 02°51'47,1" / W 67°46'21,9", ocorre um barranco muito íngreme, com até 15 m de altura, que foi afetado por um grande escorregamento de terra no ano de 2007. Esse movimento de massa provocou o rompimento de parte da rua Frei Ludovico, por um trecho de 30 m, e, segundo relatos de moradores, afetou a estabilidade de 10 moradias situadas no topo e na meia encosta, que foram abandonadas (**Foto 7.7.4.1**).

O talude, ainda sob condições instáveis, avança lateralmente sobre a rua por uma extensão aproximada de 200 m e coloca em situação de alto risco duas residências posicionadas a menos de 10 m da borda do barranco (**Foto 7.7.4.2**). Na rua da Escadaria, uma variante da Frei Ludovico, no mesmo talude, também existe uma residência e um prédio comercial na mesma situação de risco.

Pelo que se observou na época de vazante (setembro de 2008), a base do talude é sustentada por argilitos sílticos cinzentos, que se desmancham, com o ressecamento periódico, em pastilhas e se estendem por 5 a 6 m acima do nível da água do rio. Acima dessa camada de argilitos, e até o topo do talude, ocorrem areias inconsolidadas, amareladas, de granulação fina a média. Situação similar foi encontrada nos taludes fluviais instáveis da orla da cidade de São Paulo de Olivença.

- **Rua Getúlio Vargas**

O trecho desta rua que se estende desde as escadarias do terminal flutuante (coordenadas S 02°51'42,5" / W 67°46'14,7") até cerca de 150 m a jusante (coordenadas S 02°51'40,1" / W 67°46'10,8") também pode ser considerado de alto risco de escorregamento. Esse trecho está assentado no alto de um talude íngreme arenoso, com pouca cobertura vegetal nas encostas, com cerca de 15 m de altura, situação que coloca em risco a estabilidade de 7 moradias e dois estabelecimentos comerciais localizados muito próximos à borda do talude. Além disso, na meia encosta, também vulnerável a escorregamentos de terra, observa-se as instalações de um frigorífico de peixe. Um dos moradores do local relatou que a sua casa já foi desnivelada pelo recalque do terreno ocorrido durante a última cheia (**Foto 7.7.4.3**).



Foto 7.7.4.1 – Vista do trecho destruído da rua Frei Ludovico em virtude de escorregamento de terra no talude fluvial adjacente.



Foto 7.7.4.2 – Moradias sob alto risco na borda do talude íngreme que margeia a rua Frei Ludovico.



Foto 7.7.4.3 – Moradias em situação de risco na rua Getúlio Vargas, cujo traçado acompanha talude íngreme do rio Solimões.

Os fenômenos de escorregamentos e desmoronamentos de terra são decorrentes de processos naturais inerentes à dinâmica fluvial, que ocorrem em áreas específicas, e que dificilmente podem ser evitados; entretanto, perdas materiais e humanas são frutos da ocupação

desordenada dessas áreas instáveis, a qual pode e deve ser impedida. No caso de Tonantins, tendo em vista o reduzido número de moradias e prédios comerciais sob risco, se recomenda a imediata retirada dos ocupantes desses locais, ainda que temporária, com sua transferência para terrenos a serem definidos pelos gestores municipais e estaduais, até que estudos de detalhe estabeleçam a relação custo x benefício da implantação de obras de engenharia para contenção das encostas íngremes do rio Solimões nas áreas de risco identificadas.

7.7.5 Insumos minerais para construção civil

A cidade de Tonantins não dispõe de olarias nem de locais de extração de seixos. Para suprir a demanda local, os tijolos são importados de Benjamin Constant e Amaturá e os seixos de empresas que os extraem do rio Japurá. Com relação à areia para construção civil, esse bem mineral é explorado do único areal existente na cidade, denominado Quatro Irmãos.

Areal Quatro irmãos

Situado na margem da estrada de acesso à comunidade de São Francisco, na coordenada S 02°51'57,0" e W 67°47'28,5", o areal Quatro Irmãos (**Anexo XIX e Foto 7.7.5.1**) começou a ser explorado no ano de 2002, sendo que a extração da areia é feita apenas sob encomenda. O responsável pelo local, Sr. Glaucir, não soube informar o volume já extraído nem a espessura da camada de areia. O terreno possui cerca de 2,0 hectares e está parcialmente coberto por vegetação.

A areia é escura na superfície e mais clara conforme se escava, provavelmente devido à cobertura de matéria orgânica. Uma análise visual e tátil mostra que a areia é bem selecionada e possui granulometria média a grossa. Apenas a porção mais clara é utilizada na construção civil, enquanto a porção mais escura é destinada a aterros. Para melhor caracterização, foi coletada uma amostra da areia mais clara (TON-02) e enviada para análise granulométrica no laboratório da EMBRAPA em Manaus, a qual indicou que o material explorado pelo Areal Quatro Irmãos é classificado como areia grossa, composto 89,6% por areia e 10,4% por argila e silte (**Anexo IX**).



Foto 7.7.5.1 – Vista do Areal Quatro Irmãos, localizado na estrada de São Francisco.

7.8 Jutai

7.8.1 Aspectos gerais do município

Criado em 19.12.1955, através de lei estadual, Jutai faz fronteira com os municípios de Juruá, Fonte Boa, Carauari, Eirunepé, Itamarati, Benjamin Constant, Santo Antonio do Içá, Amaturá, São Paulo de Olivença e Tonantins. Sua sede está situada na margem direita do rio Solimões, na foz do rio Jutai, a cerca de 755 km em linha reta da cidade de Manaus (**Anexo I**). É o quinto maior município do estado, com uma área de 69.552 km², ocupada por apenas 0,53% da população estadual. Sua economia equivale a 0,18% do PIB amazonense em 2006.

7.8.2 Avaliação das águas de abastecimento público

A cidade de Jutai está assentada sobre os sedimentos arenosos da Formação Içá, que possuem boa porosidade e permeabilidade, ou seja, que se constituem em bom aquífero (formação geológica armazenadora de água), passível de exploração por meio de poços tubulares. Desse modo, o fornecimento público de água para consumo humano na sede de Jutai é feito a partir unicamente de captação subterrânea e está sob responsabilidade do DAA – Departamento de Abastecimento de Águas de Jutai, órgão municipal chefiado, na época dos trabalhos de campo, pelo Sr. Sérvulo Mendes Filho, o qual disponibilizou um funcionário para acompanhar a equipe técnica durante a coleta de dados para a elaboração deste diagnóstico.

O DAA contava com onze poços tubulares sob sua administração, sete deles em operação normal e quatro paralisados, havia mais de três meses, por problemas com suas bombas submersas. Segundo o Sr. Sérvulo, essas bombas ainda não tinham sido encaminhadas para reparos por falta de recursos financeiros. Ressalta-se que a então administração municipal havia isentado todos os moradores do pagamento da tarifa de água, o que resultou numa situação de penúria financeira do DAA.

A equipe técnica da CPRM visitou os onze poços (PT-01 a PT-11), que têm profundidades variando de 34 a 60 metros, obteve suas coordenadas geográficas e avaliou o entorno dos mesmos, o que, aliado aos dados obtidos no DAA, permitiu a elaboração do **Anexo XX** e da **Tabela 7.8.2.1**, onde constam a descrição física dos poços e os valores de pH e condutividade elétrica de suas águas medidos in situ. Infelizmente, o DAA não dispõe de nenhuma documentação técnica relativa a esses poços, como perfis construtivos e perfis geológicos; assim os dados de profundidade, vazão e ano de perfuração foram obtidos com base em informações verbais de funcionários do órgão.

A água subterrânea captada pelos poços do DAA, com bombeamento de 24 horas por dia, alimenta diretamente a rede de distribuição que chega às residências, sem passar pelo processo de cloração e por reservatórios. No sistema havia dois reservatórios de metal, um (reservatório elevado) próximo à sede do DAA e outro (reservatório tipo taça) próximo ao poço

PT-10, porém ambos foram desativados há vários anos devido à corrosão do metal e falta de manutenção (**Figura 7.8.2.1**).

Cada poço abastece um determinado setor da cidade, não há interligação em rede, motivo pelo qual, com a paralisação de quatro poços, havia desabastecimento em cerca de 40% das residências (informação do DAA), principalmente nos bairros São Francisco e São José. Nos trabalhos de campo verificou-se que um dos poços paralisados pelo DAA (poço PT-09), no São José, havia sido colocado em funcionamento pelos próprios moradores, que instalaram uma bomba tipo “sapo” acoplada a uma mangueira que fornecia água para algumas residências (**Figura 7.8.2.1**).



Figura 7.8.2.1 - À esquerda, reservatório elevado desativado devido à corrosão; à direita, amostragem no poço PT-09, desativado pelo DAA por problemas na bomba, mas colocado em funcionamento pelos moradores, que instalaram uma bomba “sapo”.

De acordo com os dados do DAA havia 2.600 ligações (pontos de água) cadastradas em seu sistema, o que permite estimar uma população a ser atendida de cerca de 10.000 pessoas. Esse número é similar ao obtido pelo último censo populacional (IBGE, 2007), que registra para Jutai uma população urbana de 9.700 pessoas; com o crescimento médio anual (3,3%), pode-se projetar para o ano de 2009 um contingente aproximado de 10.400 habitantes (vide item 6.4). Considerando a necessidade média de 200 litros de água/habitante/dia, verifica-se que atualmente seriam necessários 2.080 m³ de água/dia para atender à demanda urbana. Levando-se em conta a vazão dos seis poços públicos que dispõe desse dado (fornecido pelo DAA - **Tabela 7.8.2.1**), obtém-se uma vazão média por poço de 42 m³/hora, normal para o aquífero Içá. Com os onze poços em operação, com vazão média de 42 m³/hora e regime de bombeamento de apenas 12 horas por dia, será produzido um total diário de água para consumo humano de 5.540 m³, muito mais do que suficiente para atender aos usuários do sistema, mesmo considerando as perdas, como vazamentos e ligações clandestinas.

Portanto, se os dados de vazão informados estiverem corretos, a quantidade de água não seria problema para o abastecimento público de Jutai desde que houvesse interligação entre os poços, ou seja, qualquer poço poderia substituir outro no caso de problemas com as

bombas. Como não há essa interligação, cada vez que um poço apresenta problema, os moradores do setor abastecido por ele sofrem falta de água.

Na zona urbana, também foram visitados os poços de três colégios estaduais (João van den Dungen – que tem mais de 1.000 alunos, Irmã Bruna e São Francisco) e o poço do futuro Hospital Estadual (em construção), que fornece água para boa parte dos moradores do bairro São José (**Tabela 7.8.2.1** e **Figura 7.8.2.2**). Deve-se ressaltar que este último poço está situado a cerca de 100 metros do poço público PT-10, que deveria abastecer o São José, porém estava paralisado havia mais de seis meses e cuja casa de comando se encontrava muito deteriorada, inclusive sem cobertura (**Figura 7.8.2.3**). Situação semelhante se observou no poço PT-07, no bairro São Francisco, a 50 metros do Colégio Irmã Bruna, de cujo poço parte dos moradores desse bairro se abastece.



Figura 7.8.2.2 – À esquerda, poço do Colégio João van den Dungen, sem fonte contaminantes nas proximidades; à direita, poço do Colégio Irmã Bruna, situada a menos de 20 metros da fossa e a cerca de 10 metros de um cano de esgoto rompido.



Figura 7.8.2.3 – À esquerda, poço do Hospital Estadual, que fornece água para moradores do bairro São José; à direita, menina carrega água do poço do hospital, tendo ao seu lado o poço do DAA PT-10, desativado havia seis meses.

Na zona rural foram visitadas três comunidades importantes que se abastecem por meio de poços tubulares, também relacionados na **Tabela 7.8.2.1**: Comunidade Bugaio e Vila de Copatana, no rio Jutai, e Copeçu, no rio Solimões (**Anexo I**).

Na Comunidade Bugaio, onde vivem cerca de 360 indígenas das etnias Tikuna, Kokama e Kambeba, o poço estava paralisado devido à bomba estar quebrada havia duas semanas. A quebra da bomba deixou um resíduo de óleo lubrificante dentro do poço, o que foi observado a partir de amostragem realizada com auxílio de uma garrafa plástica acoplada a um peso. Não foram medidos os valores de pH e condutividade elétrica pois a oleosidade poderia danificar os aparelhos. À espera do conserto da bomba, os moradores estavam utilizando, para todos os fins, as águas do rio Jutai.

Na vila de Copatana, com cerca de 1.200 pessoas, a população é abastecida a partir de poço público que alimenta reservatório de concreto de 30m³, de onde a água é distribuída, sem cloração, para as residências. O poço está situado em local isolado, sem fonte contaminante próxima, porém não possui tampa de proteção. Seu funcionamento era intermitente, dependendo da existência de óleo diesel para o gerador que aciona sua bomba (**Figura 7.8.2.4**). O fornecimento do combustível, por parte da Prefeitura de Jutai, não era constante: no momento da visita havia três meses que a Prefeitura não enviava o combustível, fazendo com que os moradores o adquirissem às suas expensas.

Na comunidade Copeçu, habitada por aproximadamente 120 indígenas da etnia Kambeba, há um poço tubular que alimenta reservatório de metal de 15 m³, de onde a água é distribuída, sem cloração, para as residências. Do mesmo modo que em Copatana, o funcionamento do poço era intermitente, dependendo da existência de combustível, fornecido pela Prefeitura, para o gerador que aciona sua bomba.



Figura 7.8.2.4 – À esquerda, poço da vila Copatana, sem fonte contaminante no entorno, porém sem tampa de proteção; à direita, poço DAA PT-02, ao lado do Mercado Municipal, muito próximo a lixo do mercado e a palafitas com esgoto a céu-aberto.

O aquífero Içá normalmente produz águas de boa quantidade e qualidade, porém não está imune a contaminações antrópicas, principalmente quando os poços são mal construídos e mal localizados. Não há controle de qualidade das águas produzidas pelos poços de Jutai,

sejam do DAA ou outros, isto é, não são realizadas análises periódicas que possam comprovar sua potabilidade.

Por estudos desenvolvidos em outras regiões sabe-se que as águas do aquífero Içá, quando não contaminadas, possuem pH ácido, em torno de 4,5 a 5,5, e condutividade elétrica (CE) baixa, em valores menores que 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$, reflexo da reduzida quantidade de sais dissolvidos. Valores de pH abaixo de 4,0 ou acima de 6,0 sugerem algum tipo de influência antrópica, como infiltração de esgotos domésticos; valores de CE acima de 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ também são fortemente sugestivos de águas contaminadas. Assim, o pH e a CE, medidos na boca do poço, são bons indicativos de contaminação, que só pode ser confirmada por meio das análises laboratoriais.

Em função dos valores de pH e CE medidos in situ e das observações de campo, com objetivo de se detectar eventuais contaminações, foram coletadas amostras de água em 10, dos 18 poços visitados, para envio aos laboratórios do INPA e LAMIN, onde se processaram as análises físico-químicas. Além disso, dos 18 poços, 11 foram amostrados para testes de coliformes totais, realizados na própria etapa de campo. Apesar de apresentarem valores de pH e CE normais para o aquífero Içá, os poços do DAA PT-05 e PT-11 foram amostrados para servirem como referência (**Tabela 7.8.2.1**). Os resultados das análises laboratoriais e de coliformes estão expostos na **Tabela 7.8.2.2**, que também contém, para comparação, os valores máximos permitidos (VMP) para cada parâmetro de acordo com a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, que estabelece os padrões de potabilidade de água para consumo humano.

Os dados obtidos indicam que, dos poços amostrados, apenas três possuem águas que atendem aos padrões de potabilidade: os poços do DAA PT-05, PT-08 e PT-11. Os demais apresentam um ou mais parâmetros em desacordo com a Portaria 518/2004, conforme descrito abaixo (**Tabela 7.8.2.2**):

- os poços do DAA PT-01, PT-02 e PT-09, dos colégios Irmã Bruna e São Francisco, do Hospital Estadual e da vila Copatana revelaram presença de coliformes (**Figuras 7.8.2.1, 7.8.2.2 e 7.8.2.4**). Desses poços, apenas o do colégio São Francisco e o da vila Copatana não apresentam fontes contaminantes em suas proximidades, porém este último não possui tampa de proteção. De qualquer modo, esse tipo de contaminação pode ser eliminado com uma medida simples: a cloração das águas;

- os poços do DAA PT-02 e PT-09, dos colégios João van den Dungen e Irmã Bruna, e das comunidades Copatana e Copeçu apresentaram valores de cor e/ou turbidez em suas águas acima do máximo permitido, fruto do excesso de material particulado (argila e areia fina) em suspensão. Tal excesso é resultante de falhas na construção dos poços, como disposição inadequada do pré-filtro (seixos) no espaço anelar tubos/paredes, ou colocação das seções filtrantes (tubos serrilhados) em camadas argilo-arenosas, ou, ainda, da colocação da bomba em

posição imprópria. Para eliminar esse tipo de problema é necessário conhecer o perfil construtivo e geológico dos poços e, aí, providenciar o desenvolvimento (limpeza) dos mesmos;

- os mesmos poços do item anterior, com exceção do da vila Copatana, apresentaram em suas águas valores de ferro (Fe) e/ou manganês (Mn) dissolvidos em desacordo com a Portaria 518/2004, com destaque para o da Comunidade Copeçu, que possui concentrações de Fe doze vezes e de Mn três vezes acima do permitido. Provavelmente, esse tipo de contaminação é natural, já que o aquífero Içá possui alguns níveis enriquecidos nesses dois elementos. A ausência de fontes contaminantes no entorno dos poços do colégio João van den Dungen e da Comunidade Copeçu reforça a hipótese de contaminação natural. Para investigar melhor essa contaminação, e tentar eliminá-la, também se faz necessário conhecer o perfil construtivo e geológico dos poços;

- as águas do poço da Comunidade Copeçu, quando comparada com as demais, revelaram concentrações de cloreto (Cl) e sódio (Na) muito elevadas, incompatíveis com o aquífero Içá. Dada a ausência de fontes contaminantes observada no campo, é de se supor que haviam sido utilizados produtos químicos no entorno desse poço.

Os poços do sistema público de abastecimento de água de Jutai denotam um aspecto de desleixo e abandono: bombas submersas quebradas há tempos; matagal tomando conta do entorno (**Figura 7.8.2.5**); terrenos sem proteção; casas de comando deterioradas, etc. Assim, o principal problema do sistema é simplesmente de *gestão*, que pode ser amenizado com a retomada da cobrança da tarifa de água. Felizmente, a contaminação dos poços não é mais intensa pois a primeira “camada” do solo da zona urbana, até cerca de seis metros de profundidade, é muito argilosa (informações obtidas com o perfurador de poços Pedro Melchiades Ribeiro). Essa camada argilosa protege o lençol freático das contaminações, pois vai filtrando os resíduos orgânicos, provenientes da ausência de saneamento básico, que se infiltram no solo. Um bom exemplo disso é o poço do DAA PT-11 que, apesar de estar situado a menos de dez metros de uma vala negra, com dejetos orgânicos, possui águas isentas de contaminações (**Figura 7.8.2.5**).



Figura 7.8.2.5 – À esquerda, poço do DAA PT-03, no bairro Bom Pastor; à direita, poço do DAA PT-11, no bairro São Pedro, a menos de 10 metros de uma vala negra.

Com os resultados das análises químicas efetuadas nas cinco amostras coletadas nos poços do DAA foi elaborado o gráfico que define a classificação das águas com base nos principais íons presentes (Diagrama de Piper), o qual é apresentado na **Figura 7.8.2.6**. Como se verifica, os pontos correspondentes aos poços contaminados PT-01, PT-02 e PT-09 estão agrupados próximo ao limite entre os campos das águas bicarbonatadas cálcico-magnesianas e bicarbonatadas sódicas; já os poços PT-05 e PT-11, não contaminados, estão distantes desse agrupamento: o primeiro, com águas classificadas como bicarbonatadas sódicas, e o segundo, como águas sulfatadas sódicas.

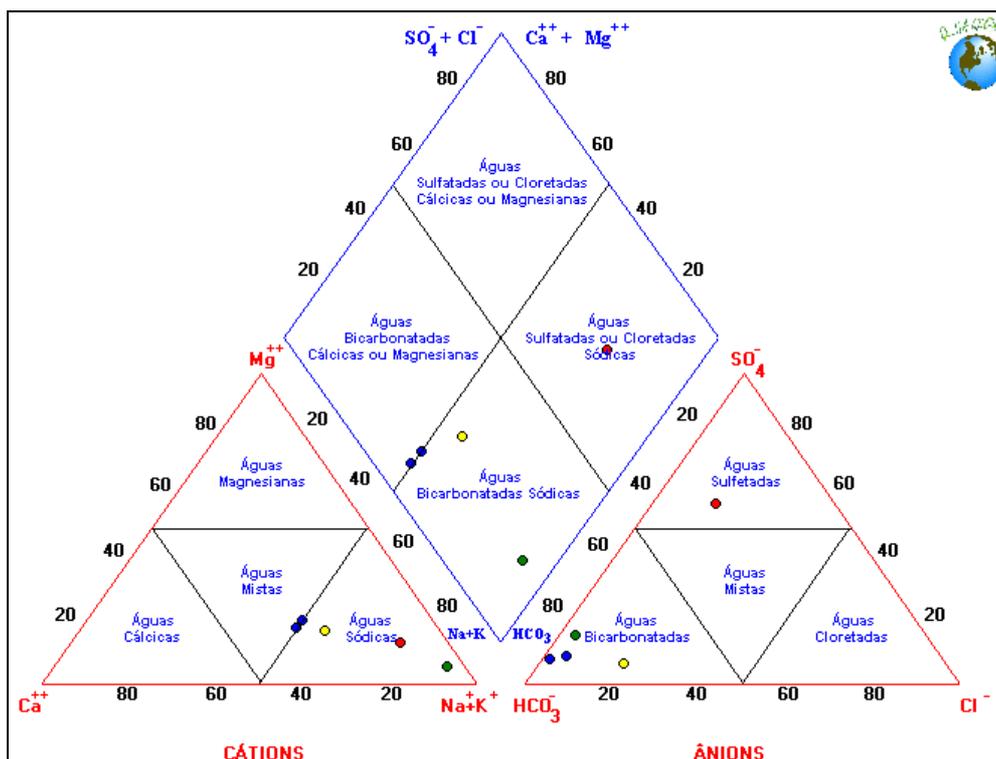


Figura 7.8.2.6 - Diagrama de Piper para as águas de cinco poços de abastecimento público em Jutáí (em cor azul: poços PT-01 e PT-09; em amarelo: poço PT-02; em verde: poço PT-05; em vermelho: poço PT-11)

Com base nas observações de campo e nos resultados das análises laboratoriais podem ser feitas as seguintes recomendações aos gestores municipais de Jutáí:

- retomada da cobrança individual da tarifa de água, pois só assim o DAA poderá se manter e efetuar as manutenções necessárias ao bom funcionamento do sistema;
- desativação do poço do DAA PT-02, por estar situado em local inadequado, com intensas fontes contaminantes no entorno, e perfuração de um novo poço, em terreno isolado, de acordo com as normas técnicas recomendadas (**Anexo XXX**);

- execução da interligação entre os poços públicos, de modo que o sistema opere em rede, com um poço substituindo outro quando necessário. Ao mesmo tempo devem-se recuperar os reservatórios existentes, desativados há anos devido à corrosão;
- manutenção e obras nos terrenos onde estão situados os poços: corte do matagal, reforma das casas de comando e instalação de muros ou cercas de proteção;
- para garantir a ausência de coliformes (qualidade microbiológica) nas águas de consumo faz-se necessária a implantação de um processo de cloração, seja por meio de sistema de pastilhas de cloro nos próprios poços, no caso de escolas, hospitais e comunidades, ou, no caso dos poços do DAA, por casas de cloração, que promovem a adição do cloro nas águas provenientes de reservatórios elevados;
- execução de perfilagens geofísica e ótica nos poços que produzem águas com parâmetros em desacordo com a norma de potabilidade. Esse procedimento permitirá conhecer os perfis construtivos (posição das seções filtrantes e dos revestimentos) e geológicos (posição das camadas argilosas e arenosas) dos poços, de modo que se possam propor soluções para os problemas detectados;
- após as perfilagens, nos poços com excesso de cor ou turbidez deve ser feito o desenvolvimento dos mesmos: injeção de uma solução fluidificante (hexametáfosfato de sódio ou similar) e, após doze horas em repouso, injeção de água limpa e bombeamento pelo sistema Air Lift (compressor) até que todo material em suspensão seja eliminado;
- nos poços com concentrações elevadas de Fe e Mn deve ser realizada amostragem de metro em metro da coluna d'água para se tentar detectar, com os resultados das análises químicas, os intervalos mais enriquecidos nesses elementos e, se possível, isolá-los. Caso o problema persista, recomenda-se que as águas desses poços, antes de sua distribuição final à população, sejam misturadas com as de poços isentos de contaminação química para promover a diluição dos teores elevados;
- devido à ausência de documentação técnica referente à construção dos poços públicos, em todos eles deverão ser feitos, com bomba submersa e por um período mínimo de 24 horas, os testes de produção que determinarão, com precisão, o nível estático, o nível dinâmico e a vazão de cada um;
- recomenda-se a cimentação de todos os poços do DAA inoperantes, ou dos que venham a ser desativados, para evitar que os mesmos sirvam como conduto de eventuais contaminantes;
- o DAA deve providenciar, por meio de convênios com laboratórios públicos, análises físico-químicas trimestrais e bacteriológicas mensais nas águas dos poços, com vistas a monitorar continuamente sua qualidade e cumprir a legislação pertinente.

Tabela 7.8.2.1 - Relação e algumas características dos poços tubulares visitados no município de Jutai com os valores de pH e condutividade elétrica medidos *in situ*

Poço	Local	Situação	Ano de Perfur	Prof (m)	Vazão (m ³ /h)	Fontes contaminantes no entorno	Amostra	pH	CE (µS/cm)
Col. Est. João V. Dungen	Rua Sebastião Campos com Rua Cícero Tuchaua – Br. Plínio Coelho	Ativo	2006	50	30	Não. Terreno bem cuidado	JU-01 (FQ + coli)	5,6	47
Col. Estadual Irmã Bruna	Rua Mario Andrezza com Estrada da Ubada – Bairro São Francisco	Ativo	2002	40	?	Fossa a menos de 20m. Cano de esgoto rompido a 10m (exalando mau-cheiro)	JU-02 (FQ + coli)	6,1	73
Col. Estadual São Francisco	Rua Brasília, ao lado da sede do DAA	Ativo	2002	?	?	Não	JU-03 (coli)	5,0	36
Hosp. Est. (em construção)	Rua 6 de Março – Bairro São José	Ativo*	2006	60	?	Fossa do Centro de Saúde Municipal a menos de 20m.	JU-08 (FQ + coli)	6,0	74
DAA PT-01	Rua Brasília, ao lado do DAA	Ativo	1980	34	44	Fossas residenciais a menos de 20m	JU-04 (FQ + coli)	5,8	61
DAA PT-02	Ao lado do Mercado Municipal	Ativo	2000	40	44	Cano de esgoto e lixo do mercado ao lado do poço; palafitas a 10m com esgoto a céu-aberto	JU-05 (FQ + coli)	6,1	89
DAA PT-03	Rua Bom Pastor – Bairro Bom Pastor	Ativo	1996	40	48	Não. Matagal tomando conta do local	-	5,6	41
DAA PT-04	Rua Belo Ferreira – Bairro Vila Sônia	Paralisado	2008	30	?	Fossas residenciais a menos de 20m	-	-	-
DAA PT-05	Rua Bom Pastor (Quadra de areia)	Ativo	2000	60	50	Não. Matagal tomando conta do local	JU-06 (FQ + coli)	5,4	29
DAA PT-06	Rua Osvaldo Arantes - Plínio Coelho	Ativo	2007	40	?	Residências (barracos) a menos de 10m	-	5,6	37
DAA PT-07	Estrada da Ubada – São Francisco	Paralisado	1980	40	?	Fossas residenciais a menos de 20m	-	-	-
DAA PT-08	Rua Nova – Bairro Mariano	Ativo	2008	39	?	Não	JU-09 (coli)	5,9	61
DAA PT-09	Rua São José – Bairro São José	Ativo**	2000	60	19	Fossas residenciais a menos de 20m	JU-07 (FQ + coli)	6,1	79
DAA PT-10	Rua Grande Circular - São José	Paralisado	2000	60	?	Não	-	-	-
DAA PT-11	Rua Duque de Caxias – São Pedro	Ativo	1996	40	45	Vala negra a menos de 10m. Matagal	JU-10 (FQ + coli)	5,2	27
Com. Indígena Bugaio	Margem direita do rio Jutai (17 km da sede municipal)	Paralisado	2000	38	?	Não	-	-	-
Vila de Copatana	Margem direita do rio Jutai (20 km da sede municipal)	Ativo	2000	60	?	Não	JU-11 (FQ + coli)	5,4	25
Com. Indígena Copeçu	Margem direita do rio Solimões (7 km da sede municipal)	Ativo	2002	66	?	Não	JU-12 (FQ)	6,3	130

* Este poço fornece água para parte dos moradores do bairro São José

** Poço paralisado pelo DAA devido à bomba submersa ter se danificado, mas colocado em funcionamento pelos moradores do bairro, que instalaram nesse poço uma bomba tipo “sapo”
 CE – Condutividade Elétrica; FQ – amostra para análises físico-químicas; Coli – amostra para teste de coliformes totais.

Tabela 7.8.2.2 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas nas águas coletadas nos poços tubulares do município de Jutai

Amostra	Coliformes Totais	Turbidez FTU	Cor (mgPt/L)	Alcalinidade (mgHCO ₃ ⁻ /L)	DQO (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ⁼ (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)
JU-01	Ausência	23,9	6,0	25,6	3,30	0,14	< LD	0,34	1,95	5,65	2,58
JU-02	Presença	3,1	29,9	38,4	1,98	0,03	0,14	0,65	2,24	7,14	2,92
JU-03	Presença	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
JU-04	Presença	1,3	7,5	31,1	2,64	0,11	< LD	0,92	2,06	6,03	2,54
JU-05	Presença	13,3	11,2	36,6	2,64	0,25	< LD	5,42	1,89	10,32	2,90
JU-06	Ausência	1,0	6,0	14,6	1,32	0,10	< LD	0,34	2,01	3,39	2,07
JU-07	Presença	3,6	15,0	43,9	1,32	0,04	< LD	0,31	2,35	7,49	2,16
JU-08	Presença	0,0	8,2	41,5	0,66	0,06	< LD	0,34	1,77	6,65	2,82
JU-09	Ausência	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
JU-10	Ausência	0,0	6,7	1,22	1,32	0,22	< LD	0,38	2,06	3,07	2,06
JU-11	Presença	8,8	9,7	11,6	0,66	0,14	< LD	0,17	1,77	1,88	1,99
JU-12	NA	8,3	26,9	35,4	1,32	0,02	0,21	82,52	2,12	17,08	2,55

Valores de Referência

Portaria MS 518/2004	Coliformes Totais	Turbidez FTU	Cor (mgPt/L)	Alcalinidade (mgHCO ₃ ⁻ /L)	DQO (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ⁼ (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)
Portaria MS 518/2004	Ausência	< 5,0	< 15,0	-	-	< 10,0	< 1,5	< 250,0	< 250,0	< 200,0	-

DQO - Demanda Química de Oxigênio; NA - Não Analisado; LD – Limite de detecção

Obs.: Destacam-se em vermelho os parâmetros em desacordo com Portaria MS 518/2004, além dos valores que sugerem alteração antrópica na qualidade das águas

Tabela 7.8.2.2 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas nas águas coletadas nos poços tubulares do município de Jataí (contin.)

Amostra	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	Si (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (µg/L)	Ba (µg/L)	Cr (µg/L)	Cu (µg/L)	Li (µg/L)	Zn (µg/L)
JU-01	2,31	0,79	3,12	20,48	1,32	97	69	3	< LD	3	< LD
JU-02	3,62	1,22	10,24	26,73	2,58	169	48	< LD	< LD	5	< LD
JU-03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
JU-04	3,96	1,55	4,01	21,14	0,07	53	97	3	< LD	3	< LD
JU-05	4,83	1,80	7,12	24,04	0,29	286	119	< LD	< LD	3	< LD
JU-06	0,16	0,10	0,89	NA							
JU-07	5,06	1,60	8,01	26,98	1,98	216	51	< LD	< LD	5	< LD
JU-08	5,35	1,70	6,68	28,96	0,01	< LD	80	3	< LD	3	< LD
JU-09	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
JU-10	0,52	0,35	3,15	13,75	0,01	16	74	3	8	1	104
JU-11	0,61	0,72	0,89	10,41	0,29	38	37	< LD	< LD	2	< LD
JU-12	3,98	1,18	6,23	19,82	3,63	309	52	< LD	< LD	3	106

Valores de Referência

Portaria MS 518/2004	-	-	< 500,0	-	< 0,3	< 100	< 700	< 50	< 2000	-	< 5000
-----------------------------	---	---	---------	---	-------	-------	-------	------	--------	---	--------

Também foram analisados Al, As, B, Be, Cd, Co, Mo, Ni, Pb, Se, Sn, Ti e V, porém todos os valores encontrados para esses elementos estão abaixo de seus LDs

Obs.: Destacam-se em vermelho os parâmetros em desacordo com Portaria MS 518/2004.

7.8.3 Avaliação da disposição final dos resíduos sólidos

Nas três comunidades visitadas, Copatana, Bugaio e Copeçu, não há coleta pública dos resíduos sólidos. O lixo de cada residência é de responsabilidade do próprio morador, cabendo a ele dar um destino final. Desta forma, geralmente o lixo é queimado e enterrado no próprio quintal, ou, por vezes, despejado em drenagens.

Na ocasião dos trabalhos de campo, a cidade de Jutaí estava com o serviço de coleta de resíduos sólidos interrompido havia duas semanas (**Foto 7.8.3.1**). O motivo da interrupção, segundo o então secretário municipal de obras, Sr. Daniel Azevedo, era falta de combustível para o caminhão coletor.



Foto 7.8.3.1 - Resíduos sólidos descartados nas vias municipais de Jutaí, devido à interrupção nos serviços de coleta pública.

Desde o ano de 2006 a cidade de Jutaí utiliza como depósito de resíduos sólidos (DRS) municipal um terreno localizado na “estrada da Lixeira”, a cerca de 3 km do centro da zona urbana, sendo que o acesso ao local é dificultado nos dias de chuva. O terreno, com dimensão aproximada de 0,5 ha, tem seu centro na coordenada S 04°46’12,2” e W 66°45’38,0” (**Anexo XXI**). Segundo o então secretário de obras, o local havia sido escolhido no ano de 2000 por algum órgão ambiental estadual (o secretário não soube precisar qual) com intuito de se construir um aterro sanitário, porém a obra não foi realizada.

O terreno possui um galpão para seleção de materiais recicláveis, caixa d’água, balança para caminhão, escritório para administração e cerca de proteção (sem arame). No

entanto, todas estas instalações estão abandonadas e se deteriorando por falta de uso e manutenção (**Figura 7.8.3.1**).

Foi na gestão do prefeito que estava no poder na época dos trabalhos de campo que esse terreno começou a ser utilizado para deposição dos resíduos sólidos, mas sem nenhum tratamento, abertura de valas, seleção ou recobrimento com argila, caracterizando uma lixeira a céu-aberto. O volume médio de resíduos coletado e depositado por semana é de 24 m³, sendo o lixo hospitalar incinerado.



Figura 7.8.3.1 – Fotos que ilustram as instalações do Aterro Sanitário não concluído de Jutai se deteriorando por falta de uso e manutenção

O terreno destinado para a construção do aterro sanitário de Jutai, e que hoje é utilizado como lixeira a céu-aberto, é relativamente plano, fica a cerca de 600 m a sul do igarapé Dona Severina, que é o curso d'água mais próximo, e a vegetação em seu entorno é tipo capoeira (**Foto 7.8.3.2**).

Para se tentar determinar o nível d'água local, avaliar a presença de indícios de contaminação no lençol freático e caracterizar a composição granulométrica do solo, fator que indica a facilidade de infiltração e percolação de fluídos em subsuperfície, foi realizada uma sondagem a trado (JUT-01 S1) na coordenada S 02°46'12,5" e W 66°45'36,7", conforme ilustrado na **Foto 7.8.3.3**.

Como a profundidade do nível d'água local foi estimada, com base em observações da topografia e relatos de moradores da região, entre 11 e 14 m, a equipe decidiu não aprofundar a sondagem, paralisada aos 4 m, devido à falta de expectativa em alcançar o nível freático, limitando-se apenas a analisar a composição granulométrica do solo, e verificar se a distância entre a superfície do DRS e o nível freático estimado atendia ao valor mínimo recomendado pelas normas técnicas (ABNT NBR's 10157/87 e 13896/97). Desta forma, não foi possível coletar amostras de água subterrânea no local para se avaliar se o lençol freático está sendo impactado pela lixeira de Jutai.

A análise tátil e visual do solo atravessado pela sondagem indica que o mesmo é essencialmente argiloso a argiloarenoso até a profundidade atingida (4 m), ideal para servir de substrato a um DRS (**Tabela 7.8.3.1**).



Foto 7.8.3.2 – Vista do local utilizado como DRS (lixreira a céu-aberto) de Jutai



Foto 7.8.3.3 – Sondagem JUT-01 S1 realizada na área da lixeira de Jutai

Tabela 7.8.3.1 – Perfil do solo atravessado pela sondagem JUT-01 S1 realizada na lixeira de Jutai

0,0 m – 0,4 m	Argila plástica marrom escuro
0,4 m – 1,6 m	Argila plástica marrom claro
1,6 m – 3,5 m	Argila arenosa branca avermelhada
3,5m – 3,7 m	Argila arenosa alaranjada
3,7 m – 4,0 m	Argila plástica branca avermelhada

Embora a sondagem realizada na lixeira de Jutai não tenha atingido o lençol freático e no entorno próximo não exista nenhum igarapé onde fosse possível a coleta de água para análises físico-químicas, o solo argiloso e as distâncias entre a eventual fonte de contaminação (lixeira) e os recursos hídricos (superficiais e subterrâneos) atuam como barreiras, não permitindo que a contaminação os atinja. Somado a isto, a presença abundante de vegetação e o pequeno volume dos resíduos sólidos também contribuem para que a contaminação gerada no local não se disperse e venha a causar riscos ao meio ambiente. Porém, para se poder afirmar que a lixeira de Jutai não está impactando os recursos hídricos é necessário realizar sondagens mais profundas, que atinjam o nível d'água, e que a água proveniente destas sondagens seja analisada. De qualquer modo, pelos fatores já expostos, a probabilidade de contaminação das águas subterrâneas no local é mínima.

Todavia, apesar da falta de evidências que comprovem que o DRS de Jutai esteja impactando o meio ambiente e os recursos hídricos adjacentes, e do local ser apropriado para o fim a que está sendo utilizado, a forma como se opera essa lixeira, sem nenhum tipo de tratamento dos resíduos sólidos, é inadequada e facilita a proliferação de doenças e vetores causadores de enfermidades à população. O fato torna-se mais grave quando se considera que a área possui a maioria das instalações necessárias para implantação do aterro sanitário prontas e abandonadas.

Com base nos dados observados, coletados e analisados neste estudo podem ser feitas as seguintes recomendações:

- Implantação de cercas e sinalização na área da atual lixeira para restringir o acesso de pessoas e animais.
- Busca de recursos financeiros, junto aos órgãos competentes, para restaurar as instalações já edificadas, concluir as obras inacabadas no DRS e adequar o mesmo para operar como aterro sanitário de acordo com as normas técnicas (ABNT NBR's 10157/87 e 13896/97).
- Realização de estudos técnicos no entorno do terreno onde se situa o DRS, que só possui 0,5 ha, visando sua ampliação para operar como aterro sanitário.

- Por meio dos poços de monitoramento, a serem instalados durante a adequação do aterro às normas da ABNT, coletar amostras de água em cada poço e enviar para análises laboratoriais dos principais parâmetros indicativos de contaminação química.
- Realização de monitoramento da qualidade da água subterrânea em torno do aterro por meio de amostragens dos poços e análises a cada três meses.

7.8.4 Áreas de Risco

A cidade de Jutai está assentada na confluência do rio Jutai com o rio Solimões. Pelo fato de quase todo núcleo urbano estar situado, topograficamente, acima do nível máximo das águas fluviais, só há uma pequena área na cidade sob risco de alagamentos. Por outro lado, a acentuada declividade da margem direita dos rios Jutai e Solimões, associada à forte correnteza desses rios, são fatores que predispõe à ocorrência de movimentos de massa (escorregamentos, desmoronamentos, deslizamentos de terra), que colocam em risco a integridade das moradias instaladas muito próximas ao talude (barranco fluvial). O substrato geológico na zona urbana é composto basicamente por arenitos e argilitos arenosos da Formação Içá, com espessura aflorante de até 15m no período final das vazantes.

A equipe técnica da CPRM navegou pelos rios Jutai e Solimões, ao longo da orla da cidade, e identificou cinco áreas habitadas vulneráveis a riscos geológicos, sendo quatro sob risco de escorregamentos/desmoronamentos e uma sob risco de alagamento, as quais foram visitadas e avaliadas, conforme descrito a seguir e especializado no **Anexo XX**.

- Final da rua Nova (ou rua Mendes)

Em um beco existente no final desta rua, no bairro Mariano, no entorno da coordenada geográfica S 02°44'35,2" e W 66°45'59,8", numa extensão aproximada de 70m, observam-se seis moradias (barracos de madeira), em estado precário, ancoradas numa encosta algo íngreme de um pequeno igarapé (sem nome) que demarca o limite jusante da zona urbana de Jutai (**Foto 7.8.4.1**). A altura do talude no local varia de 6 a 8m; apesar de sua inclinação não ser acentuada, a precariedade dos barracos, aliado à esparsa cobertura vegetal que pouco protege a encosta, faz com que essa área possa ser considerada como de risco médio de escorregamento e, conseqüente, desabamento das moradias.



Foto 7.8.4.1 – Vista de barracos de madeira precariamente ancorados numa encosta de um beco existente no final da rua Nova (ou rua Mendes), no bairro Mariano.

- Rua 7 de Março com rua João Coelho

No encontro destas ruas, ao lado do Porto de Jutaí, se inicia um barranco sub-vertical com até 15m de altura, que se estende por cerca de 120m a jusante, acompanhando a margem do rio Solimões. No topo do talude foram assentadas duas instalações comerciais: o Frigorífico Souza Gutierrez e uma serraria. Em novembro de 2008, poucos dias antes da visita da equipe técnica da CPRM, ocorreu uma ruptura planar de boa parte desse talude, que recuou alguns metros e provocou o rompimento do final da rua 7 de Março, desestabilizando a base do prédio do Frigorífico, que foi abandonado devido ao iminente risco de desabamento (**Fotos 7.8.4.2 e 7.8.4.3**). O prédio da serraria não foi afetado pois está recuado cerca de 15m em relação à borda do talude. No momento dos trabalhos de campo, o local ainda estava totalmente instável, com processo contínuo de “quedas de barranco” e, por isso, foi classificado como de risco iminente de escorregamento, o que inclui também os flutuantes aportados na base deste talude.

Trata-se de um processo natural, associado à elevada inclinação do talude, à forte correnteza do rio Solimões e à composição do perfil vertical do barranco, que é formado por areia inconsolidada na base e na parte média e por argila arenosa no topo. Com a evolução da erosão fluvial, tal configuração provoca a instabilidade e a perda de resistência da encosta, pois a areia da base está completamente exposta e pode ser facilmente desagregada pelo forte fluxo do rio Solimões. Desta forma, todo o pacote superior a esta camada arenosa estará sujeito à ruptura, por falta de sustentação na base, com conseqüente desabamento das

instalações assentadas sobre ele. Este tipo de movimento de massa ao longo das margens íngremes do rio Solimões é muito comum na região, sendo conhecido como “terras caídas”.



Foto 7.8.4.2 – Vista frontal do talude sub-vertical do rio Solimões, na orla de Jutaí, que sofreu recuo e ruptura planar (“terras caídas”) que afetou as fundações do prédio do Frigorífico Souza Gutierrez, abandonado por isso.



Foto 7.8.4.3 – Vista lateral do talude sub-vertical que constitui parte da área de risco iminente de escorregamento, observando-se à direita o prédio da serraria e, à esquerda, flutuantes que podem ser afetados por futuras rupturas desse talude.

- Rua 7 de Março

A montante do Porto, o talude em cujo topo foi implantada a rua 7 de Março deixa de ser sub-vertical, porém ainda possui altura e inclinação suficiente para, associado à esparsa cobertura vegetal de suas paredes, ser considerado como área de médio a alto risco de escorregamento. Nessa área, até os fundos do Prédio do Fórum, com extensão aproximada de 200m, estão assentadas 12 instalações, residenciais e comerciais, vulneráveis a desmoronamentos em virtude da instabilidade da encosta sobre a qual estão ancoradas (**Foto 7.8.4.4**). Flutuantes ao largo da base da encosta também se encontram em semelhante situação. O rompimento do muro lateral de uma pequena serraria situada neste trecho ilustra a instabilidade do terreno no local (**Foto 7.8.4.5**). A gradação entre as intensidades de risco, médio a alto, ocorre em função da inclinação e da altura da encosta da margem do rio Solimões nesta área.

- Rua Belo Ferreira – Vila Sônia

Ao longo desta rua, no trecho em que ela margeia o rio Jutaí, numa extensão de cerca de 230m, observam-se 12 moradias (barracos de madeira) em situação instável, assentadas sobre encosta com até 10m de altura e declividade média, considerada como área de risco médio de escorregamento (**Foto 7.8.4.6**). A cobertura vegetal sobre as paredes da encosta atenua os riscos, porém o lançamento de águas servidas nessa mesma encosta, observada em canos nos fundos de algumas moradias, contribui para a formação de ravinas e a desestabilização do terreno, já naturalmente suscetível a movimentos de massa.



Foto 7.8.4.4 – Vista dos fundos da rua 7 de Março, a montante do Porto de Jutaí, com instalações residenciais e comerciais ancoradas em encosta íngreme, sujeita a escorregamentos.



Foto 7.8.4.5 – Detalhe de muro rompido nos fundos do terreno de uma serraria situada na rua 7 de Março, em área de risco médio de escorregamento de encostas.



Foto 7.8.4.6 – Vista do talude fluvial existente nos fundos da rua Belo Ferreira, na margem do rio Jutai, em área de médio risco de escorregamento, onde estão instaladas 12 moradias.

- Área sujeita a alagamentos

Na zona urbana foi mapeada uma única área sob risco de alagamento, onde duas dezenas de moradias (barracos de madeira) estão assentadas na planície de inundação do rio Solimões e, portanto, sujeitas a serem alagadas nos períodos de cheia fluvial. Embora essas instalações já sejam construídas com o assoalho alguns metros acima do solo (palafitas), com a intenção de evitar inundações, no período das maiores cheias da região, dependendo da intensidade destas, as propriedades correm o sério risco de serem alagadas. A área tem cerca de 100m de extensão por 50m de largura e situa-se nos fundos do terreno do Frigorífico Souza Gutierrez, na margem esquerda do pequeno igarapé que corta o bairro Mariano e demarca o limite jusante da zona urbana de Jutai (Foto 7.8.4.7).



Foto 7.8.4.7 - Moradias situadas na planície de inundação do rio Solimões em Jutai, em área sob risco de alagamento.

Escorregamentos e alagamentos são fenômenos decorrentes de processos naturais, na região em estudo associados à dinâmica fluvial, e que dificilmente podem ser evitados; entretanto, perdas materiais e humanas são frutos da ocupação desordenada de áreas instáveis geologicamente, a qual pode e deve ser impedida. Para isso, se faz necessário que o poder público coíba o crescimento populacional nesses locais e realize, em conjunto com a Defesa Civil, o cadastramento das moradias sob risco de desmoronamento ou alagamento, sendo que, em ambos os casos, a melhor forma de prevenir e evitar os danos causados por esses fenômenos é remover os ocupantes para áreas mais estáveis, adequadas à ocupação humana, afastadas de encostas íngremes, de fundos de vales e de planícies de inundação.

Na área de situação mais crítica em Jutuí, mapeada como de risco iminente de escorregamento, no final da rua 7 de Março, com fenômenos recorrentes de “terras caídas” que já desestabilizaram as fundações de um prédio comercial, não deve ser permitida a instalação de qualquer tipo de construção.

7.8.5 Insumos minerais para construção civil

Na cidade de Jutuí existe uma única olaria, denominada olaria do Paulão, e uma única área de extração de areia: o Areal do Charles (**Anexo XXI**). Os seixos, assim como em toda região do alto Solimões, são importados de empresas que os extraem do rio Japurá.

Olaria do Paulão

Localizada na rua da Olaria, na coordenada S 02°45'02,6" e W 66°46'39,3", a olaria do Paulão (**Foto 7.8.5.1**) havia sido adquirida pelo atual proprietário há poucos dias da visita da equipe técnica, mas está em funcionamento desde 2001. A linha de produção é quase toda manual, apenas a extrusora é mecanizada, e produz em média 30 mil tijolos/mês, o suficiente para atender apenas à demanda do município. Como fonte energética para o cozimento dos tijolos, é utilizada apenas lenha.

Desde o início das atividades da olaria, a argila utilizada é extraída de terreno próprio, que possui cerca de 1,5 ha, sendo que a área em exploração é um talude a 15 m do galpão, com aproximadamente 1.500 m² por 2,0 m de espessura (**Foto 7.8.5.2**).

A argila é de cor branca, com pontos oxidados de coloração alaranjada, bastante plástica e, tatilmente, possui baixo teor de quartzo. Para uma melhor caracterização, foi coletada uma amostra da mesma (JUT-03) e enviada para ensaios cerâmicos preliminares, os quais indicaram que essa argila tem uso recomendado para cerâmica vermelha ou refratária (**Anexo V**).



Foto 7.8.5.1 – Vista do galpão da olaria do Paulão, em Jutai



Foto 7.8.5.2 - Corte em talude de onde é extraída a argila utilizada na olaria do Paulão

Areal do Charles

Localizado entre as coordenadas S 02°45'07,3" / W 66°49'36,0" e S 02°44'57,0" / W 66°48'57,0", o areal do Charles se situa no leito do rio Jutaí, próximo a sua margem direita, a cerca de 6 km da sede municipal, e compreende uma faixa aproximada de 950 m de extensão por 60 m de largura.

O responsável pelo areal, Sr. Charles, informou que a exploração teve seu início três meses antes da visita da equipe técnica, e que o volume médio mensal retirado é de 200 m³, o suficiente para atender apenas à demanda do município. Após extraída, a areia é estocada em um terreno próximo à margem direita do rio Solimões, de onde é comercializada (**Foto 7.8.5.3**).

Uma análise tátil e visual mostra que a areia extraída é branca, bem selecionada, composta quase unicamente por quartzo e possui granulometria média. Para melhor caracterização foi coletada uma amostra (JUT-04) e enviada para análise granulométrica no laboratório da EMBRAPA em Manaus, a qual indicou que o material explorado pelo areal do Charles é classificado como areia grossa, composto 98% por areia e 2 % por argila e silte (**Anexo IX**).



Foto 7.8.5.3 – Depósito do areal do Charles, localizado na margem direita do rio Solimões.

7.9 Fonte Boa

7.9.1 Aspectos gerais do município

Criado através de emenda à Constituição Estadual, em 10.12.1981, Fonte Boa faz fronteira com os municípios de Uarini, Juruá, Japurá, Jutai, Tonantins e Maraã. Sua sede está situada na margem direita do rio Solimões, a cerca de 680 km em linha reta da cidade de Manaus (**Anexo I**). É o trigésimo quinto maior município do estado, com uma área de 12.111 km², ocupada por apenas 0,61% da população estadual. Sua economia equivale a 0,32% do PIB amazonense em 2006.

7.9.2 – Avaliação das águas de abastecimento público

A cidade de Fonte Boa está assentada sobre os sedimentos arenosos da Formação Içá, que possuem boa porosidade e permeabilidade e que se constituem em bom aquífero (formação geológica armazenadora de água), passível de exploração por meio de poços tubulares. Desse modo, o fornecimento público de água para consumo humano na zona urbana é feito a partir unicamente de captação subterrânea e está sob responsabilidade do Serviço Municipal de Abastecimento de Água – SEMAA, órgão subordinado à Prefeitura de Fonte Boa, que disponibilizou três funcionários para acompanhar a equipe técnica durante a fase de coleta de dados que permitiu a elaboração deste diagnóstico.

O SEMAA possui doze poços públicos sob sua administração, assim numerados: PT-1, PT-2, PT-3, PT-4, PT-5, PT-6, PT-7, PT-8, PT-9, PT-10, PT-11 e PT-13, além de um poço comunitário na Vila Martinho (**Anexo XXII**). No sistema existem dois reservatórios elevados, ambos com capacidade para armazenar 100m³ de água, um de alvenaria, alimentado pelo poço PT-8 (sede do SEMAA), e um de metal, alimentado pelos poços PT-9 e PT-10 (**Figura 7.9.2.1**). Os demais poços injetam diretamente na rede de distribuição. As operações de bombeamento dos poços se realizam, em média, 12 horas por dia e não há cloração das águas de abastecimento público, sejam as provenientes dos reservatórios elevados ou dos poços que alimentam diretamente a rede de distribuição.



Figura 7.9.2.1 – À esquerda, sede do SEMAA em Fonte Boa; à direita, reservatório de alvenaria, de 100m³, situado no pátio da empresa ao lado das instalações do poço PT-8.

O SEMAA realiza a cobrança de taxa da água fornecida, cujo valor é calculado pelo consumo estimado de seus usuários. Possuía, em outubro de 2008, 2.394 ligações ativas cadastradas em seu sistema: 2.114 ligações domiciliares, 249 comerciais e 31 ligações de grandes consumidores. A cobrança de taxas fixas mensais, independentemente do consumo real das famílias e instituições públicas ou privadas cadastradas, gera uma cultura de desperdício, onde os consumidores muitas vezes reclamam das frequentes interrupções no fornecimento de água, porém adotam hábitos inadequados de consumo, com gastos em excesso, além dos limites da capacidade do sistema de abastecimento.

Para a zona urbana, o censo populacional (IBGE, 2007) registra para Fonte Boa uma população de 12.892 pessoas em 2007. Com a taxa média de crescimento da população urbana nessa cidade, de 1,48% aa, pode-se estimar para o ano de 2009 um contingente de 13.276 habitantes (vide item 6.4). Considerando a necessidade média mundial de 200 litros de água/habitante/dia, verifica-se que em 2009 seriam necessários cerca de 2.700m³ de água/dia para atender à demanda urbana. Segundo dados do SEMAA, a média das vazões de 10 poços sob sua administração é de 31 m³/hora (**Tabela 7.9.2.1**). Com os 12 poços de abastecimento público interligados à rede, com vazão média de 31 m³/hora e mantido o regime atual de bombeamento de 12 horas por dia, é produzido um total diário de água para consumo humano de 4.464m³, volume muito mais do que suficiente para atender aos usuários do sistema pelos próximos anos, mesmo considerando as perdas, como vazamentos e ligações clandestinas.

Levando-se em conta o número de 2.114 ligações residenciais cadastradas, fornecido pelo SEMAA, e a densidade média na zona urbana de 5,38 habitantes por domicílio (IBGE, 2007), pode-se estimar um total de 11.400 pessoas atendidas pela rede de água de abastecimento público, o que equivale a 86% da população da cidade, valor semelhante ao informado pelo SEMAA, que estima, para sua rede de distribuição, uma cobertura de 80% da

zona urbana. Os bairros de Mãe Creusa, Assacu, São Francisco II e parte do Centro são as áreas que apresentam maiores problemas de abastecimento, pela baixa cobertura da rede de água nestes locais.

A equipe técnica da CPRM visitou os treze poços de abastecimento público (inclusive o poço comunitário de Vila Martinho), que têm profundidades variando de 50 a 72 metros, obteve suas coordenadas geográficas e avaliou o entorno dos mesmos, o que, aliado aos dados obtidos no SEMAA, permitiu a elaboração do **Anexo XXII** e da **Tabela 7.9.2.1**, onde constam a descrição física dos poços e os valores de pH e condutividade elétrica de suas águas medidos in situ. Também foram visitados os poços de quatro escolas estaduais (São José, Waldemarina Ferreira, N. Sra. de Guadalupe e Armando Mendes), do Hospital Manoel Paes de Lemos e do Hotel Francis. Infelizmente os responsáveis pelos 19 poços não dispõem de documentação técnica relativa aos mesmos, como perfis construtivos e perfis geológicos; assim os dados de profundidade, vazão e ano de perfuração, constantes da **Tabela 7.9.2.1**, foram obtidos com base em informações verbais desses responsáveis.

Nove dos treze poços públicos e os poços do Hospital Manoel Lemos, do Hotel Francis e das quatro escolas visitadas apresentam boa proteção sanitária: estão em terreno cercado e possuem tampas de proteção e laje de concreto. Existem casas de cloração em dois poços públicos, no PT-1 e no PT-6, mas estas nunca foram colocadas em operação (**Figura 7.9.2.2**). Os poços do SEMAA PT-2 e PT-3 não estão cercados; além disso, o PT-3 não possui tampa e o PT-1 apresenta laje de proteção em mau estado de conservação, com muitas rachaduras (**Figura 7.9.2.3**).



Figura 7.9.2.2 – À esquerda, vista do terreno onde se situa o poço PT-10, que apresenta boa proteção sanitária, situado ao lado de reservatório de aço de 100m³; à direita, casa de cloração, ao lado do poço PT-6, que nunca entrou em operação.



Figura 7.9.2.3 – À esquerda, detalhe das rachaduras da laje do poço PT-1; à direita, o poço PT-2, que não está cercado mas se encontra protegido no interior da casa de comando.

O aquífero Içá normalmente produz águas de boa quantidade e qualidade, porém não está imune a contaminações antrópicas, principalmente quando os poços são mal construídos e mal localizados. Não há controle de qualidade das águas dos poços tubulares de Fonte Boa, sejam públicos ou particulares, isto é, não são realizadas análises periódicas que possam comprovar a potabilidade dessas águas.

Por estudos desenvolvidos em outras regiões sabe-se que as águas do aquífero Içá, quando não contaminadas, possuem pH ácido, em torno de 4,5 a 5,5, e condutividade elétrica (CE) baixa, em valores menores que 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$, fruto da reduzida quantidade de sais dissolvidos. Valores de pH abaixo de 4,0 ou acima de 6,0 sugerem algum tipo de influência antrópica, como infiltração de esgotos domésticos; valores de CE acima de 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ também são sugestivos de águas contaminadas. Assim, o pH e a CE, medidos na boca do poço, são bons indicativos de contaminação, que só pode ser confirmada por meio das análises laboratoriais.

Com base nos valores de pH e CE, medidos *in situ* nos 19 poços visitados, e nas observações de campo, visando detectar eventuais contaminações, foram coletadas amostras de água em sete poços administrados pelo SEMAA para envio aos laboratórios do INPA e LAMIN, onde se processaram as análises físico-químicas. Além disso, onze poços do SEMAA (incluindo seis com amostras também enviadas para análises físico-químicas) foram amostrados para testes de coliformes totais, realizados na própria etapa de campo. Apesar de apresentarem valores de pH e CE normais para o aquífero Içá, alguns poços foram amostrados para servirem como referência (**Tabela 7.9.2.1**). Os resultados das análises laboratoriais e de coliformes estão expostos na **Tabela 7.9.2.2**, que também contém, para comparação, os valores máximos permitidos (VMP) para cada parâmetro de acordo com a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, que estabelece os padrões de potabilidade de água para consumo humano.

Os testes de coliformes detectaram a presença dessas bactérias nas águas de cinco dos onze poços amostrados: PT-1, PT-6, PT-9, PT-13 e no poço comunitário da Vila Martinho (**Figura 7.9.2.4**). Além disso, os poços PT-1, PT-13 e o da Vila Martinho apresentaram concentrações de sódio (Na) e alcalinidade sugestivas de início de processo de contaminação química (**Tabela 7.9.2.2**). Portanto, os dados indicaram que 38% dos poços públicos de Fonte Boa estão contaminados por coliformes, devendo-se, com urgência, tomar as providências necessárias para a eliminação do problema, já que esse tipo de contaminação pode ser eliminado com uma medida simples: a cloração das águas.



Figura 7.9.2.4 – Vista dos terrenos de dois poços em que foi detectada presença de coliformes nas águas: à esquerda, poço PT-1 e, à direita, poço PT-6.

Os resultados laboratoriais comprovaram águas de boa qualidade físico-química para os sete poços públicos amostrados em Fonte Boa, com parâmetros dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria MS 518/2004, exceto para os valores de turbidez obtidos para os poços PT-2 e PT-6 (**Tabela 7.9.2.2**). O excesso de turbidez nas águas desses poços, acima do valor máximo permitido, é resultado da quantidade de material particulado (argila e areia fina) em suspensão. Tal problema normalmente é resultante de falhas na construção dos poços, como disposição inadequada do pré-filtro (seixos) no espaço anelar tubos/paredes, ou colocação das seções filtrantes (tubos serrilhados) em camadas argilo-arenosas, ou, ainda, da colocação da bomba em posição imprópria. Para eliminar esse tipo de problema, de fácil solução, é necessário conhecer o perfil construtivo e geológico dos poços e, aí, providenciar o desenvolvimento (limpeza) dos mesmos.

Apesar da boa qualidade físico-química comprovada para as águas de abastecimento público em Fonte Boa, observou-se, no entorno de alguns poços, potenciais fontes de contaminação das águas subterrâneas, como fossas, valas negras e, até mesmo, lixo hospitalar sendo queimado num buraco a 20m da boca do poço do Hospital Manoel Paes de Lemos (**Figura 7.9.2.5**). Estas fontes devem ser eliminadas prontamente pelos gestores desses poços, de modo a garantir a permanência da boa qualidade das águas servidas à população, e prevenir futuras contaminações do aquífero.



Figura 7.9.2.5 – Fontes de contaminação da água subterrânea em Fonte Boa: à esquerda, vala negra próxima ao poço comunitário da Vila Martinho; à direita, lixo hospitalar sendo queimado a 20m da boca do poço do Hospital Manoel Paes de Lemos.

Com os resultados das análises químicas realizadas nas sete amostras coletadas nos poços do SEMAA foi elaborado um gráfico que exprime a classificação das águas com base em seus principais íons (Diagrama de Piper), o qual é apresentado na **Figura 7.9.2.6**. Como se observa, as águas subterrâneas da cidade de Fonte Boa são do tipo bicarbonatadas, predominantemente sódicas. Exceção é o poço PT-02, que, devido à baixa alcalinidade, produz águas que ficam no limite entre as bicarbonatadas e as sulfatadas/cloretadas sódicas.

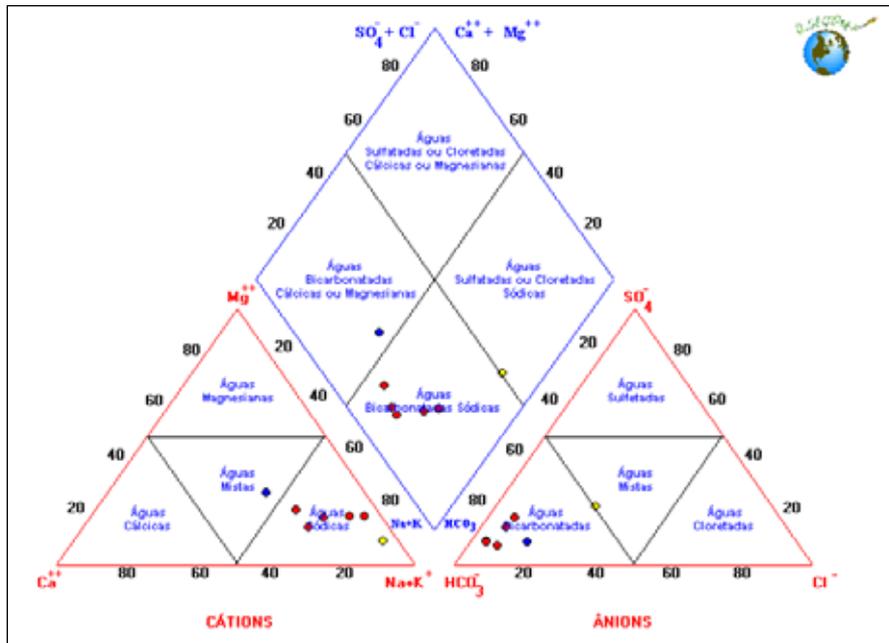


Figura 7.9.2.6 - Diagrama de Piper para as águas de sete poços de abastecimento público em Fonte Boa (em cor azul: poço PT-03; em amarelo: poço PT-02; em vermelho: poços PT-01, PT-06, PT-09, PT-13 e comunitário da Vila Martinho)

Com base nas observações de campo e nos resultados das análises físico-químicas e microbiológicas são feitas as seguintes recomendações no que diz respeito à questão do abastecimento público de água em Fonte Boa:

- instalação de registros com contadores (hidrômetros) em todos os pontos de ligações de água cadastrados no SEMAA, de modo que o usuário pague efetivamente pelo seu consumo, desestimulando, assim, os desperdícios;
- constante manutenção dos terrenos onde estão situados os poços do SEMAA: corte de mato, reforma das casas de comando e das lajes, e instalação de muros ou cercas de proteção onde necessário;
- para garantir a ausência de coliformes (qualidade microbiológica) nas águas dos poços públicos, faz-se urgente e necessária a implantação do processo de cloração, seja por meio de sistema de pastilhas de cloro nos próprios poços (os que alimentam diretamente a rede de distribuição) ou por casas de cloração, que promovam a adição do cloro nas águas provenientes de reservatórios elevados. Nos poços das escolas e do hospital, recomenda-se a adição de hipoclorito de sódio nas águas destinadas ao consumo primário;
- eliminação pelo poder público das fontes de contaminação de águas subterrâneas, como fossas, valas negras, buracos de lixo e todas as outras que estejam situadas a menos de 30m dos poços visitados;
- busca de recursos financeiros para a ampliação da rede de distribuição de água, estendendo-a à totalidade dos bairros Mãe Creusa, Assacu, São Francisco II e Centro, o que implicará no fornecimento de água tratada para 100% da população urbana de Fonte Boa;
- execução de perfilagens geofísica e ótica em todos os poços de abastecimento público. Esse procedimento permitirá conhecer os perfis construtivos (posição das seções filtrantes e dos revestimentos) e geológicos (posição das camadas argilosas e arenosas) dos poços, de modo que se possam propor soluções, com maior rigor técnico, para os problemas detectados;
- após as perfilagens, nos poços que apresentaram águas com turbidez acima do máximo permitido (poços PT-2 e PT-6 da SEMAA) deve ser feito o desenvolvimento dos mesmos: injeção de uma solução fluidificante (hexametáfosfato de sódio ou similar) e, após doze horas em repouso, injeção de água limpa e bombeamento pelo sistema *Air Lift* (compressor) até que todo material em suspensão seja eliminado;
- deve ser feita a cimentação de todos os poços da cidade que estejam inoperantes, ou que venham a ser desativados, para evitar que os mesmos sirvam como conduto de eventuais contaminantes;
- os gestores municipais devem providenciar, por meio de convênios com laboratórios públicos, análises físico-químicas trimestrais e microbiológicas mensais nas águas dos poços de abastecimento público, com vistas a monitorar continuamente sua qualidade e cumprir a legislação pertinente. Medida semelhante deve ser adotada pelas escolas e pelo Hospital Manoel Lemos, de modo a garantir a potabilidade das águas de seus poços.

Tabela 7.9.2.1 – Relação e características dos poços tubulares visitados na cidade de Fonte Boa com os valores de pH e condutividade elétrica medidos *in situ*

Poço	Local	Situação	Ano de Perfur.	Prof (m)	Vazão (m ³ /h)	Uso	Fontes contaminantes	Amostra	pH	CE (µS/cm)
PT-1	Rua Couto Magalhães com Boulevard Álvaro Maia, Centro	Ativo	1985	72	34,1	Abastecimento público	Fossas a 30m.	FQ + coli	6,5	66,0
PT-2	Rua Marechal Rondon, bairro São Francisco I	Ativo	1997	60	28,3	Abastecimento público	Fossas e fezes de gado bovino a 30m.	FQ + coli	4,8	23,6
PT-3	Rua Boulevard Álvaro Maia, Centro	Ativo	2007	53	32,0	Abastecimento público	Fossas a 30m.	FQ	5,7	56,1
PT-4	Estrada do Aeroporto, Cidade Nova	Ativo	1996	62	31,7	Abastecimento público	Não	coli	4,7	24,9
PT-5	Rua Ajuricaba com Rua Barnabé Gomes, bairro Cidade Nova	Ativo	1989	60	31,7	Abastecimento público	Não.	coli	6,6	33,0
PT-6	Rua Tertuliano Rodrigues com Boul. Álvaro Maia, bairro São Francisco II	Ativo	1992	60	29,3	Abastecimento público	Fossas e vala negra a 15m.	FQ + coli	5,6	30,2
PT-7	Rua Samuel Fritz, bairro Assacu	Ativo	2002	60	32,7	Abastecimento público	Não.	coli	5,0	23,6
PT-8	Rua Antônio Lisboa, Cidade Nova	Ativo	2002	60	30,4	Abastecimento público	Não.	coli	5,0	27,8
PT-9	R. Barnabé Gomes, São Francisco II	Ativo	1995	60	28,3	Abastecimento público	Fossa a 15m.	FQ + coli	5,8	27,0
PT-10	R. Tertul. Rodrigues, S. Francisco II	Ativo	1998	60	28,3	Abastecimento público	Não.	coli	5,4	25,7
PT-11	Rua Açaí, bairro Mãe Creusa	Ativo	1998	60	?	Abastecimento público	Não.	-	5,4	51,8
PT-13	Porto da Baré, S. Francisco II	Ativo	2003	60	?	Abastecimento público	Não.	FQ + coli	6,2	50,5
Poço comunitário do bairro Vila Martinho	Estrada da Baré	Ativo	2007	50	4,4	Abastecimento público	Fossas e vala negra a 7m.	FQ + coli	5,6	53,0
Hospital Manoel Paes de Lemos	Rua Ajuricaba s/nº, bairro Cidade Nova	Ativo	1999	53	5,3	Uso primário e secundário dos pacientes	Lixo hospitalar a 20m.	-	6,5	19,0
Escola Estadual São José	Rua Pres. Eurico G. Dutra com Rua Manoel Vargas, Centro	Ativo	2004	56	2,0	Uso primário e secundário de 700 alunos e funcion.	Não há cloração.	-	5,7	28,2
Escola Estadual Waldemarina Ferreira	Rua Pres. Eurico G. Dutra com Rua Manoel Vargas, Centro	Ativo	2004	54	2,0	Uso primário e secundário de 857 alunos e funcion.	Não.	-	5,9	46,2
Escola Estadual N. Sra. de Guadalupe	Avenida Francisco Pereira de Souza, Centro	Ativo	2003	56	?	Uso primário e secundário de 585 alunos e funcion.	Há cloração.	-	5,2	15,8
Escola Estadual Armando Mendes	Rua Belarmino Lins, bairro São Francisco II	Ativo	2003	53	?	Uso primário e secundário de alunos e funcionários.	Não.	-	5,7	18,2
Hotel Palace Francis	Rua Franc. P. de Souza com Boulevard Álvaro Maia, Centro.	Ativo	2003	60	?	Uso primário e secundário de hóspedes	Não	-	5,7	22,0

CE – Condutividade Elétrica; FQ – amostra para análises físico-químicas; Coli – amostra para teste de coliformes totais.

Tabela 7.9.2.2 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas nas águas coletadas nos poços tubulares da cidade de Fonte Boa.

Poço amostrado	Coliformes Totais	Turbidez FTU	Cor (mgPt/L)	Alcalinidade (mgHCO ₃ ⁻ /L)	DQO (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ⁼ (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)
PT-8 do SEMAA	Ausência	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PT-4 do SEMAA	Ausência	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PT-7 do SEMAA	Ausência	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PT-10 do SEMAA	Ausência	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PT-2 do SEMAA	Ausência	5,7	7,5	5,5	0,7	0,11	< LD	1,8	1,9	1,75	3,01	0,13	0,17
PT-1 do SEMAA	Presença	1,3	12,7	29,9	0,7	0,17	< LD	1,5	1,7	6,23	4,13	3,02	1,63
PT-3 do SEMAA	NA	0,0	5,2	22,0	2,6	0,60	< LD	2,6	1,7	1,98	5,44	2,80	1,68
PT-5 do SEMAA	Ausência	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PT-9 do SEMAA	Presença	0,8	6,7	9,2	2,0	0,59	< LD	0,5	1,7	1,50	4,03	0,18	0,48
PT-6 do SEMAA	Presença	21,1	6,0	12,8	3,3	0,29	< LD	0,6	1,7	2,09	3,96	0,44	0,57
Poço comunit. da Vila Martinho	Presença	0,0	9,0	25,6	2,0	0,07	0,11	0,6	1,8	5,70	3,14	2,32	0,85
PT-13 do SEMAA	Presença	0,0	5,2	25,6	2,0	< LD	< LD	0,6	1,7	6,39	2,75	1,70	1,11

Valores de Referência

Portaria MS 518/2004	Ausência	< 5,0	< 15,0	-	-	< 10,0	< 1,5	< 250	< 250	< 200	-	-	-
-----------------------------	----------	-------	--------	---	---	--------	-------	-------	-------	-------	---	---	---

Poço amostrado	Fe (mg/L)	Al (mg/L)	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	Si (mg/L)	Ba (µg/L)	B (µg/L)	Co (µg/L)	Cr (µg/L)	Li (µg/L)	Mn (µg/L)	Sr (µg/L)	Zn (µg/L)
PT-2 do SEMAA	0,02	0,01	< LD	9,9	47	< LD	< LD	< LD	1	19	6	< LD
PT-1 do SEMAA	0,19	< LD	3,6	19,0	186	< LD	< LD	3	3	44	83	< LD
PT-3 do SEMAA	0,07	< LD	4,9	20,9	192	17	< LD	< LD	4	31	75	< LD
PT-9 do SEMAA	< LD	< LD	< LD	12,6	127	< LD	3	3	5	23	13	28
PT-6 do SEMAA	< LD	< LD	< LD	14,5	144	< LD	3	< LD	4	22	21	< LD
Poço comunit. da Vila Martinho	0,07	< LD	1,3	20,5	55	< LD	< LD	< LD	3	54	58	< LD
PT-13 do SEMAA	< LD	< LD	1,8	22,8	59	< LD	< LD	< LD	3	< LD	44	< LD

Valores de Referência

Portaria MS 518/2004	< 0,30	< 0,20	< 500,0	-	< 700	< 500	< 5	< 50	-	< 100	-	< 5000
-----------------------------	--------	--------	---------	---	-------	-------	-----	------	---	-------	---	--------

DQO - Demanda Química de Oxigênio; NA - Não Analisado; LD - Limite de Detecção.

Também foram analisados As, Be, Cd, Cu, Mo, Pb, Se, Sn, Ti e V, porém todos os valores encontrados para esses elementos estão abaixo de seus limites de detecção.

Obs.: Destacam-se em vermelho os parâmetros em desacordo com Portaria MS 518/2004, além dos valores que sugerem alteração antrópica na qualidade das águas

7.9.3 Avaliação da disposição final dos resíduos sólidos

Segundo o então titular da Secretaria Municipal de Limpeza Pública, Sr. Antônio Oliveira Silva, a Prefeitura de Fonte Boa realiza a coleta pública de resíduos sólidos na zona urbana desde o ano de 1998. Durante o período, entre meados de 1998 e início de 2008 os resíduos eram depositados num certo local e, a partir de abril de 2008, com a desativação do depósito antigo, os resíduos recolhidos passaram a ser depositados em outro local, próximo ao anterior. Em média, a quantidade de lixo recolhido pela Prefeitura e despejado no atual depósito de resíduos sólidos (DRS) é de cerca de 7 ton/dia, sendo que o lixo hospitalar é incinerado no próprio hospital.

O antigo depósito, que foi utilizado por nove anos, se situa em um terreno de aproximadamente 1,0 ha localizado na estrada da Baré, a 2 km do centro da cidade, na coordenada S 02°30'46,6" e W 66°04'42,6" (**Anexo XXIII**). O mesmo foi desativado devido ao crescimento populacional urbano, que atingiu suas proximidades: ao seu redor é possível observar a presença de várias residências. A vegetação no entorno é tipo capoeira e há um igarapé 10 m do limite do terreno. O acesso ao local é livre e, mesmo com a desativação da área e seu aterramento, ainda se observam restos dos resíduos depositados (**Foto 7.9.3.1**).



Foto 7.9.3.1 – Antigo DRS do município de Fonte Boa, desativado no início de 2008.

Embora esse DRS estivesse desativado, em virtude do igarapé adjacente ser utilizado como balneário por crianças da região, foi realizada uma análise *in loco* da condutividade elétrica (CE) e do pH de suas águas e coletadas duas amostras (FBO-01 IG) para análises laboratoriais com objetivo de detectar parâmetros indicativos de contaminação química.

Durante a realização do procedimento de amostragem verificou-se que a água do igarapé possuía coloração avermelhada intensa e apresentava grande quantidade de material em suspensão, o que dificultou a filtragem das amostras.

Os resultados obtidos *in loco* foram: pH 5,8 e CE de 23,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valores normais em águas de igarapés naturais na região. Já as análises laboratoriais indicaram concentrações de ferro (3,14 mg/L) e manganês (0,12 mg/L) acima dos valores de referência definidos pela Resolução CONAMA 357/2005 (**Anexo VIII – Tabelas 3 e 4**). Essas concentrações elevadas podem ser oriundas de outras fontes, até mesmo naturais, e não necessariamente da lixeira desativada, porém a quantidade detectada de material em suspensão e a coloração avermelhada sugerem a contaminação contínua das águas do igarapé pela lixeira desativada.

O DRS que estava em uso no período dos trabalhos de campo situa-se num ramal da estrada da Baré, a 500 m da antiga lixeira e cerca de 1,5 km do centro da cidade. Consiste em um terreno plano, de aproximadamente 3 ha, na coordenada S 02°30'56,3" e W 66°04'46,2", totalmente cercado de vegetação tipo capoeira (**Foto 7.9.3.2 e Anexo XXIII**). Os cursos d'água mais próximos ficam a cerca de 200 m e as primeiras residências menos de 100 m. Em linha reta, o local está a apenas 1,0 km do aeroporto da cidade, o que vai de encontro às normas de segurança aeroportuárias (Resolução CONAMA 04/95).

Assim como o antigo DRS, este não possui cerca de proteção e, devido a maior exposição dos resíduos e ausência de coleta seletiva, foi observada a presença de catadores no local. Segundo o então secretário de limpeza, os resíduos sólidos coletados e depositados no DRS são esporadicamente empurrados por trator de esteira, quando há disponibilidade dessa máquina, e cobertos com argila trazida por caçambas, o que caracteriza o local como lixeira a céu-aberto (lixão).

Para determinar o nível d'água local e caracterizar a composição granulométrica do solo, fator que indica a facilidade de infiltração e percolação de fluídos em subsuperfície, foi realizada uma sondagem a trado (FBO-02 S1) na entrada do DRS, na coordenada S 02°30'55,2" e W 66°04'45,9, em parte do terreno ainda não utilizada para despejo de resíduos.

Com a sondagem pôde-se caracterizar o solo, tátil e visualmente, como predominantemente arenoargiloso em todo perfil atravessado (até 7,4 m) e determinar o nível d'água em 7,0 m de profundidade, conforme descrito na **Tabela 7.9.3.1**. Por se tratar de uma lixeira em vias de ser desativada, nenhuma análise ou amostragem foi realizada na água subterrânea nem coletadas amostras de solo para ensaios granulométricos.



Foto 7.9.3.2 – Vista da área utilizada como DRS (lixeria a céu-aberto) de Fonte Boa.

Tabela 7.9.3.1 – Perfil do solo atravessado pela sondagem FBO – 01 S1 realizada no lixão de Fonte Boa

0,0 m – 0,5 m	Areia argilosa marrom
0,5 m – 2,1 m	Argila arenosa alaranjada
2,1 m – 2,6 m	Areia argilosa alaranjada
2,6 m – 3,0 m	Argila plástica creme a bege
3,0 m – 5,0 m	Areia fina argilosa clara
5,0 m – 7,4 m	Areia fina argilosa avermelhada
▶ 7,0 m	Nível d'água

A cidade de Fonte Boa já dispõe de uma área, pré-selecionada com auxílio do Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas - IPAAM, para a construção do aterro sanitário municipal. Trata-se de terrenos situados ao longo da estrada do Chinelo, em região do divisor de águas entre o igarapé Chinelo e o igarapé que corta o bairro São Francisco. Para se atingir a área indicada pelo IPAAM, a partir do bairro São Francisco, é necessário caminhar por cerca de 3 km, já que não há acesso para carros (**Anexo XXIII**). Segundo informações do então secretário de limpeza pública, a área toda possui em torno de 15 ha.

Com intuito de realizar uma avaliação preliminar dessa área, já que a mesma foi selecionada sem estudos prévios, a equipe técnica fez uma visita ao local. Nesta visita foi

observado que os terrenos são planos e cobertos por campos de pasto e capoeiras. Especificamente, a área indicada pelo IPAAM está a 5 km do aeroporto da cidade e cerca de 3 km das residências mais próximas.

A fim de determinar o nível d'água local e caracterizar a composição granulométrica do solo, foram realizadas duas sondagens a trado no local (FBO-03 S1 e S2). Durante o reconhecimento para locação das sondagens foi observada a proximidade de uma drenagem intermitente no extremo sudoeste da área. Desta forma, a sondagem que deveria ter sido executada neste ponto foi deslocada 150 m para nordeste, de modo que fosse respeitada a distância mínima (200m), estabelecida pelas normas técnicas (ABNT NBR's 10157/87 e 13896/97), entre aterros sanitários e cursos d'água. Isso futuramente implicará no deslocamento total da área previamente selecionada caso realmente venha ser utilizada para construção de aterro sanitário.

Assim, a sondagem FBO-03 S1 foi realizada na coordenada S 02°31'16,2" e W 66°06'43,0", próximo ao limite oeste do terreno indicado pelo IPAAM, e atingiu 8,5 m de profundidade; a sondagem FBO-03 S2 foi realizada na coordenada S 02°31'11,5" e W 66°06'39,1", próximo ao centro do terreno, e chegou também até 8,5 m de profundidade (**Foto 7.9.3.3 e Anexo XXIII**).

Com as sondagens foi possível determinar o nível d'água em 8,5 m de profundidade e caracterizar o solo, tátil e visualmente, como predominantemente argiloso até os 3,0 m e arenoargiloso entre 3,0 e 8,5 m de profundidade, conforme descrito nas **Tabelas 7.9.3.2 e 7.9.3.3**. Observou-se também, nas duas sondagens, que abaixo dos 4,0 m a porcentagem de argila é pequena.

Tabela 7.9.3.2 – Perfil do solo atravessado pela sondagem FBO-03 S1 realizada na área selecionada para construção do aterro sanitário de Fonte Boa

0,0 m – 0,5 m	Argila arenosa marrom (solo orgânico)
0,5 m – 2,5 m	Argila arenosa alaranjada
2,5 m – 3,0 m	Argila arenosa alaranjada (mais arenosa)
3,0 m – 5,5 m	Areia fina argilosa alaranjada
5,5 m – 6,0 m	Areia fina argilosa amarelada
6,0 m – 8,5 m	Areia fina argilosa avermelhada
8,5 m	Nível d'água

Tabela 7.9.3.3 - Perfil do solo atravessado pela sondagem FBO-03 S2 realizada na área selecionada para construção do aterro sanitário de Fonte Boa

0,0 m – 0,7 m	Argila arenosa marrom (solo orgânico)
0,7 m – 2,2 m	Argila arenosa alaranjada
2,2 m – 3,4 m	Argila arenosa alaranjada (mais arenosa)
3,4 m – 5,8 m	Areia fina argilosa alaranjada
5,8 m – 6,3 m	Areia fina argilosa amarelada
6,3 m – 8,5 m	Areia fina argilosa avermelhada
8,5 m	Nível d'água

Após a conclusão da sondagem FBO-03 S1 foram coletadas seis amostras de solo, uma de cada horizonte mais representativo, as quais foram enviadas para análises granulométricas no laboratório da EMBRAPA em Manaus. O material atravessado pela sondagem FBO-03 S2 não foi amostrado por ser extremamente similar ao observado na sondagem anterior. Segundo os resultados das análises, corroborando as descrições táteis e visuais feitas pelos técnicos no campo, o solo no local pode ser assim classificado: argiloso até os 3,0 m de profundidade; e francamente arenoso entre 3,0 m e 8,0 m (**Anexo IX**).



Foto - 7.9.3.3 – Sondagem FBO-03 S1 realizada na área selecionada para construção do Aterro Sanitário de Fonte Boa.

Por tudo exposto acima, pode-se concluir, com relação à área da lixeira desativada, que embora os parâmetros medidos *in loco* nas águas do igarapé adjacente não tenham apontado indícios de contaminação química, as análises laboratoriais detectaram cor e

concentrações de ferro e manganês acima dos valores de referência (águas classe 2 da Resolução CONAMA 357/2005). Porém, como essas mesmas análises comprovaram ausência, ou baixíssimas concentrações, de compostos característicos de contaminação por chorume (amônio - NH_4^+ , nitrato - NO_3^- e sulfato - SO_4^{-2}), não se pode afirmar que o excesso de ferro e manganês nas águas superficiais seja proveniente da decomposição dos resíduos sólidos da lixeira desativada. De qualquer modo, as elevadas concentrações desses metais, aliada à cor avermelhada e abundante presença de material em suspensão nas águas do igarapé adjacente à antiga lixeira, recomendam que se tenha o máximo de cautela na utilização dessas águas para qualquer fim, mesmo para recreação.

Quanto à lixeira em uso, apesar do tipo de solo, predominantemente arenoargiloso, não ser o mais indicado para sustentar um DRS, a distância entre o material depositado e o nível d'água, superior a 6 m, retarda a infiltração dos resíduos líquidos no solo e, conseqüentemente, atenua a contaminação do lençol freático. Porém, a proximidade entre a lixeira e o aeroporto municipal e às residências adjacentes, em distâncias inferiores às recomendadas pelas normas técnicas (ABNT NBR's 10157/87 e 13896/97; Resolução CONAMA 004/95), representa risco à segurança dos voos e à saúde da população. Portanto, pode-se afirmar que o atual DRS de Fonte Boa está situado em local inadequado e deve ser desativado o mais breve possível.

As avaliações de campo mostraram também que a área pré-selecionada pelo IPAAM para implantação do aterro sanitário municipal, com um deslocamento de 150 m para nordeste, atende às exigências estabelecidas pelas normas técnicas referentes à construção de DRS: é uma área plana, com mais de 10 ha, com nível d'água profundo, dista mais de 200 m de qualquer curso d'água e mais de 500 m de núcleos populacionais. Os aspectos negativos observados são: o caráter arenoargiloso do solo a partir dos 3,5 m de profundidade, que pode ser minimizado com a instalação de mantas sintéticas impermeabilizantes no fundo das valas que, no entanto, não deverão ser mais profundas que 2,5 m; e a distância em relação ao aeroporto municipal (5 km) ser inferior à mínima exigida pela legislação (13 km), devendo essa questão ser cuidadosamente abordada pela prefeitura municipal junto a ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil.

Com base nos dados observados, coletados e analisados neste estudo podem ser feitas as seguintes recomendações:

- Implantação de cercas e sinalização na área da antiga e da atual lixeira para restringir o acesso de pessoas e animais.
- Proibição, para qualquer fim, da utilização das águas do igarapé que drena a lixeira desativada.
- Construção de quatro poços de monitoramento, ortogonais entre si e com pelo menos 15m de profundidade, no entorno da atual e da antiga lixeira com posterior realização de análises da água subterrânea coletada nesses poços a cada três meses.

- Avaliação da predisposição do proprietário em vender o terreno adjacente à área selecionada pelo IPAAM para implantação do aterro sanitário, tendo em vista sua favorabilidade natural em suportar uma obra desse tipo.
- Busca de recursos, junto a órgãos financiadores, para aquisição desse terreno, caso o proprietário se mostre disposto a vendê-lo, e construção do aterro sanitário municipal de acordo com as normas técnicas.
- Desativação do atual DRS.

7.9.4 Áreas de Risco

A área urbana de Fonte Boa, situada na margem direita do rio Solimões, encontra-se protegida dos processos erosivos decorrentes das fortes correntezas fluviais pela presença de uma ilha fronteira à cidade, a qual, emersa mesmo durante as cheias, atenua em muito a velocidade dessas correntezas (**Anexo XXIII**). Assim, em Fonte Boa, os principais fatores de risco geológico encontrados, diferentemente das cidades a montante, não estão associados à sazonalidade das cheias do rio Solimões, e sim a processos erosivos induzidos pela instalação inadequada ou pela falta de manutenção de canalizações de águas pluviais em determinados pontos. O substrato geológico na zona urbana é composto por arenitos e argilitos arenosos da Formação Içá, com boas exposições nos taludes fluviais a montante da cidade.

Seguindo as indicações das áreas de risco geológico em Fonte Boa, com orientação dos órgãos municipais competentes, a equipe da CPRM realizou visita técnica em três áreas vulneráveis a escorregamentos/desmoronamentos de terra, as quais são descritas a seguir e podem ser visualizadas no **Anexo XXII**.

- **Rua 1 – Bairro Pai Sabá**

Esta rua, que se inicia na Estrada da Baré, está muito próxima da margem direita (barranco íngreme) de um pequeno igarapé, que teve seu canal bastante aprofundado pelo mau dimensionamento de uma canaleta de drenagem pluvial instalada há cerca de dez anos (**Foto 7.9.4.1**). Esse processo erosivo linear remontante (voçoroca), iniciado no cruzamento do igarapé com a Estrada da Baré (coordenada S 02°30'49,3" e W 66°05'10,6"), encontra-se em evolução: ao longo da voçoroca formou-se um grande vale de encostas íngremes que tendem a desestabilizar nos períodos chuvosos, com consequentes escorregamentos de terra. Na margem direita desse vale, que se estende por mais de 300 m, até a ilha fluvial fronteira à cidade, foi observada a existência de cerca de 30 moradias na rua 1, em área considerada como de alto risco de escorregamento. O lançamento das águas servidas dessas moradias nas paredes íngremes da voçoroca, como observado em alguns locais, também contribui muito para a instabilização das encostas (**Foto 7.9.4.2**).

Deve-se ressaltar que boa parte do material arenoso erodido das paredes da voçoroca, após curto transporte aquoso, se deposita na ilha fronteiriça à cidade, sendo explorado como areia para construção civil, conforme será detalhado no próximo item deste relatório.



Foto 7.9.4.1 – Cabeceira da voçoroca que margeia os fundos da rua 1, no bairro Pai Sabá. Observar a canaleta de drenagem de águas pluviais responsável pelo desencadeamento do processo erosivo e, ao fundo, a Estrada da Baré.



Foto 7.9.4.2 – Voçoroca profunda paralela à rua 1. Observar os canos que lançam as águas servidas de algumas residências diretamente nas paredes da voçoroca, contribuindo para sua maior desestabilização.

- **Rua da Areia**

Situada na parte mais a jusante do vale mencionado anteriormente, a rua da Areia se inicia na coordenada geográfica S 02°30'39,0" e W 66°05'09,6". No local foi observado um talude arenoso de aproximadamente 80 m de extensão, paralelo ao rio Solimões, suscetível ao fenômeno de "terras caídas", que coloca em alto risco de desmoronamento sete moradias assentadas muito próximas desse talude. Segundo relato de moradores, no ano de 2008 ocorreu um acidente fatal envolvendo uma criança que foi soterrada pela queda de parte do talude arenoso.

- **Bairro Pai Sabá**

Ainda no bairro Sabá, com início na coordenada geográfica S 02°30'40,5" e W 66°05'04,1", ocorre situação similar à encontrada na rua 1, descrita anteriormente, onde uma tubulação de águas pluviais e de águas servidas desencadeou um processo erosivo linear remontante, do tipo voçoroca, que se encontra em franca evolução. Duas residências situadas na cabeceira dessa voçoroca estão sob risco de desmoronamento; uma delas, que estava em construção, foi abandonada (**Foto 7.9.4.3**).



Foto 7.9.4.3 – Cabeceira de voçoroca, existente no bairro Pai Sabá, onde se observa a tubulação de águas pluviais e servidas responsável pelo início do processo erosivo, que avança em direção a uma construção já abandonada.

Embora a zona urbana de Fonte Boa esteja protegida da forte ação erosiva das correntezas do rio Solimões por uma ilha fronteira, foi constatada na cidade a existência de

processos erosivos lineares, representados por voçorocas, que colocam em risco de desmoronamento diversas moradias do bairro Pai Sabá. Esses processos não têm causas naturais, mas foram gerados (induzidos) por falhas nos sistemas de drenagem de águas pluviais e servidas. De todo modo, quaisquer que sejam suas causas, representam risco considerável à população e devem ser neutralizados ou minimizados.

Para tanto, é fundamental que as tubulações por onde são conduzidas as águas pluviais sejam estendidas até a margem do rio e que as residências em situação de risco, ao longo dos vales, sejam monitoradas até que os processos erosivos tenham sido estagnados. Caso contrário, será necessário que as mesmas sejam removidas ou desapropriadas.

Já o fenômeno de “terras caídas”, observado em trecho da rua da Areia, é um processo erosivo de origem natural. Embora, com obras de engenharia, existam meios de equacioná-lo, o custo financeiro tornaria inviável as intervenções, sendo o mais aconselhável, tendo em vista o reduzido número de moradias sob risco no local, a desocupação da área para que outras vidas não sejam perdidas.

7.9.5 Insumos minerais para construção civil

Dos insumos minerais utilizados na construção civil, a cidade de Fonte Boa explora apenas a argila utilizada na fabricação de tijolos. Na zona urbana há quatro olarias em funcionamento, sendo que todas ficam bem próximas e exploram o mesmo horizonte argiloso (**Anexo XXIII**). A extração de areia é feita de forma artesanal em um igarapé sem nome, cuja nascente se situa na estrada da Baré, no bairro Sabá e os seixos, assim como nos demais municípios do alto Solimões, são importados de empresas que os extraem do rio Japurá.

As quatro olarias trabalham exclusivamente na produção de tijolos e como fonte energética utilizam apenas lenha. Juntas, produzem em média 230 mil tijolos/mês, o suficiente para abastecer o município e exportar o excedente para outras localidades da região.

Olaria lavé

Localizada na estrada da Baré, na coordenada S 02°30'33,0" e W 66°04'25,0", próximo à atual lixeira, a olaria lavé está em funcionamento desde o ano de 2007 (**Foto 7.9.5.1**). Sua linha de produção é semi-mecanizada, com fabricação média de 50 mil tijolos/mês, produção toda consumida no próprio município e, esporadicamente, exportada. O terreno da olaria possui cerca de 2.000 m², incluindo a área onde fica o galpão de secagem, as caieiras e a jazida de onde é extraída a argila (**Foto 7.9.5.2**).

A argila é explorada por meio de cavas a partir da superfície do terreno e o horizonte útil para a olaria possui cerca de 3,5 m de espessura. A argila é de cor branca com traços avermelhados, bastante plástica e, tatilmente, possui baixo teor de quartzo. Para caracterizar melhor esse material, foi coletada uma amostra (FBO-04) e enviada para ensaios cerâmicos

preliminares, os quais indicaram que a argila tem uso recomendado também para confecção de cerâmica branca e refratária (**Anexo V**).



Foto 7.9.5.1 – Vista do galpão da olaria lavé, localizada na estrada da Baré, em Fonte Boa



Foto 7.9.5.2 – Jazida de onde é extraída a argila utilizada como matéria-prima na olaria lavé

Olaria Arnoldo

Também instalada na estrada da Baré, na coordenada S 02°30'53,0" e W 66°04'49,5", bem próximo da olaria lavé, a olaria Arnoldo está em atividade desde o ano de 2005 e sua linha de produção é semi-mecanizada, com fabricação média de 20 mil tijolos/mês, exclusivamente para atender à demanda local (**Foto 7.9.5.3**).

O terreno da olaria possui cerca de 4.800 m², incluindo a área onde fica o galpão, as caieiras e a jazida de onde é extraída a argila. O proprietário, Sr. Arnoldo Sousa, não soube estimar o tempo de vida útil da jazida. A argila é explorada da mesma forma que na olaria lavé, por cavas a partir da superfície do terreno, e o horizonte argiloso também é o mesmo (**Foto 7.9.5.4**). De qualquer forma, para caracterizar melhor o material, foi coletada uma amostra (FBO-05) e enviada para ensaios cerâmicos preliminares, os quais revelaram que a argila da jazida da olaria lavé tem uso recomendado para confecção de cerâmica vermelha e refratária (**Anexo V**).



Foto 7.9.5.3 – Vista do galpão da olaria Arnoldo, localizada na estrada da Baré, em Fonte Boa



Foto 7.9.5.4 – Jazida de onde é extraída a argila utilizada como matéria-prima na olaria Arnoldo.

Olaria Extranorth

Situada na estrada da Baré, km 2, na coordenada S 02°30'22,2" e W 66°04'32,0", em frente à olaria lavé, a olaria Extranorth é a maior de Fonte Boa (**Foto 7.9.5.5**). Foi instalada no ano de 2006, mas permaneceu o último ano desativada, por falta de licença ambiental para extrair a argila; retomou suas atividades na semana da visita da equipe técnica. A linha de produção é toda mecanizada e fabrica em média 150 mil tijolos/mês. Parte de sua produção é consumida no município e o excedente é exportado para todo alto Solimões.

O terreno da olaria possui cerca de 12,5 ha, incluindo a área onde fica o galpão, as caieiras e a jazida de argila, estimada em 1 ha. Segundo o encarregado, Sr. Adalberto Alves, embora a empresa estivesse licenciando uma área do próprio terreno para extração, a argila desta jazida não é de boa qualidade e a matéria-prima que estava sendo utilizada era proveniente de obra da prefeitura ao lado do porto (**Foto 7.9.5.6**).

A argila encontrada no terreno da Olaria Extranorth também é explorada por cavas a partir da superfície do terreno, porém o horizonte argiloso é diferente do que aflora nas outras olarias. Neste, a argila tem uma coloração alaranjada e visivelmente um teor de areia superior. Para caracterizar melhor esse material, foi coletada uma amostra (FBO-06) e enviada para ensaios cerâmicos preliminares, os quais indicaram que a argila da jazida da olaria Extranorth, apesar do encarregado considerá-la de baixa qualidade, tem uso recomendado também para confecção de cerâmica branca e/ou refratária (**Anexo V**).



Foto 7.9.5.5 – Galpão da olaria Extranorth, instalada na estrada da Baré, em Fonte Boa.



Foto 7.9.5.6 – Área situada ao lado do porto de Fonte Boa de onde estava sendo extraída a argila utilizada pela olaria Extranorth.

Olaria do Adeval

Também localizada na estrada da Baré, na coordenada S 02°30'34,2" e W 66°04'29,4", ao lado da olaria lavé, a olaria do Adeval está em funcionamento desde o ano de 2000. Os

tijolos são produzidos de modo artesanal, sem utilização de nenhum maquinário, apenas formas de madeira. Por esse motivo, a produção é feita somente por encomenda, com média de 12 mil tijolos por mês. O terreno da olaria possui cerca de 1,0 ha, incluindo a área onde fica o galpão, as caieiras e a jazida, de aproximadamente 480 m², de onde é extraída a argila.

A argila é explorada da mesma forma que nas demais olarias, por cavas a partir da superfície do terreno, e o horizonte argiloso é o mesmo encontrado nas olarias lavé e Arnoldo. De qualquer modo, para caracterizar melhor o material, também foi coletada uma amostra (FBO-07) e enviada para ensaios cerâmicos preliminares, os quais indicaram que a argila tem uso recomendado também para confecção de cerâmica branca e refratária (**Anexo V**).

Areal

Localizado no entorno da coordenada geográfica S 02°30'37,6" e W 66°05'11,2", o areal, explorado de forma artesanal em Fonte Boa, é um depósito aluvionar resultante de um processo erosivo, ainda em evolução, na calha de um igarapé sem nome (**Foto 7.9.5.7**), cuja nascente está situada na estrada da Baré, no bairro Pai Sabá. A área em exploração compreende aproximadamente 6 ha.

Segundo informações das pessoas que se encontravam extraíndo areia no local, o volume retirado por dia é, em média, de 20 m³, suficiente para atender à demanda urbana. Uma análise tátil e visual mostra que a areia extraída é branca / amarelada, com granulometria média, pouco selecionada e composta quase unicamente por quartzo.



Foto 7.9.5.7 – Depósito aluvionar de um igarapé sem nome, de onde é extraída a areia utilizada para construção civil em Fonte Boa.

7.10 Uarini

7.10.1 Aspectos gerais do município

Criado em 10/12/1981, através de emenda à Constituição Estadual, Uarini faz fronteira com os municípios de Juruá, Alvarães, Maraã e Fonte Boa. Sua sede está situada às margens do lago de Uarini, afastada 6 km da margem direita do rio Solimões e a cerca de 560 km em linha reta da cidade de Manaus (**Anexo I**). É o trigésimo oitavo maior município do estado, com uma área de 10.246 km², ocupada por apenas 0,31% da população estadual e uma economia equivalente a 0,20% do PIB amazonense em 2006.

7.10.2 Avaliação das águas de abastecimento público

A cidade de Uarini está assentada sobre os sedimentos arenosos da Formação Içá, que possuem boa porosidade e permeabilidade e que se constituem em bom aquífero (formação geológica armazenadora de água), passível de exploração por meio de poços tubulares. O fornecimento público de água para consumo humano na zona urbana é feito a partir unicamente de captação subterrânea e está sob responsabilidade do SAAE – Serviço Autônomo de Águas e Esgotos (**Figura 7.10.2.1**), órgão municipal chefiado, na época dos trabalhos de campo, pelo Sr. Antônio Braga de Mesquita, que disponibilizou um funcionário para acompanhar a equipe técnica durante a coleta de dados para a elaboração deste diagnóstico.



Figura 7.10.2.1 – Vista do terreno da sede do SAAE de Uarini, observando-se ao fundo, à esquerda, o poço de abastecimento público PT-3.

O SAAE contava com seis poços tubulares sob sua administração em 2008, cinco deles em operação normal (PT-3, PT-5, PT-6, PT-8 e PT-9), e um (PT-10) que estava recém-

perfurado, mas ainda não dispunha das instalações do sistema de bombeamento. Também foi relatada a existência de quatro poços públicos que foram desativados, ao longo dos anos, por problemas diversos. Os poços PT-6 e PT-8 alimentam uma caixa d'água cilíndrica, de metal e com capacidade de 100 m³, enquanto o poço PT-3 bombeia para uma caixa d'água suspensa, de concreto e também com 100 m³; desses reservatórios a água é distribuída para os usuários. Já os poços PT-5 e PT-9 injetam diretamente na rede de distribuição. O PT-10, quando entrar em operação, irá alimentar inicialmente uma caixa d'água suspensa, de concreto, com 50 m³ de capacidade (**Figura 7.10.2.2**). Não há cloração das águas fornecidas à população de Uarini, mas, de acordo com o SAAE, o hipoclorito é distribuído aos usuários quando solicitado. Segundo o Sr. Antônio Mesquita, o volume de água produzido pelos cinco poços ativos é suficiente para atender a 95% da demanda urbana.



Figura 7.10.2.2 - À esquerda, caixa d'água cilíndrica de 100 m³ ao lado do poço do SAAE PT-8; à direita, caixa d'água suspensa de 50 m³ ao lado do poço PT-10, que ainda não havia entrado em operação.

A equipe técnica da CPRM visitou os seis poços do SAAE, que têm profundidades variando de 35 a 58 metros, obteve suas coordenadas geográficas e avaliou o entorno dos mesmos, o que permitiu a elaboração do **Anexo XXIV** e da **Tabela 7.10.2.1**, onde constam a descrição física dos poços e os valores de pH e condutividade elétrica de suas águas medidos *in situ*. Também foi avaliada a situação do poço desativado PT-7. Infelizmente, o SAAE dispõe de restrita documentação técnica relativa à construção desses poços, como perfis construtivos e perfis geológicos; assim, os dados de profundidade, vazão e ano de perfuração foram obtidos com base em informações verbais de funcionários do órgão.

Os cinco poços ativos do SAAE estão situados em terrenos cercados, bem cuidados e apresentam boa proteção sanitária, com lajes de concreto. Não obstante, em três deles foram

observadas fontes contaminantes nas proximidades: no poço PT-3, a fossa do próprio SAAE está a menos de 10m de distância; o poço PT-6 está situado a menos de 20m de fossas residenciais; e no poço PT-9 observou-se ausência da tampa protetora e existência de galinheiro a menos de 10m (**Figura 7.10.2.3**). Nesse sentido, para evitar futuras contaminações da água subterrânea, também é importante ressaltar a necessidade de o SAAE cimentar os quatro poços que foram desativados do sistema.

De acordo com os dados do SAAE havia 1.230 ligações ativas (pontos de água) cadastradas em seu sistema, cujos responsáveis pagam uma taxa fixa mensal, porém diferenciada de acordo com o porte do consumidor (residências, comércio e escolas). Esta tarifa fixa, independentemente do consumo real, normalmente gera uma cultura de desperdício, onde os consumidores muitas vezes adotam hábitos inadequados, com gastos em excesso, além dos limites da capacidade do sistema de abastecimento.

Na área urbana, o último censo populacional registra para Uarini uma população de 5.304 pessoas (IBGE, 2007); com o crescimento populacional médio anual de 5,9% (vide item 6.5), pode-se projetar para o ano de 2009 um contingente aproximado de 5.948 habitantes urbanos. Considerando a necessidade média mundial de 200 litros de água/habitante/dia, verifica-se que em 2009 seriam necessários cerca de 1.190 m³ de água/dia para atender à demanda urbana. Segundo informações do SAAE, a vazão média de seus cinco poços ativos é de 29 m³/hora, normal para o aquífero Içá (**Tabela 7.10.2.1**). Com os seis poços públicos em operação (já contando a entrada do poço PT-10 no sistema), mantido o regime atual de bombeamento, de apenas 12 horas por dia, será produzido um total diário de 2.088 m³, muito mais do que o necessário para atender aos usuários do sistema, mesmo considerando as perdas, como vazamentos e ligações clandestinas.

Na zona urbana, também foram visitados os poços do Hospital Regional Franco Lopes, da Feira do Produtor e da Fábrica de Gelo (**Tabela 7.10.2.1 e Anexo XXIV**). Na zona rural foram feitas visitas a três comunidades importantes que se abastecem por meio de poços tubulares, relacionados na **Tabela 7.10.2.1**: Campo Novo, situada no canal que dá acesso ao lago de Uarini, 6 km a jusante da sede municipal; São Sebastião, instalada no Paraná de Uarini, 8 km a jusante da sede; e Punã, assentada na margem direita do rio Solimões a 14 km da cidade de Uarini (**Anexo I**).

O poço da comunidade Campo Novo abastece uma população de cerca de 150 pessoas (**Figura 7.10.2.4**). Com profundidade de 60m e vazão de 20m³/h, alimenta um reservatório metálico, tipo taça, de 9 m³, de onde a água é distribuída, sem cloração, aos usuários. Considerando a necessidade diária de 200 litros de água/habitante, seriam necessários 30 m³/dia para atender à demanda da comunidade. A vazão do poço é mais do que suficiente para garantir esse volume de água com apenas duas horas de bombeamento/dia.



Figura 7.10.2.3 – À esquerda, vista da entrada do terreno onde está situado o poço PT-5 do SAAE, sem fontes contaminantes nas proximidades; à direita, poço PT-9, sem tampa de proteção.

O poço da comunidade São Sebastião abastece uma população aproximada de 100 pessoas (**Figura 7.10.2.4**). Com profundidade de 45m e vazão média de 2 m³/h (bomba de baixa potência), alimenta um caixa d'água de 3 m³, de onde a água é distribuída, sem cloração, aos usuários. Para atender à demanda mínima da comunidade são necessários 20 m³ de água por dia. A produção diária do poço é suficiente para garantir essa demanda com bombeamento de 10h/dia, mas seria mais conveniente que se instalasse no local uma bomba submersa de maior potência e uma caixa d'água com maior capacidade de armazenamento.

O poço da comunidade Punã atende a uma população estimada em 600 pessoas (**Figura 7.10.2.5**). Com profundidade de 80m e vazão de 12 m³/h, abastece um reservatório de alvenaria de 30 m³, de onde a água é distribuída aos comunitários, sem cloração. Para atender à demanda mínima da comunidade são necessários 120 m³ de água por dia. A vazão do poço é suficiente para garantir esse volume de água com dez horas de bombeamento/dia.



Figura 7.10.2.4 – À esquerda, caixa d'água de 9 m³ ao lado do poço que abastece a comunidade Campo Novo; à direita, poço de abastecimento da comunidade São Sebastião.



Figura 7.10.2.5 – À esquerda, poço de abastecimento da comunidade Punã; à direita, reservatório elevado, de 30 m³, alimentado por esse poço.

O aquífero Içá normalmente produz águas em boa quantidade e qualidade, porém não está imune a contaminações antrópicas, principalmente quando os poços são mal construídos e mal localizados. Não há controle da qualidade das águas produzidas pelos poços do SAAE, isto é, não são realizadas análises periódicas que possam comprovar sua potabilidade.

Por estudos desenvolvidos em outras regiões sabe-se que as águas do aquífero Içá, quando não contaminadas, possuem pH ácido, em torno de 4,5 a 5,5, e condutividade elétrica (CE) baixa, em valores menores que 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$, reflexo da reduzida quantidade de sais dissolvidos. Valores de pH abaixo de 4,0 ou acima de 6,0 sugerem algum tipo de influência antrópica, como infiltração de esgotos domésticos; valores de CE acima de 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ também são sugestivos de águas contaminadas. Assim, o pH e a CE, medidos na boca do poço, são bons indicativos de contaminação, que só pode ser confirmada por meio das análises laboratoriais.

As águas de todos poços avaliados apresentaram bons indicadores físico-químicos, com valores de pH e CE que podem ser considerados normais para o aquífero Içá, com exceção dos poços da Fábrica de Gelo e da Feira do Produtor (**Tabela 7.10.2.1**). Este último, porém, tem suas águas destinadas somente para lavagens de pisos e descargas sanitárias e, portanto, não enseja maiores preocupações a respeito de sua eventual contaminação (**Figura 7.10.2.6**). Apesar dos bons resultados de campo, como se constatou a existência de fontes contaminantes no entorno de alguns poços (**Tabela 7.10.2.1**), foram realizadas coletas de amostras de água conforme relatado a seguir.

Com base nos valores de pH e CE, medidos *in situ*, e das observações de campo, foram coletadas amostras de água em cinco, dos onze poços ativos visitados, para envio aos laboratórios do INPA e LAMIN, onde se processaram as análises físico-químicas. Além disso, desses onze poços, oito foram amostrados para testes de coliformes totais, realizados na própria etapa de campo (**Tabela 7.10.2.1**). Os resultados obtidos estão expostos na **Tabela**

7.10.2.2, que também contém, para comparação, os valores máximos permitidos (VMP) para cada parâmetro de acordo com a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, que estabelece os padrões de potabilidade de água para consumo humano.

Pelos resultados dos testes de coliformes realizados em campo, e pelas análises laboratoriais, observa-se que, com exceção do poço da Fábrica de Gelo, as águas dos demais poços são de boa qualidade e estão dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação (**Tabela 7.10.2.2**).

Na amostra coletada no poço da Fábrica de Gelo, com apenas 37m de profundidade e situado na calçada da rua (**Figura 7.10.2.6**), com um aglomerado de residências (com fossas) em seu entorno, foi detectada presença de coliformes, concentração (0,26 mg/L) de alumínio (Al) superior ao máximo permitido e concentrações de cloreto (Cl) e sódio (Na) em valores anômalos, 24,5 mg/L e 17,5 mg/L respectivamente, indicativos de processo de contaminação química oriunda de dejetos orgânicos (fossas, esgotos, águas servidas, etc). Destaca-se que o Al é um metal neurotóxico e o consumo prolongado de águas enriquecidas nesse elemento diminui significativamente a assimilação de fosfato e de flúor pelo organismo humano, além de provocar doenças neurodegenerativas, insuficiência renal e cardiomiopatias (Cortecci, 2003; Selinus et al, 2005). Portanto, as águas deste poço são impróprias para o consumo humano primário, ou seja, não se deve bebê-la nem utilizá-la no cozimento de alimentos e nem na fabricação de gelo; seu uso recomendável é o secundário: limpeza de pisos, lavagens, descargas, banhos e irrigação.



Figura 7.10.2.6 - À esquerda, poço da Fábrica de Gelo de Uarini, com águas contaminadas por coliformes e alumínio; à direita, poço da Feira do Produtor, cujas águas são utilizadas somente para lavagens e descargas sanitárias.

Com os resultados das análises químicas realizadas nas cinco amostras coletadas nos poços tubulares de Uarini foi elaborado o gráfico que exprime a classificação das águas com base em seus principais íons (Diagrama de Piper), o qual é apresentado na **Figura 7.10.2.7**. Como se observa, as águas produzidas pelos poços do SAAE são do tipo sulfatadas ou

cloretadas sódicas; as águas contaminadas do poço da Fábrica de Gelo também se enquadram nesta categoria, porém são exclusivamente cloretadas. Já no poço da comunidade Punã, as águas são do tipo bicarbonatadas sódicas.

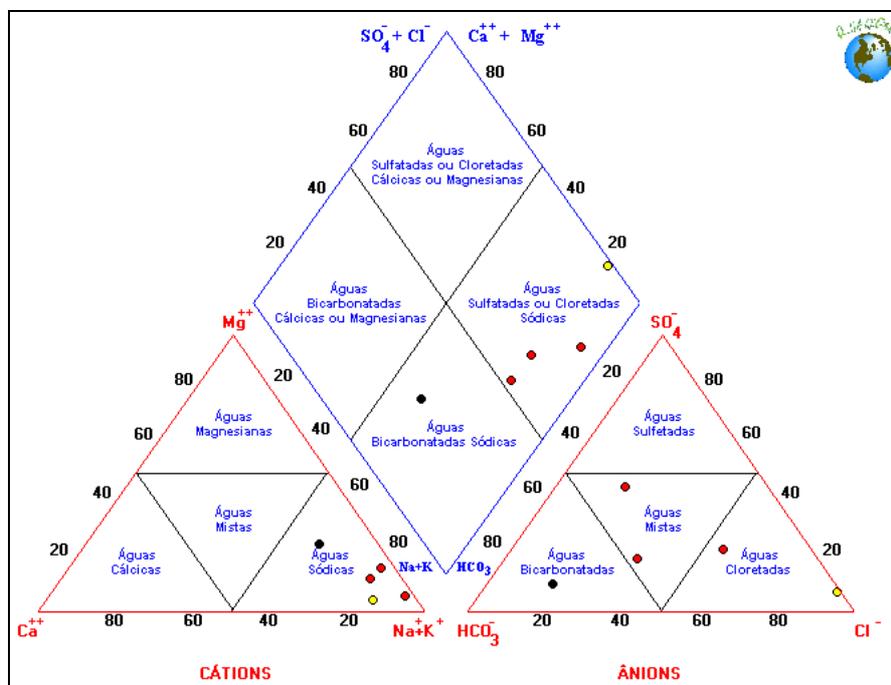


Figura 7.10.2.7 - Diagrama de Piper para as águas dos cinco poços tubulares amostrados em Uarini (em cor vermelha, os poços públicos PT 3, PT 6 e PT 9; em amarelo, o poço da Fábrica de Gelo; em preto, o poço da comunidade Punã).

Com base nas observações de campo e nos resultados das análises físico-químicas e microbiológicas são feitas as seguintes recomendações e considerações finais no que diz respeito à questão do abastecimento público de água em Uarini:

- mantida a taxa de crescimento médio anual da população urbana de Uarini (5,9%), o volume de água produzido pelos seis poços públicos do SAAE em 2009 é mais do que suficiente para atender à demanda dessa população pelo menos nos próximos oito anos;
- manutenção do bom estado de conservação em que se encontram os terrenos onde estão situados os poços públicos (terrenos limpos e cercados);
- colocação de tampa protetora no poço público PT-9, como medida preventiva para evitar a contaminação de suas águas;
- instalação de registros com contadores (hidrômetros) em todos os pontos de ligações de água atendidas pela rede do SAAE, de modo que o usuário pague efetivamente pelo seu consumo, desestimulando, assim, os desperdícios;

- para garantir a ausência de coliformes nas águas produzidas pelos poços públicos, faz-se necessária a implantação do processo de cloração, seja por meio de sistema de pastilhas de cloro nos próprios poços (os que alimentam diretamente a rede de distribuição) ou por casas de cloração, que promovam a adição do cloro nas águas provenientes de reservatórios;
- não se deve permitir o consumo humano das águas do poço da Fábrica de Gelo, por estarem contaminadas, e, por isso, só se prestarem a usos secundários: limpeza de pisos, lavagens, descargas sanitárias, banhos e irrigação. As águas desse poço não devem mais ser utilizadas para a fabricação de gelo. Para esse fim, os responsáveis pela fábrica deverão perfurar um novo poço, mais profundo, em terreno isolado e sem fontes contaminantes próximas, conforme as normas técnicas recomendadas no **Anexo XXX**;
- execução de perfilagens geofísica e ótica em todos os poços de abastecimento público. Esse procedimento permitirá conhecer os perfis construtivos (posição das seções filtrantes e dos revestimentos) e geológicos (posição das camadas argilosas e arenosas), de modo que se possam propor soluções, com maior rigor técnico, para eventuais problemas que surjam no futuro;
- devido à ausência de documentação técnica referente à construção dos poços públicos, em todos eles devem ser feitos, com bomba submersa e por um período mínimo de 24 horas, os testes de produção que determinarão, com precisão, o nível estático, o nível dinâmico e a vazão efetiva de cada um;
- os gestores públicos devem providenciar a cimentação de todos os poços da cidade que estejam inoperantes, ou que venham a ser desativados, para evitar que os mesmos sirvam como conduto de eventuais contaminantes;
- instalação de bomba submersa com maior potência no poço da comunidade São Sebastião associado a uma caixa d'água com maior capacidade de armazenamento;
- o SAAE deverá realizar, por meio de convênios com laboratórios públicos, análises físico-químicas trimestrais e microbiológicas mensais nas águas fornecidas à população de Uarini, com vistas a monitorar continuamente sua qualidade e cumprir a legislação pertinente. Medida semelhante deve ser adotada pelo Hospital Regional, de modo a garantir a potabilidade das águas de seu poço.

Tabela 7.10.2.1 – Relação e características dos poços tubulares visitados no município de Uarini com os valores de pH e condutividade elétrica medidos *in situ*

Poço	Local	Situação	Ano de Perfur.	Prof (m)	Vazão (m ³ /h)	Uso	Fontes contaminantes	Amostra	pH	CE (µS/cm)
PT-3 SAAE	Rua 13 de Maio – sede do SAAE	Ativo	1982	35	29	Abastecimento público	Fossa a 7m.	FQ + coli	5,1	45,0
PT-5 SAAE	Rua 19 de Abril	Ativo	1994	47	29	Abastecimento público	Não	coli	5,3	14,0
PT-6 SAAE	Av. Franco Lopes com rua Amália Correa	Ativo	2003	58	27	Abastecimento público	Fossas residenciais a menos de 20 m.	FQ + coli	5,2	23,0
PT-8 SAAE	Av. Franco Lopes, ao lado da Delegacia de Polícia	Ativo	2003	54	31	Abastecimento público	Não	coli	4,5	15,0
PT-9 SAAE	Rua Manoel Custódio com rua Edna Lopes	Ativo	2006	52	29	Abastecimento público	Galinheiro a 7m. Ausência de tampa	FQ + coli	4,7	14,8
PT-07 SAAE	Av. Franco Lopes com rua Mario Sevale	Desativado	1994	58	-	-	Ausência de tampa	-	-	-
PT-10 SAAE	Rua Cipriano Lopes com rua Antônio Macário	Recém-perfurado	2008	56	?	Abastecimento público (ainda sem bomba instalada)	Não	-	-	-
Hospital Regional Franco Lopes	Av. Franco Lopes	Ativo	2003	58	?	Uso primário e secundário de funcionários e pacientes.	Não.	coli	5,3	18,5
Fábrica de gelo	Av. Espírito Santo (orla do lago de Uarini)	Ativo	2003	37	?	Uso primário e secundário de residência e na produção de gelo para venda.	Aglomerado de residências (com fossas) no entorno	FQ + coli	4,4	144,7
Feira do Produtor	Rua Espírito Santo (orla do lago de Uarini)	Ativo	2004	50	?	Uso secundário (lavagens) dos feirantes.	Fossa resid. a menos de 20 m.	-	4,7	82,4
Comunidade de Campo Novo	6 km a jusante da sede, na margem direita do rio Uarini	Ativo	1997	60	20	Uso primário e secundário de cerca de 150 pessoas	Não.	-	5,6	20,5
Comunidade de São Sebastião	8 km a jusante da sede, no Paraná de Uarini	Ativo	2005	45	2	Uso primário e secundário de cerca de 100 pessoas	Não.	-	5,5	18,4
Comunidade de Punã	14 km da sede, na margem direita do rio Solimões	Ativo	1997	80	12	Uso primário e secundário de cerca de 600 pessoas	Não.	FQ + coli	5,8	47,1

CE – Condutividade Elétrica; FQ – amostra para análises físico-químicas; coli – amostra para teste de coliformes totais.

Tabela 7.10.2.2 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas nas águas coletadas nos poços tubulares do município de Uarini.

Poço amostrado	Coliformes Totais	Turbidez FTU	Cor (mgPt/L)	Alcalinidade (mgHCO ₃ ⁻ /L)	DQO (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ⁼ (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)
PT 3 SAAE	Ausência	0,0	6,73	2,4	1,3	2,12	< LD	3,4	1,8	4,86	1,74	0,11	0,13
PT 5 SAAE	Ausência	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PT 6 SAAE	Ausência	0,0	8,23	6,1	2,0	0,15	< LD	2,6	1,8	1,80	2,30	0,27	0,21
PT 8 SAAE	Ausência	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PT 9 SAAE	Ausência	0,0	4,49	1,8	4,0	0,15	< LD	0,5	1,7	0,21	0,19	0,01	0,03
Hospital Franco Lopes	Ausência	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Fábrica de gelo	Presença	1,0	7,48	< LD	2,0	2,63	< LD	24,5	2,0	17,46	0,89	2,08	0,28
Comunidade de Punã	Ausência	0,0	6,73	20,1	0,7	0,07	< LD	2,6	1,8	4,89	3,20	1,45	1,37

Valores de Referência

Portaria MS 518/2004	Ausência	5,0	< 15,0	-	-	< 10,0	< 1,5	< 250	< 250	< 200	-	-	-
-----------------------------	----------	-----	--------	---	---	--------	-------	-------	-------	-------	---	---	---

Poço amostrado	Fe (mg/L)	Al (mg/L)	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	Si (mg/L)	Ba (µg/L)	Cr (µg/L)	Cu (µg/L)	Li (µg/L)	Mn (µg/L)	Sr (µg/L)	Zn (µg/L)
PT 3 SAAE	0,02	0,15	< LD	7,8	61	< LD	< LD	1	17	6	< LD
PT 6 SAAE	0,07	< LD	< LD	10,1	57	< LD	4	1	25	13	< LD
PT 9 SAAE	0,01	0,03	< LD	5,0	5	< LD	9	< LD	< LD	< LD	84
Fábrica de gelo	0,01	0,26	0,5	5,3	29	< LD	< LD	1	40	20	< LD
Comunidade de Punã	0,02	< LD	1,8	19,1	88	3	3	3	10	42	< LD

Valores de Referência

Portaria MS 518/2004	< 0,30	< 0,20	< 500,0	-	< 700	< 50	< 2000	-	< 100	-	< 5000
-----------------------------	--------	--------	---------	---	-------	------	--------	---	-------	---	--------

DQO - Demanda Química de Oxigênio; NA - Não Analisado; LD - Limite de Detecção

Também foram analisados As, B, Be, Cd, Co, Mo, Pb, Se, Sn, Ti e V, porém todos os valores encontrados para esses elementos estão abaixo de seus limites de detecção.

Obs.: Destacam-se em vermelho os parâmetros em desacordo com Portaria MS 518/2004, além dos valores que sugerem alteração antrópica na qualidade das águas

7.10.3 Avaliação da disposição final dos resíduos sólidos

Nas três comunidades visitadas, Campo Novo, São Sebastião e Punã, não há coleta dos resíduos sólidos. O lixo de cada residência é de responsabilidade do próprio morador, cabendo a ele dar um destino final. Desta forma, geralmente o lixo é queimado e enterrado no próprio quintal, ou, por vezes, despejado em drenagens.

Na zona urbana de Uarini, desde o ano de 2001 a coleta dos resíduos sólidos está sob responsabilidade de uma empresa particular, terceirizada pela prefeitura municipal, denominada F. Souza da Silva Conservação. Quem acompanhou a equipe técnica durante os trabalhos de campo foi o proprietário dessa empresa, Sr. Francisco Souza da Silva.

Segundo o Sr. Francisco, o município utiliza como depósito de resíduos sólidos (DRS) um terreno localizado na estrada de Copacá, a cerca de 4 km do centro da cidade. O acesso ao local é todo asfaltado; apenas um pequeno trecho entre a estrada e o DRS ainda não possui pavimentação. O terreno, situado na coordenada S 02°58'43,4" e W 65°11'11,9" ocupa uma área aproximada de 1,0 ha (**Anexo XXV**).

Este já é o terceiro local utilizado pela administração municipal como depósito de lixo (**Figura 7.10.3.1**). Dois outros terrenos, de mesma dimensão, já tiveram sua capacidade de armazenagem exaurida e foram abandonados (**Anexo XXV**). O primeiro ficava na coordenada S 02°58'49,6" e W 65°10'32,7" e funcionou como DRS no período de 2001 a 2004. O segundo, na coordenada S 02°58'44,6" e W 65°11'00,1", foi utilizado no período de 2004 a início de 2008, quando foi desativado e entrou em operação o atual DRS, que está em funcionamento desde março de 2008. Nenhum destes locais possui sinalização nem cerca de proteção. Todos os terrenos pertencem à própria prefeitura e foram escolhidos sem nenhum critério técnico. A distância do atual DRS para o curso d'água mais próximo é de cerca de 600 m.



Figura 7.10.3.1 - Da esquerda pra direita: vista do primeiro, segundo e do atual DRS de Uarini

De acordo com o Sr. Francisco, em média, o volume de resíduos sólidos recolhidos é de 20 m³ por dia, sem contar o lixo hospitalar, que chega a 10 m³ por semana. Todos os resíduos são depositados, sem nenhum tratamento ou distinção, em valas de 2 m de profundidade por 30 m de extensão. A cada 15 dias todo material é recoberto com uma

camada de 20 cm de argila, o que caracteriza o local como um aterro sanitário semi-controlado. No entorno do DRS é abundante a presença de vegetação tipo capoeira, com alguns trechos de mata nativa, e não há residências nas proximidades.

Para determinar o nível d'água local, avaliar a presença de indícios de contaminação no lençol freático e caracterizar a composição granulométrica do solo, fator que indica a facilidade de infiltração e percolação de fluidos em subsuperfície, foi realizada uma sondagem a trado (UAR-01 S1) na coordenada S 02°58'40,8" e W 66°11'12,4" (**Foto 7.10.3.1**).



Foto 7.10.3.1 – Sondagem UAR-01 S1 realizada na área do DRS de Uarini

Com a sondagem foi possível caracterizar o solo, tátil e visualmente, como predominantemente argiloso até os 5,5 m e arenoargiloso desse nível até o final da perfuração (6,5 m). O nível d'água foi encontrado em 6,0 m de profundidade (**Tabela 7.10.3.1**). Após a conclusão da sondagem foi coletada uma amostra da água subterrânea para aferições *in loco* de sua condutividade elétrica e pH, que resultaram respectivamente em valores de 12,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 4,2, considerados normais para região, ou seja, não indicativos de contaminação química.

Tabela 7.10.3.1 – Perfil do solo atravessado pela sondagem UAR–01 S1 realizada no DRS de Uarini

0,0 m – 0,5 m	Areia argilosa escura
0,5 m – 2,0 m	Argila arenosa cinza e bege
2,0 m – 4,5 m	Argila branca e bege
4,5m – 5,5 m	Argila branca avermelhada
5,5 m – 6,5 m	Areia argilosa branca avermelhada
 6,0 m	Nível d'água

Embora a escolha da área onde se situa o DRS de Uarini não tenha sido precedida de nenhum estudo técnico, por sorte, o local atende aos principais requisitos estabelecidos pelas normas técnicas competentes (ABNT NBR's 10157/87 e 13896/97), ou seja: distâncias em relação a cursos d'água, ao lençol freático e a núcleos populacionais; e tipo de substrato (argiloso). Além desses fatores positivos, o acesso ao local é asfaltado.

O fato da condutividade elétrica e do pH da amostra da água subterrânea coletada após a sondagem a trado, analisados *in loco*, não terem ultrapassado os valores de referência estipulados para águas de boa qualidade, reforça a idéia de que a área é propícia para instalação de aterro sanitário, embora seja importante salientar que o DRS estava em operação há apenas oito meses, tempo muito curto para que a contaminação em solo argiloso atinja o lençol freático.

Contudo, mesmo a área sendo adequada à instalação e operações de um DRS e que se esteja utilizando um sistema de valas e recobrimento, o terreno não está sendo aproveitado de maneira mais racional por falta de planejamento, infra-estrutura e maquinário, como trator de esteira e retro-escavadeira, encurtando a vida útil do DRS. Além disso, no início das operações no local não foram instalados equipamentos que caracterizam os aterros sanitários propriamente ditos, isto é, mantas impermeabilizantes no fundo das valas e sistemas de drenagem e tratamento de resíduos líquidos (chorume) e gases (metano).

Com base nos dados observados, coletados e analisados neste estudo podem ser feitas as seguintes recomendações:

- Implantação de cercas e sinalização nos terrenos dos antigos e do atual DRS para restringir o acesso de pessoas e animais.
- Construção de quatro poços de monitoramento, ortogonais entre si e com pelo menos 15m de profundidade, no entorno do atual e dos antigos DRS com posterior realização de amostragens e análises da água subterrânea coletada nos poços a cada três meses para acompanhamento da evolução da qualidade dessas águas.

- Realização de estudos para seleção de uma nova área, na mesma região do DRS em operação, com dimensões suficientes para construção de um aterro sanitário com vida útil de pelo menos 15 anos.
- Busca de recursos, junto aos órgãos financiadores, para a construção do aterro sanitário municipal, de acordo com as normas técnicas (ABNT NBR's 10157/87 e 13896/97), e realização dos procedimentos de uso padrão por elas estabelecidos.

7.10.4 Áreas de risco

Em virtude de a cidade de Uarini estar assentada às margens do lago homônimo, num local plano, topograficamente mais elevado do que o nível máximo das cheias fluviais, e com encostas pouco declivosas, não há áreas com riscos de desmoronamento/escorregamento ou de inundação nesta cidade (**Figura 7.10.4.1**).



Figura 7.10.4.1 – Aspectos da orla da cidade de Uarini, na margem do lago homônimo, com encostas suaves.

7.10.5 Insumos minerais para construção civil

Na cidade de Uarini há apenas uma olaria, denominada Cerâmica Irmãos Marcos. A areia e o seixo são importados de outros municípios: a primeira, principalmente de Coari, e o segundo de empresas que o extrai do rio Japurá.

Cerâmica Irmãos Marcos

Situada na estrada de Copacá km 1, na coordenada S 02°58'54,5" e W 65°10'19,9", a Cerâmica Irmãos Marcos está em funcionamento desde 2006. A linha de produção é quase toda mecanizada e fabrica em média 150 mil tijolos/mês, o suficiente para atender à demanda do município e exportar o excedente para Alvarães (**Anexo XXV e Foto 7.10.5.1**). Como fonte energética para o cozimento dos tijolos, é utilizada apenas lenha.

Desde que a olaria iniciou suas atividades, a argila utilizada como matéria-prima é extraída do seu próprio terreno, que possui uma área total de 35 ha, sendo 10 ha correspondentes à jazida. Segundo o proprietário, Sr Luiz Marcos do Nascimento, a empresa possui licença do IPAAM e do DNPM para explorar tal jazida. A linha de produção consome cerca de 1,0 ha de argila por ano e, mantido o ritmo de produção atual, há reserva estimada para mais oito anos.

A jazida em exploração fica a 600 m do galpão e a extração é feita em cavas, a partir da superfície do terreno, que posteriormente são transformadas em açudes para criação de peixes (**Figura 7.10.5.1**). O proprietário não soube informar a espessura da camada da argila utilizada como matéria-prima; entretanto, com base no perfil da sondagem realizada na área do DRS, estima-se que seja de aproximadamente 3,5 m.

A argila é de cor branca, com pontos oxidados de cor laranja-avermelhado, bastante plástica e possui baixo teor de quartzo (**Figura 7.10.5.1**). Para uma melhor caracterização, foi coletada uma amostra da mesma (UAR-02) e enviada para ensaios cerâmicos preliminares, os quais indicaram que a argila tem uso recomendado também para confecção de cerâmica branca ou refratária (**Anexo V**).



Foto 7.10.5.1 – Vista do galpão e de tijolos produzidos pela Cerâmica Irmãos Marcos, localizada na cidade de Uarini



Figura 7.10.5.1 - À esquerda, cava de onde é extraída a argila utilizada pela Cerâmica Irmãos Marcos; à direita, a camada argilosa em detalhe.

7.11 Alvarães

7.11.1 Aspectos gerais do município

Criado em 10/12/1981, através de emenda à Constituição Estadual, Alvarães faz fronteira com os municípios de Tefé, Maraã, Uarini e Juruá. Sua sede está situada à margem direita do rio Solimões, a cerca de 540 km em linha reta da cidade de Manaus (**Anexo I**). É um dos menores municípios do estado, com uma área de 5.912 km², ocupada por apenas 0,46% da população estadual. Sua economia equivale a 0,13% do PIB amazonense em 2006.

7.11.2 Avaliação das águas de abastecimento público

A cidade de Alvarães está assentada sobre os sedimentos arenosos da Formação Içá, que possuem boa porosidade e permeabilidade, ou seja, que se constituem em bom aquífero (formação geológica armazenadora de água), passível de exploração por meio de poços tubulares. Desse modo, o fornecimento público de água para consumo humano em Alvarães é feito a partir unicamente de captação subterrânea e está sob responsabilidade da COSAMA - Companhia de Saneamento do Amazonas e da Prefeitura Municipal de Alvarães, cada uma delas com poços e redes de distribuição próprias e independentes.

Na época dos trabalhos de campo, a COSAMA, órgão público estadual, era gerenciada localmente pelo Sr. Gustavo Sevalho Vieira, que disponibilizou um funcionário para acompanhar a equipe técnica durante a coleta de dados para elaboração deste diagnóstico. A COSAMA administra quatro poços na cidade, o PT-7, que opera 16 horas/dia, e o PT-2, PT-6 e PT-8, que operam 24 horas/dia, todos bombeando inicialmente para reservatórios: o PT-2 e o PT-6 alimentam caixa d'água elevada, de metal e com 50 m³ de capacidade, situada na sede da COSAMA, ao lado desses poços; o PT-7 e o PT-8 alimentam caixa d'água cilíndrica apoiada, de metal e com 100 m³ de capacidade, situada no bairro Fonte Boa (**Anexo XXVI**).

Desses dois reservatórios as águas são encaminhadas para casas de cloração, onde, por meio de bombas dosadoras, é adicionada uma solução de cloro antes da distribuição final à população (**Figura 7.11.2.1**). A rede de distribuição da COSAMA atinge o centro da cidade e parte dos bairros São Francisco, Santa Luzia e Fonte Boa; o restante da zona urbana é atendido por poços administrados pela Prefeitura Municipal.

A COSAMA realiza a taxação mensal da água fornecida à população, num valor fixo de R\$10,00. Esta tarifa fixa, independentemente do consumo real das famílias, normalmente gera uma cultura de desperdício, onde os consumidores muitas vezes reclamam das frequentes interrupções no fornecimento de água, porém adotam hábitos inadequados, com gastos em excesso, além dos limites da capacidade do sistema de abastecimento.

Não foi possível o contato com os responsáveis pelo órgão gestor de abastecimento de água municipal, apesar de várias tentativas, pois o prédio da Prefeitura estava quase deserto no período de transição de poder (novembro de 2008). Porém, funcionários da COSAMA informaram que a Prefeitura de Alvarães administra cinco poços de abastecimento público na zona urbana: dois no bairro São Francisco e os demais nos bairros de Santa Luzia, Visaginha e Fonte Boa (**Anexo XXVI**). Desses poços, a água é bombeada para reservatórios elevados situados ao lado de cada um deles e, a partir daí, distribuída por rede, sem cloração, aos usuários (**Figura 7.11.2.2**). A água é distribuída gratuitamente pela Prefeitura, o que, a exemplo da taxa fixa cobrada pela COSAMA, gera uma cultura de desperdício.



Figura 7.11.2.1 – À esquerda, terreno (sede da COSAMA) onde estão situados os poços PT-2 e PT-6 e o reservatório elevado abastecido por eles; à direita, reservatório apoiado de 100m³, ao lado do poço da COSAMA PT-7 e da casa de cloração, no bairro Fonte Boa.



Figura 7.11.2.2 – À esquerda, caixa d'água de fibra de 15m³, que é abastecida pelo poço municipal do bairro Visaginha; à direita, caixa d'água de aço de 50m³, abastecida pelo poço municipal 1 do bairro São Francisco.

O último censo populacional registra para Alvarães uma população urbana de 6.985 pessoas em 2007 (IBGE, 2007). Com a taxa média de crescimento dessa população, de 3,98% aa, pode-se estimar um contingente de 7.553 habitantes em 2009 (vide item 6.5). Considerando a necessidade média mundial de 200 litros de água/habitante/dia, verifica-se que seriam necessários 1.510m³ de água/dia para atender à demanda urbana de Alvarães em 2009.

A partir dos dados de vazões informados para os poços da COSAMA (**Tabela 7.11.2.1**), e do regime de bombeamento dos mesmos, pode ser calculada uma produção diária total de 1.240m³ de água. Considerando o número de 936 ligações (pontos de água) cadastradas no sistema da COSAMA, e a densidade média de 5,76 moradores por domicílio na zona urbana (IBGE, 2007), estima-se que 5.390 pessoas poderiam ser atendidas pela rede de água da concessionária (71% da população da cidade). Foi informado ainda que, das ligações cadastradas, 621 estão ativas, o que indica um total estimado de 3.580 pessoas efetivamente atendidas pela rede da COSAMA (47% da população urbana). Levando em conta o consumo diário de 200 litros de água/habitante, verifica-se que seria necessária a produção mínima de 716m³ de água/dia para atender à demanda dos domicílios com ligações ativas, ou seja, a produção dos quatro poços da COSAMA é bem mais do que suficiente para garantir as necessidades mínimas de água de seus usuários ativos pelos próximos anos. Mesmo se todos os domicílios com ligações inativas retornassem ao sistema, ainda assim o volume de água produzido diariamente seria superior à demanda; neste caso, porém, considerando a taxa de crescimento populacional, em no máximo três anos seria necessária a perfuração de mais um poço tubular.

Ainda de acordo com a COSAMA, cerca de 280 casas da zona urbana (aproximadamente 1.600 habitantes, 21% da população) ainda não são atendidas por qualquer rede de água, problema que seria resolvido parcialmente com as obras, em andamento, para a

implantação da rede no bairro São Lázaro (Portelinha), que possui cerca de 200 casas. Como a COSAMA atende a 71% dos moradores da cidade, enquanto 21% da população não está conectado a qualquer rede de água, conclui-se que a rede administrada pela Prefeitura atenda cerca de 8% da população urbana.

A produção de água dos poços da Prefeitura é de aproximadamente 600 m³/dia, calculada a partir dos dados de vazões informados (**Tabela 7.11.2.1**) e do regime de funcionamento dos mesmos, de 12 horas/dia. Esta produção seria muito mais que suficiente para abastecer as residências ligadas à rede de água municipal (cerca de 600 moradores, 8% da população urbana) pelos próximos anos e até para suprir o bairro de São Lázaro. Porém, como a rede é setorizada, com cada poço alimentado somente os moradores de suas vizinhanças, a paralisação de um poço pode acarretar problemas locais de desabastecimento, como ocorria, na época dos trabalhos de campo, no bairro de Fonte Boa, cujo poço municipal encontrava-se paralisado devido à quebra da bomba submersa.

A equipe técnica da CPRM visitou os nove poços de abastecimento público da cidade de Alvarães (quatro da COSAMA e cinco da Prefeitura Municipal), que têm profundidades variando de 45 a 68 metros, obteve suas coordenadas geográficas e avaliou o entorno dos mesmos, o que, aliado aos dados obtidos em campo, permitiu a elaboração do **Anexo XXVI** e da **Tabela 7.11.2.1**, onde constam a descrição física dos poços e os valores de pH e condutividade elétrica de suas águas medidos *in situ*. Infelizmente, não se teve acesso a nenhuma documentação técnica relativa a esses poços, como perfis construtivos e perfis geológicos; assim os dados de profundidade, vazão e ano de perfuração foram obtidos com base em informações verbais de funcionários da COSAMA.

As áreas de entorno dos poços da COSAMA estão bem conservadas, assim como as estruturas das casas de comando e casas de cloração, mas as condições de proteção sanitária dos mesmos devem ser melhoradas, podendo-se citar como obras de melhorias a serem realizadas a reforma das lajes dos poços PT-6, PT-7 e PT-8 e a construção de uma laje para o PT-2. É necessário também que, para evitar eventuais contaminações da água subterrânea, a empresa faça a cimentação de todos os poços que foram desativados do sistema. Na zona urbana de Alvarães há cinco poços do sistema COSAMA que foram desativados (PT-1, PT-3, PT-4, PT-5 e PT-9), ao longo dos anos, por motivos diversos (**Figura 7.11.2.3**).

Os poços da Prefeitura Municipal denotam um aspecto de desleixo e abandono: matagal tomando conta do entorno, terrenos sem proteção, casas de comando deterioradas, etc. Os dois poços do bairro São Francisco estão instalados em áreas mal drenadas, que se alagam com facilidade; os poços dos bairros Fonte Boa e Visaginha precisam de reforma das instalações hidráulicas e do quadro de comando (**Figura 7.11.2.4**); o poço do bairro Santa Luzia está com a caixa d'água furada desde a época de sua instalação em 2001. De forma geral, todos precisam de melhor proteção sanitária, com instalações de lajes e tampas. Assim,

o principal problema do sistema municipal de poços é simplesmente de *gestão*, que pode ser amenizado com implantação da cobrança de tarifa de água.



Figura 7.11.2.3 - À esquerda, o poço PT-2, sem laje de proteção, situado na sede da COSAMA; à direita, o poço PT-1, desativado há tempos, situado ao lado de PT-2.



Figura 7.11.2.4 – À esquerda, poço municipal do bairro São Francisco, com terreno e instalações em estado de abandono; à direita, poço municipal do bairro Visaginha, que necessita reforma urgente do quadro de comando, sustentado sobre estacas.

Na zona urbana, também foram visitados os poços de três escolas estaduais (Johannes Petrus, que tem mais de 1.000 alunos; Senador Fábio Lucena e Gilberto Mestrinho), da Escola Municipal Atanázia Frazão, do Hospital Estadual São Joaquim, do Hotel Harloane e da Feira Municipal do Produtor, todos, com exceção deste último, com águas também destinadas ao consumo humano (**Tabela 7.11.2.1** e **Anexo XXVI**).

Na zona rural foram visitadas duas comunidades importantes que se abastecem por meio de poços tubulares, relacionados na **Tabela 7.11.2.1**: Vila Nogueira, situada às margens

do lago Tefé, a 12 km da sede municipal, e Comunidade Indígena Marajaí, instalada na margem direita do rio Solimões 4 km a montante da sede de Alvarães (**Anexo I**).

Na Vila Nogueira, com cerca de 500 pessoas, a população é abastecida a partir de poço administrado pela Prefeitura, que alimenta caixa de fibra com 15 m³, de onde a água é distribuída por rede, sem cloração, para as residências. O poço, com profundidade de 40 m, está situado em terreno aberto, com muitas residências no entorno e não possui tampa nem laje de proteção. Além disso, está ao lado de um poço desativado, aberto, que pode servir como conduto de contaminantes (**Figura 7.11.2.5**). Como o poço em operação funciona, em média, 12 horas/dia com uma vazão de 5m³/h, produz diariamente 60m³ de água, volume insuficiente para atender à demanda dos 500 comunitários, tendo em vista a necessidade média de 200 litros/habitante/dia, ou seja, há um déficit de 40 m³, que poderia ser coberto com o aumento do número de horas de funcionamento do poço ou com a perfuração de novo poço.

Na comunidade Marajaí, habitada por aproximadamente 520 indígenas da etnia Maiuruna, há um poço tubular, com 47 m de profundidade, que alimenta reservatório de metal de 15 m³, de onde a água é distribuída por rede, sem cloração, para as residências. O poço, que só entra em operação quando o reservatório se esvazia, está bem localizado, possui laje de proteção e não tem fontes contaminantes próximas (**Figura 7.11.2.5**). Como os comunitários não sabem informar a vazão desse poço não se pode fazer projeções a respeito de sua produção diária.



Figura 7.11.2.5 – À esquerda, poço municipal da Vila Nogueira, em terreno aberto e com muitas residências no entorno; à direita, coleta de amostra no poço da Comunidade Marajaí.

O aquífero Içá normalmente produz águas em boa quantidade e qualidade, porém não está imune a contaminações antrópicas, principalmente quando os poços são mal construídos e mal localizados. Não há controle completo da qualidade das águas produzidas pelos poços públicos de Alvarães, isto é, não são realizadas análises periódicas, com a frequência necessária, que possam comprovar sua potabilidade; apenas as águas dos poços da COSAMA, segundo informações da concessionária, são submetidas a algumas análises

periódicas em seu laboratório: cloro livre, turbidez, cor, pH e coliformes, ou seja, parâmetros insuficientes para atestar a plena qualidade das águas fornecidas à população.

Por estudos desenvolvidos em outras regiões sabe-se que as águas do aquífero Içá, quando não contaminadas, possuem pH ácido, em torno de 4,5 a 5,5, e condutividade elétrica (CE) baixa, em valores menores que 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$, reflexo da reduzida quantidade de sais dissolvidos. Valores de pH abaixo de 4,0 ou acima de 6,0 sugerem algum tipo de influência antrópica, como infiltração de esgotos domésticos; valores de CE acima de 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ também são sugestivos de águas contaminadas. Assim, o pH e a CE, medidos na boca do poço, são bons indicativos de contaminação, que só pode ser confirmada por meio das análises laboratoriais.

As águas dos poços visitados, de forma geral, apresentaram bons indicadores físico-químicos, com valores de pH e CE que podem ser considerados normais para o aquífero Içá, com exceção dos poços PT-8 COSAMA, do Harloane Hotel e da Feira Municipal do Produtor (**Tabela 7.11.2.1**). Apesar desses bons resultados de campo, observou-se, no entorno de vários poços, potenciais fontes de contaminação das águas subterrâneas, como a existência de cemitério a 30m do poço PT-7 e a presença de fossas e/ou valas negras próximas do PT-8 e dos poços municipais dos bairros Visaginha e São Francisco (**Tabela 7.11.2.1**). Sempre que possível estas fontes devem ser eliminadas prontamente pelos gestores desses poços, de modo a garantir a permanência da boa qualidade das águas servidas à população, e prevenir futuras contaminações do aquífero.

Com base nos valores de pH e CE, medidos *in situ*, e das observações de campo, com objetivo de se detectar eventuais contaminações, foram coletadas amostras de água em oito, dos dezoito poços visitados, para envio aos laboratórios do INPA e LAMIN, onde se processaram as análises físico-químicas. Além disso, dos dezoito poços, sete foram amostrados para testes de coliformes totais, realizados na própria etapa de campo. Apesar de apresentarem valores de pH e CE normais para o aquífero Içá, alguns poços foram amostrados para servirem como referência (**Tabela 7.11.2.1**). Os resultados obtidos estão expostos na **Tabela 7.11.2.2**, que também contém, para comparação, os valores máximos permitidos (VMP) para cada parâmetro de acordo com a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, que estabelece os padrões de potabilidade de água para consumo humano.

Pelos resultados dos testes de coliformes realizados em campo, e pelas análises laboratoriais dos oito poços amostrados, observa-se que as águas dos poços da COSAMA PT-2, PT-6 e PT-7 e dos poços da Vila Nogueira e da Comunidade Marajaí são de boa qualidade e estão dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação. Já os outros quatro poços amostrados apresentaram um ou mais parâmetros em desacordo com a Portaria MS 518/2004, conforme descrito a seguir (**Tabela 7.11.2.2**):

- as águas do poço municipal 1 do bairro São Francisco possuem excesso de turbidez, em valor muito acima do máximo permitido, como resultado da grande quantidade de material particulado (silte, argila, areia fina) em suspensão (**Figura 7.11.2.6**). Tal problema normalmente é fruto de falhas na construção dos poços, como disposição inadequada do pré-filtro (seixos) no espaço anelar tubos/paredes, ou colocação das seções filtrantes (tubos serrilhados) em camadas argilo-arenosas, ou, ainda, colocação da bomba em posição imprópria. Para eliminar esse tipo de problema, de fácil solução, é necessário conhecer o perfil construtivo e geológico dos poços e, aí, providenciar o desenvolvimento (limpeza) dos mesmos;



Figura 7.11.2.6 – Águas turvas bombeadas pelo poço municipal do bairro São Francisco (esquerda), coletadas para análises físico-químicas (direita).

- na amostra coletada no poço PT-8 da COSAMA foi detectada presença de coliformes, concentração de ferro (Fe) superior ao permitido pela Portaria MS 518/2004 e concentrações de sódio (Na) e cloreto (Cl) indicativas de início de processo de contaminação por dejetos orgânicos. Ocorre que tal poço situa-se na parte baixa de uma encosta algo íngreme, cujo topo, a menos de 25 m de distância, é ocupado por diversos barracos em que os moradores se utilizam de “fossas negras” como sanitários, isto é, o poço está sendo contaminado pelo fluxo de esgoto e águas servidas desses barracos a montante. Nas águas fornecidas à população, as concentrações elevadas de Fe (0,46 mg/L), Na (23,7mg/L) e Cl (40,5 mg/L) se diluem bem, pois as águas do poço PT-08 se misturam, no reservatório de 100 m³, com as do PT-07, que possuem teores baixos desses três elementos. Por sua vez, a contaminação por coliformes pode ser eliminada/evitada com a adoção de uma medida simples, a adição de cloro na água antes de sua distribuição final, procedimento já adotado pela COSAMA no interior de casas de cloração (**Figura 7.11.2.7**);



Figura 7.11.2.7 – À esquerda, vista do terreno do poço PT-08, situado na parte baixa de uma encosta ocupada por barracos onde existem diversas fossas negras; à direita, observa-se o processo de cloração das águas bombeadas dos poços PT-7 e PT-8, interligados em rede.

- as águas do poço do Harloane Hotel apresentaram CE muito elevada ($175 \mu\text{S}/\text{cm}$) quando comparada aos valores considerados normais para o aquífero Içá. Desse modo, foi coletada amostra para análises físico-químicas, que revelaram concentração de alumínio (Al) acima do limite máximo permitido pela portaria MS 518/2004 e concentrações de nitrato (NO_3^-), cloreto (Cl) e sódio (Na) em valores anômalos, indicativos de processo de contaminação química. Esse poço, com apenas 24m de profundidade, está situado no sentido do fluxo final das águas servidas da cidade, motivo de sua contaminação (**Figura 7.11.2.8**). Destaca-se que o Al é um metal neurotóxico e o consumo prolongado de águas enriquecidas nesse elemento diminui significativamente a assimilação de fosfato e de flúor pelo organismo humano, além de provocar doenças neurodegenerativas, insuficiência renal e cardiomiopatias (Cortecchi, 2003; Selinus et al, 2005). Portanto, as águas deste poço são impróprias para o consumo humano primário, ou seja, não se deve bebê-la nem utilizá-la no cozimento de alimentos; seu uso recomendável é o secundário: limpeza de pisos, lavagens, banhos e irrigação;

- a amostragem no poço da Feira Municipal do Produtor teve caráter apenas científico, pois suas águas são salinas (a CE é de $5.160 \mu\text{S}/\text{cm}$) e utilizadas somente para a limpeza de pisos e calçadas do estabelecimento. O resultado das análises físico-químicas indicou concentrações muito acima do permitido para amônio (NH_4^+), cloreto (Cl), sódio (Na), ferro (Fe), boro (B) e manganês (Mn), isto é, são águas totalmente impróprias ao consumo humano ou animal. Este poço, de apenas 30m de profundidade, foi perfurado muito próximo a uma baía do rio Solimões, em área de várzea, periodicamente inundada; assim, as águas subterrâneas do local têm um contato intenso com as águas fluviais no período das cheias, e, como são confinadas, concentram muitos elementos químicos (**Anexo XXVI e Figura 7.11.2.8**).

A partir dos resultados das análises químicas realizadas nas águas de seis poços da zona urbana de Alvarães foi elaborado o gráfico que exprime a classificação dessas águas,

com base em seus principais íons (Diagrama de Piper), o qual é apresentado na **Figura 7.11.2.9**. Como se observa, as águas produzidas pelos poços da COSAMA PT-2, PT-7 e PT-8 e do Hotel Harloane são do tipo sulfatadas ou cloretadas sódicas, enquanto as oriundas do poço municipal do bairro São Francisco, com teor de Cl muito baixo, são classificadas como bicarbonatadas sódicas; já as águas salinas do poço da Feira do Produtor, muito enriquecidas em Cl, são do tipo sulfatadas ou cloretadas e se situam no limite de transição entre as cálcico-magnesianas e as sódicas.



Figura 7.11.2.8 – À esquerda, o poço do Harloane Hotel; à direita, o poço da Feira Municipal do Produtor, cujas águas são salinas, perfurado em área de várzea.

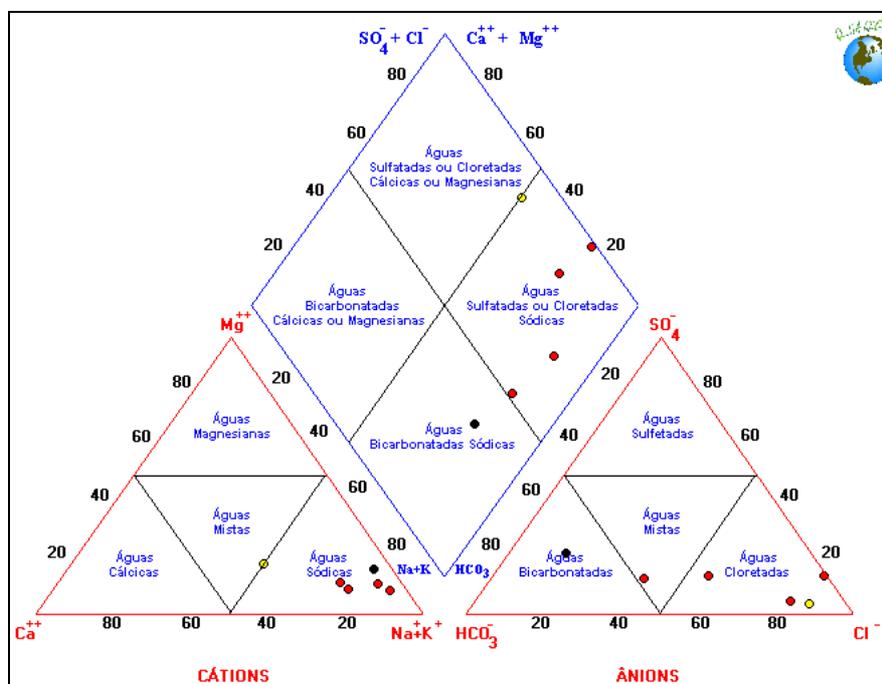


Figura 7.11.2.9 - Diagrama de Piper para as águas de seis poços tubulares da zona urbana de Alvarães (em cor vermelha: poços PT-2, PT-7 e PT-8 da COSAMA e poço do Hotel Harloane; em preto: poço municipal no bairro São Francisco; em amarelo: poço da Feira do Produtor).

Com base nas observações de campo e nos resultados das análises físico-químicas e microbiológicas são feitas as seguintes recomendações no que diz respeito à questão do abastecimento público de água em Alvarães:

- instalação de registros com contadores (hidrômetros) em todos os pontos de ligações de água atendidas pelas redes da COSAMA e da Prefeitura, de modo que o usuário pague efetivamente pelo seu consumo, desestimulando, assim, os desperdícios;
- execução da interligação entre os poços públicos municipais, para que o sistema opere em rede única, com um poço substituindo outro quando necessário. Ao mesmo tempo, é urgente a manutenção nos terrenos onde estão situados tais poços: corte de mato, reforma das casas de comando e das lajes, e instalação de muros ou cercas de proteção onde necessário;
- tendo em vista o crescimento populacional da zona urbana e a demanda por água tratada, num prazo máximo de três anos a COSAMA deverá perfurar mais um poço tubular, em terreno isolado e sem fontes contaminantes próximas, de acordo com as normas técnicas recomendadas (**Anexo XXX**);
- a COSAMA deverá operar os poços PT-7 e PT-8, interligados em rede e que alimentam o mesmo reservatório, num regime de bombeamento único, de modo a promover a diluição da alta concentração de ferro presente nas águas do PT-8, isto é, os dois poços devem funcionar o mesmo número de horas por dia;
- para garantir a ausência de coliformes nas águas produzidas pelos poços municipais faz-se necessária a instalação de casas de cloração, que promovam a adição do cloro nas águas provenientes dos reservatórios elevados. Nos poços das escolas e do hospital, recomenda-se a adição de hipoclorito de sódio nas águas destinadas ao consumo primário;
- não se deve permitir o consumo humano das águas do poço do Hotel Harloane, por estarem contaminadas, e, por isso, só se prestarem a usos secundários: limpeza de pisos, lavagens, banhos e irrigação;
- execução de perfilagens geofísica e ótica em todos os poços de abastecimento público. Esse procedimento permitirá conhecer os perfis construtivos (posição das seções filtrantes e dos revestimentos) e geológicos (posição das camadas argilosas e arenosas) dos poços, de modo que se possam propor soluções, com maior rigor técnico, para os problemas detectados;
- após as perfilagens, nos poços que apresentarem águas com turbidez acima do máximo permitido (poço municipal do bairro São Francisco e outros que venham apresentar esse problema após análises físico-químicas) deve ser feito o desenvolvimento dos mesmos: injeção de uma solução fluidificante (hexametáfosfato de sódio ou similar) e, após doze horas em repouso, injeção de água limpa e bombeamento pelo sistema *Air Lift* (compressor) até que todo material em suspensão seja eliminado;

- devido à ausência de documentação técnica referente à construção dos poços públicos, sejam da COSAMA ou municipais, em todos eles deverão ser feitos, com bomba submersa e por um período mínimo de 24 horas, os testes de produção que determinarão, com precisão, o nível estático, o nível dinâmico e a vazão de cada um;
- os gestores públicos devem providenciar a cimentação de todos os poços da cidade que estejam inoperantes, ou que venham a ser desativados, para evitar que os mesmos sirvam como conduto de eventuais contaminantes;
- em virtude da baixa vazão do poço da Vila Nogueira, para garantir as necessidades mínimas dos comunitários por água, deverá ser aumentado o número de horas/dia de funcionamento do mesmo. Caso esse procedimento não surta resultado, pela baixa capacidade de suporte do poço, é necessária a perfuração de outro poço, em terreno isolado e sem fontes contaminantes próximas, conforme as normas técnicas recomendadas (**Anexo XXX**);
- a Prefeitura e a COSAMA deverão realizar, por meio de convênios com laboratórios públicos, análises físico-químicas trimestrais e microbiológicas mensais nas águas fornecidas à população, com vistas a monitorar continuamente sua qualidade e cumprir a legislação pertinente. Medida semelhante deve ser adotada pelas escolas e pelo Hospital Estadual, de modo a garantir a potabilidade das águas de seus poços.

Tabela 7.11.2.1 – Relação e características dos poços tubulares visitados no município de Alvarães com os valores de pH e condutividade elétrica medidos *in situ*

Poço	Local	Situação	Ano de Perfur.	Prof (m)	Vazão (m ³ /h)	Uso	Fontes contaminantes	Amostra	pH	CE (μS/cm)
PT-2 COSAMA	R. Tefé (sede da COSAMA)	Ativo	1995	48	6,0	Abastecimento público	Não	FQ + Coli	5,4	39,0
PT-6 COSAMA	R. Tefé (sede da COSAMA)	Ativo	1998	45	11,0	Abastecimento público	Não	Coli	5,3	33,4
PT-7 COSAMA	R. 1º de Maio, br Fonte Boa	Ativo	2000	62	25,0	Abastecimento público	Cemitério a 35m.	FQ + Coli	5,8	34,4
PT-8 COSAMA	R. Januário Borges com R. Francisco Lavor, br. S. Luzia	Ativo	2004	62	18,0	Abastecimento público	Fossas 25m a montante do poço	FQ + Coli	4,8	164,9
Poço municipal 1 do br. S. Francisco	Rua Espírito Santo	Ativo	1997	68	25,0	Abastecimento público	Vala negra a 10m	FQ + Coli	4,8	23,0
Poço municipal 2 do br. S. Francisco	Rua Espírito Santo	Ativo	1999	68	7,5	Abastecimento público	Vala negra a 10m.	-	5,0	14,1
Poço municipal do bairro Visaginha	Rua Tibiriçá	Ativo	2000	40	5,0	Abastecimento público	Fossas e vala negra a 7m.	-	5,1	21,6
Poço municipal do bairro Fonte Boa	Rua Fonte Boa	Paralisado	2000	65	7,5	Abastecimento público (bomba quebrada)	Não	-	-	-
Poço municipal do bairro Santa Luzia	Rua Padre Armindo	Ativo	2001	60	5,0	Abastecimento público	Não, porém terreno aberto	-	5,2	12,7
Poço municipal da Vila do Nogueira	Estr. Alvarães – Nogueira, a 12 km da Sede Municipal.	Ativo	1997	40	5,0	Abastecimento público. Cerca de 500 moradores	Ausência de tampa e terreno aberto	FQ + Coli	5,5	20,0
Hospital Estadual São Joaquim	Estr. Alvarães Nogueira, bairro Santa Luzia.	Ativo	2000	38	?	Uso primário e secundário de funcionários e pacientes.	Não	-	5,0	14,0
Escola Municipal Atanázia Frazão	Estr. Alvarães Nogueira km 1, bairro Santa Luzia.	Ativo	2003	60	1,7	Uso primário e secundário de 1017 alunos e funcionários.	Não	-	5,0	15,0
Escola Estadual Sen Fábio Lucena	Rua Uarini com Travessa Santa Ana, Centro.	Ativo	2002	75	?	Uso primário e secundário de 542 alunos e funcionários.	Não	-	5,7	34,0
Escola Estadual Gilberto Mestrinho	Avenida Castelo Branco, Centro.	Ativo	2008	75	?	Uso primário e secundário de 710 alunos e funcionários.	Caixa de gordura a 4m.	-	5,0	21,5
Escola Estadual Johannes Petrus	Estr. Alvarães Nogueira, bairro Fonte Boa.	Ativo	1995	65	?	Uso primário e secundário de 1444 alunos e funcionários.	Não	-	4,7	18,8
Feira Municipal do Produtor	Rua 15 de Novembro, Centro.	Ativo	2004	30	?	Uso secundário para limpeza de pisos e calçada.	Rio Solimões a 5m nas cheias (várzea)	FQ	7,0	5160,0
Comunidade Indígena Marajá	Margem direita do rio Solimões, 4 km a montante	Ativo	2005	47	?	Uso primário e secundário de 520 indígenas	Não	FQ + Coli	5,6	26,5
Harloane Hotel	Rua 15 de Novembro, Centro.	Ativo	1998	24	3,0	Uso primário e secundário de hóspedes e funcionários.	No sentido do fluxo das águas servidas	FQ	4,5	174,5

CE – Condutividade Elétrica; FQ – amostra para análises físico-químicas; Coli – amostra para teste de coliformes totais.

Tabela 7.11.2.2 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas nas águas coletadas nos poços tubulares do município de Alvarães.

Poço Amostrado	Coliformes Totais	Turbidez FTU	Cor (mgPt/L)	Alcalinidade (mgHCO ₃ ⁻ /L)	DQO (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ⁼ (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)
PT-6 COSAMA	Ausência	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PT-2 COSAMA	Ausência	0,0	11,22	5,5	3,3	0,81	< LD	5,9	1,8	5,23	1,20	0,24	0,25
PT-7 COSAMA	Ausência	0,0	3,74	10,4	5,9	0,22	< LD	5,0	1,9	4,50	2,12	0,34	0,35
PT-8 COSAMA	Presença	0,0	7,48	11,6	4,0	0,09	< LD	40,5	2,0	23,72	2,30	4,59	1,74
Poço municipal 1 do br. S. Francisco	Ausência	143,0	11,22	8,5	0,7	0,07	< LD	1,1	2,2	1,20	0,86	0,08	0,17
Feira Municipal do Produtor	NA	104,5	2,99	137,9	0,7	< LD	2,51	768,0	22,4	242,91	21,72	143,96	46,13
Comunidade Indígena Marajá	Ausência	0,0	8,23	12,8	3,3	0,13	< LD	20,8	2,5	3,13	3,39	0,26	0,23
Harloane Hotel	NA	1,0	8,23	< LD	2,0	5,63	< LD	21,0	4,0	18,35	7,77	3,79	1,13
Vila Nogueira	Ausência	1,0	7,48	10,4	1,3	0,19	< LD	1,0	1,7	1,18	3,51	0,28	0,21

Valores de Referência

Portaria MS 518/2004	Ausência	5,0	< 15,0	-	-	< 10,0	< 1,5	< 250	< 250	< 200	-	-	-
-----------------------------	----------	-----	--------	---	---	--------	-------	-------	-------	-------	---	---	---

Poço amostrado	Fe (mg/L)	Al (mg/L)	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	Si (mg/L)	Ba (µg/L)	B (µg/L)	Cr (µg/L)	Cu (µg/L)	Li (µg/L)	Mn (µg/L)	Sr (µg/L)	Zn (µg/L)
PT-2 COSAMA	0,02	0,03	< LD	7,8	60	< LD	< LD	3	1	39	11	< LD
PT-7 COSAMA	0,01	0,01	< LD	13,4	65	< LD	3	2	2	18	14	< LD
PT-8 COSAMA	0,46	< LD	6,2	9,0	54	< LD	< LD	13	2	49	164	112
Poço municipal 1 do br. S. Francisco	0,01	0,01	< LD	6,8	33	< LD	< LD	< LD	1	22	5	< LD
Feira Municipal do Produtor	7,62	< LD	206,9	9,4	111	2145	< LD	< LD	36	289	5840	< LD
Comunidade Indígena Marajá	0,01	0,01	< LD	11,8	57	< LD	3	< LD	2	11	10	< LD
Harloane Hotel	0,02	0,23	4,0	5,7	27	< LD	< LD	< LD	1	54	15	< LD
Vila Nogueira	< LD	< LD	< LD	14,9	69	< LD	6	< LD	2	7	12	< LD

Valores de Referência

Portaria MS 518/2004	< 0,30	< 0,20	< 500,0	-	< 700	< 500	< 50	< 2000	-	< 100	-	< 5000
-----------------------------	--------	--------	---------	---	-------	-------	------	--------	---	-------	---	--------

DQO - Demanda Química de Oxigênio; NA - Não Analisado; LD - Limite de Detecção

Também foram analisados As, Be, Cd, Co, Mo, Pb, Se, Sn, Ti e V, porém todos os valores encontrados para esses elementos estão abaixo de seus limites de detecção.

Obs.: Destacam-se em vermelho os parâmetros em desacordo com Portaria MS 518/2004, além dos valores que sugerem alteração antrópica na qualidade das águas

7.11.3 Avaliação da disposição final dos resíduos sólidos

Nas duas comunidades visitadas, Nogueira e Marajá, não há coleta dos resíduos sólidos. O lixo de cada residência é de responsabilidade do próprio morador, cabendo a ele dar um destino final. Desta forma, geralmente o lixo é queimado e enterrado no próprio quintal, ou, por vezes, despejado em drenagens.

O município de Alvarães realiza a coleta pública dos resíduos sólidos urbanos desde 1982. A partir daquele ano o lixo foi sendo despejado em um terreno utilizado como depósito de resíduos sólidos (DRS). Porém, devido ao gradual impacto na qualidade da água de um igarapé adjacente, o DRS foi interditado em 1998 pela Vigilância Ambiental do Estado do Amazonas. Assim, desde o ano de 2000, após a seleção de nova área, os resíduos passaram a ser depositados no local onde se encontra em operação o atual DRS (**Foto 7.11.3.1**), situado no km 6 da estrada Alvarães – Nogueira, a cerca de 4 km do centro da cidade, na coordenada S 03°15'08,8" e W 64°48'44,2" (**Anexo XXVII**). O acesso ao local é todo asfaltado, apenas um pequeno trecho, entre a estrada e o DRS, ainda não possui pavimentação.



Foto 7.11.3.1 – Vista do DRS de Alvarães, situado no km 6 da estrada Alvarães - Nogueira.

O terreno ocupa uma área aproximada de 25,5 ha, sendo que, durante os oito anos em atividade, calcula-se que tenham sido utilizados apenas 2,0 ha da extensão total. O curso d'água mais próximo, o igarapé do Baú, está a mais de 500 m de distância, no sentido noroeste e, ao redor da área, observa-se vegetação tipo capoeira. O coordenador de meio ambiente do município, Sr. Júlio Rodrigues, não soube informar a estimativa de vida útil desse DRS.

Segundo o mesmo, um estudo sobre a adequabilidade deste terreno para instalação de um aterro sanitário chegou a ser realizado por uma equipe técnica de Belém. No entanto, o projeto não foi concluído por pendências do município com o INSS – Instituto Nacional da Seguridade Social. O recurso financeiro para construção do aterro viria do BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.

O serviço de limpeza pública municipal recolhe e despeja no DRS, em média, cerca de 2.000 kg de resíduos por dia. O lixo hospitalar também é recolhido e incinerado no local. Todo material é depositado sem nenhuma espécie de tratamento, seleção, ou cobertura argilosa, o que faz com que este DRS seja classificado como lixeira a céu-aberto (lixão). Embora não exista sinalização nem cerca de proteção, para restringir o acesso de pessoas e animais, não foi observada a presença de catadores.

Para determinar o nível d'água local, avaliar a presença de indícios de contaminação no lençol freático e caracterizar a composição granulométrica do solo, fator que indica a facilidade de infiltração e percolação de fluidos em subsuperfície, foi realizada uma sondagem a trado (ALV-01 S1) na coordenada S 03°15'12,1" e W 64°48'47,4" (**Foto 7.11.3.2**).



Foto 7.11.3.2 – Material obtido pela sondagem realizada na lixeira de Alvarães.

Com a sondagem foi possível caracterizar o solo, tátil e visualmente, como argiloarenoso entre 0,6 e 6,2 m e arenoargiloso de 6,2 m até o final da perfuração (8,0 m). O nível d'água foi determinado em 8,0 m de profundidade (**Tabela 7.11.3.1**).

Após a conclusão da sondagem foi feita amostragem da água subterrânea para aferições *in loco* de sua condutividade elétrica e pH, que resultaram respectivamente em valores de 17 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 5,6, considerados normais para região. Mesmo assim, também foi coletada uma amostra dessa água (ALV-01) para análises dos principais elementos metálicos no laboratório do LAMIN. De acordo com os resultados obtidos, todos os elementos analisados apresentaram concentrações inferiores aos valores máximos permitidos pela Portaria MS 518/2004 (**Anexo VIII** – Tabelas 3 e 4), indicando a ausência de contaminação química.

Tabela 7.11.3.1 – Perfil do solo atravessado pela sondagem ALV-01 S1 realizada na lixeira de Alvarães

0,0 m – 0,6 m	Areia marrom claro
0,6 m – 1,7 m	Argila arenosa bege
1,7 m – 3,7 m	Argila arenosa bege, com laterização
3,7 m – 6,2 m	Argila arenosa bege
6,2 m – 8,0 m	Areia argilosa lilás
8,0 m	Nível d'água

A antiga lixeira de Alvarães, desativada em 1998, está localizada no km 5 da estrada Alvarães – Nogueira, a 3,5 km do centro da cidade. Na época dos trabalhos de campo o terreno estava completamente recoberto por vegetação secundária e não possuía nenhuma sinalização de advertência nem cerca de proteção (**Foto 7.11.3.3**).



Foto 7.11.3.3 – Vista da área da antiga lixeira de Alvarães, desativada em 1998.

Embora a escolha da área onde se situa o atual DRS de Alvarães não tenha sido feita com base em nenhum estudo técnico, o local atende às principais orientações estabelecidas pelas normas técnicas (ABNT NBR's 10157/87 e 13896/97) e apresenta um tipo de solo adequado para a atividade. Além disso, o acesso é pavimentado e permite o trânsito de veículos pesados mesmo em dias de chuva.

Entretanto, apesar das análises realizadas na amostra da água subterrânea coletada no local não indicarem contaminação química, a ausência de sinalização e de proteção facilitam o livre acesso aos resíduos por pessoas e animais, fazendo com que o DRS represente risco à saúde da população. Por fim, a forma como os resíduos são depositados, sem abertura de valas nem cobertura argilosa, também é imprópria, pois encurta a vida útil do terreno e favorece a proliferação de vetores transmissores de doenças.

Com base nos dados observados, coletados e analisados neste estudo podem ser feitas as seguintes recomendações:

- Implantação de cercas e sinalização nos terrenos utilizados como DRS (desativado e em uso) para restringir o acesso de pessoas e animais.
- Operação da atual lixeira pelo sistema de valas, promovendo cobertura dos resíduos sólidos com argila, para aumentar o tempo de vida útil do terreno e evitar a proliferação de vetores. Para isso é necessário que a administração municipal busque recursos financeiros para aquisição de um trator de esteira e de uma retroescavadeira.
- Construção de quatro poços de monitoramento, ortogonais entre si e com pelo menos 20m de profundidade, no entorno da lixeira, com posterior realização de amostragens e análises da água subterrânea coletada nos poços a cada três meses para acompanhamento da evolução da qualidade dessas águas.

7.11.4 Áreas de risco

Como Alvarães tem seu núcleo urbano afastado da margem íngreme do rio Solimões e numa posição topograficamente mais elevada do que o nível máximo das cheias fluviais (**Anexo XXVI**), não se registram na cidade áreas de risco geológico, seja de alagamentos ou de desmoronamentos/escorregamentos.

7.11.5 Insumos minerais para construção civil

Na cidade de Alvarães não há olarias nem áreas de extração de seixos – os tijolos são trazidos de Uarini ou Tefé, enquanto os seixos são importados de empresas que os extraem do rio Japurá. Apenas a areia é explorada no município, porém o escritório comercial e o depósito do Sr. Jânio Loureiro, proprietário do areal, ficam em Tefé.

Areal do Jânio

Situado no local conhecido como “Ressaca do Rato”, no entorno da coordenada S 03°19'56,5” e W 64°48'21,9”, o areal do Jânio fica no leito do lago de Tefé, próximo a sua margem esquerda (**Foto 7.11.5.1** e **Anexo XXVII**), em uma enseada aonde as águas variam entre 3 e 12 m de profundidade, dependendo da época do ano.



Foto 7.11.5.1 – Ressaca do Rato, área de onde é extraída areia no lago de Tefé.

Na época dos trabalhos de campo, o areal não estava sendo explorado, devido à baixa profundidade das águas. No período em que ocorre a extração da areia (dezembro a julho), ela é feita por meio de dragas, com produção média mensal de 800 a 1000 m³, suficiente para atender à demanda de Alvarães e Tefé. A área licenciada, em exploração desde 2006, tem cerca de 5 ha e, segundo o proprietário, está regularizada junto ao IPAAM, IBAMA e DNPM. Após extraída, a areia é transportada e depositada num terreno na cidade de Tefé, de onde é comercializada (**Foto 7.11.5.2**).

Numa análise tátil e visual, a areia é branca, pouco selecionada, composta quase unicamente por quartzo, e possui granulometria fina a média. Para uma melhor caracterização granulométrica, foi coletada uma amostra de areia estocada no depósito (TFF-04) e enviada para análise no laboratório da EMBRAPA em Manaus, a qual indicou que o material extraído é classificado como areia grossa, composto 96% por areia e 4% por argila e silte (**Anexo IX**).



Foto 7.11.5.2 – Depósito do areal do Jânio, no município de Tefé

7.12 Tefé

7.12.1 Aspectos gerais do município

Criado em 1759, ainda na época do Brasil-Colônia, o município de Tefé faz fronteira com os municípios de Coari, Tapauá, Alvarães, Carauari e Maraã. Sua sede está situada às margens do lago de Tefé, afastada 4 km da margem direita do rio Solimões e a cerca de 520 km em linha reta da cidade Manaus (**Anexo I**). É o trigésimo terceiro maior município do estado, com uma área de 23.704 km², ocupada por apenas 1,95% da população estadual. Sua economia equivale a 0,73% do PIB amazonense em 2006.

7.12.2 Avaliação das águas de abastecimento público

A cidade de Tefé está assentada sobre os sedimentos arenosos da Formação Içá, que possuem boa porosidade e permeabilidade, ou seja, que se constituem em bom aquífero (formação geológica armazenadora de água), passível de exploração por meio de poços tubulares. Desse modo, o fornecimento público de água para consumo humano na zona urbana é feito unicamente a partir de captação subterrânea e está sob responsabilidade do órgão municipal denominado Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE). O SAAE era chefiado, na época dos trabalhos de campo, pelo Sr. Antônio José Lima de Andrade, o qual designou o funcionário Marcelo Ribeiro Queiroz, responsável pelos poços de captação, para acompanhar a equipe técnica da CPRM e fornecer as informações necessárias.

Na ocasião, o SAAE contava com 25 poços tubulares sob sua administração, sendo 21 deles em operação normal, dos quais 16 ligados em rede e 5 isolados, e 4 paralisados/desativados por problemas diversos: bombas submersas quebradas, coluna presa no fundo do poço, águas com gosto de ferro, etc. A equipe técnica visitou esse 25 poços (com numeração entre PT-01 e PT-26, além de um recém-construído ainda sem nomenclatura), obteve suas coordenadas geográficas e avaliou o entorno dos mesmos, o que, aliado às informações obtidas no SAAE, permitiu a elaboração do **Anexo XXVIII** e da **Tabela 7.12.2.1**, onde constam a descrição física dos poços e os valores de pH e condutividade elétrica de suas águas medidos *in loco*. Infelizmente, o SAAE dispõe de documentação técnica restrita relativa a esses poços. Assim, os dados de profundidade, vazão e ano de perfuração foram obtidos com base em informações verbais de funcionários do órgão e em alguns perfis construtivos da empresa perfuradora ENGEIO, fornecidos diretamente à CPRM no âmbito do Projeto SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas.

Para abastecer a cidade de Tefé, diariamente, por cerca de 9 horas, o SAAE executa a operação de bombeamento de seus poços. A água captada não passa por nenhum tipo de tratamento, nem mesmo cloração, sendo que parte dos poços alimenta diretamente a rede de distribuição e parte alimenta estruturas de reservação, de onde a água é posteriormente distribuída para os setores mais próximos. No sistema existe um reservatório apoiado, com capacidade de 180 m³, na Vila Buriti (poços PT-04 e PT-07), e cinco caixas d'água, sendo: uma de 250 m³ na sede do SAAE (poços PT-01, PT-02 e PT-03); uma de 130 m³ no Centro (PT-15); duas de 80 m³ localizadas nos Bairros São João (poços PT-08, PT-09 e PT-11) e Jerusalém (PT-21); e uma de 10 m³ no Bairro Nossa Sra. de Fátima (PT-26).

Segundo o responsável pelo SAAE a cloração nas caixas d'água e no reservatório só é realizada quando detectada a presença de coliformes. Para isso, são realizadas análises microbiológicas mensais, nas águas de todos os poços públicos de abastecimento, no laboratório da Secretaria Municipal de Saúde.

De acordo com os registros do SAAE havia 8.377 ligações (pontos de água) cadastradas em seu sistema, sendo 8.276 residenciais (611 desativadas), 24 públicas e 77 comerciais. Com a média de 5,1 habitantes/domicílio, informada pelo censo promovido pelo IBGE no ano de 2007, pode-se estimar um total de 42.200 pessoas atendidas pela rede de água tratada na cidade de Tefé (90% da população urbana em 2009, conforme projeção feita com base nos censos do IBGE de 2000 e 2007 – vide item 6.5), sendo 39.090 pessoas morando em residências com ligações ativas (83% da população urbana).

Nas residências não há contadores (relógios) que registrem o consumo de água: é simplesmente cobrada uma tarifa mensal de cada ligação cadastrada. A cobrança de taxas fixas praticada pelo SAAE gera uma cultura de desperdício de água nos consumidores, que por

vezes reclamam de problemas de desabastecimento, porém mantêm hábitos inadequados de uso em excesso.

Os poços de abastecimento público, com exceção de PT-16, PT-17, PT-20, PT-21, PT-22 e PT-24, são de tubulação geomecânica com diâmetro de 200 mm e possuem bombas submersas de 16 a 30 CV, com vazões variando de 30 a 80 m³/h. Em todos eles há tampas de proteção e, em alguns, ainda foi construída uma casa de alvenaria. Na base dos poços observa-se laje de concreto, com diferentes dimensões (**Figuras 7.12.2.1 a 7.12.2.6**).



Figura 7.12.2.1 – À esquerda, poço do SAAE PT-01; à direita, sede do SAAE no Bairro Juruá



Figura 7.12.2.2 – À esquerda, poço do SAAE PT-04; à direita, reservatório apoiado de 180 m³, na Vila Buriti, parcialmente alimentado pelo poço PT-04



Figura 7.12.2.3 – À esquerda, poço do SAAE PT-08 no Bairro São João; à direita, caixa d'água elevada, de 80 m³, parcialmente alimentada pelo poço PT-08.



Figura 7.12.2.4 – Poço do SAAE PT-12 e seu entorno, no Bairro Abial.



Figura 7.12.2.5 – À esquerda, poço do SAAE PT-15, no centro de Tefé; à direita, caixa d'água elevada, de 130 m³, abastecida pelo poço PT-15



Figura 7.12.2.6 – Poço do SAAE PT-23 e seu entorno, no Bairro Santa Teresa.

Os poços PT-16, PT-21, PT-22 e PT-24 são de tubos geomecânicos com diâmetro de 200 mm e têm bombas submersas de 07 a 20 CV, com vazões variando de 18 a 36 m³/h. Em todos há tampa de proteção, embora a do poço PT-16 estivesse em mau estado de conservação. Com exceção do PT-24, os demais possuíam junto à base uma laje de concreto (**Figura 7.12.2.7**).

Os poços PT-17 e PT-20 são de tubulação geomecânica com diâmetro de 154 mm e são succionados por bombas submersas, respectivamente, de 20 e 13 CV, as quais produzem vazões de 55 e 26 m³/h. Em ambos a tampa para resguardar a integridade do poço encontrava-se mal encaixada e não havia laje concretada junto à base (**Figura 7.12.2.8**).



Figura 7.12.2.7 – Poço do SAAE PT-24, instalado abaixo do nível da rua Antônio Lisboa, e seu entorno, no Bairro São Raimundo.



Figura 7.12.2.8 – Poço do SAAE PT-17 e seu entorno, no Bairro Santa Luzia.

Na zona urbana, foram visitados e cadastrados mais cinco poços tubulares: o do Centro de Saúde do bairro Abial (anexo a Escola Municipal Santa Tereza); um de uso comunitário na Colônia Ventura; o do APAE e os dois poços do Hospital Regional de Tefé, estes três últimos no bairro Fonte Boa. Nesses cinco poços também foram determinados *in loco* os valores de pH e condutividade elétrica de suas águas, sendo que do poço da APAE foi coletada amostra para envio para análises físico-químicas (**Tabela 7.12.2.1**).

O poço principal do Hospital Regional é de tubulação geomecânica com diâmetro de 200 mm e é succionado por uma bomba submersa de baixa potência ($\frac{1}{2}$ CV). Embora tivesse tampa de proteção, a mesma não tinha efeito, pois a parte superior do tubo estava quebrada. Já o poço secundário é de tubulação geomecânica de 154 mm e a bomba submersa também é de $\frac{1}{2}$ CV. Neste, a tampa de proteção estava em boas condições, resguardando a integridade do poço (**Figura 7.12.2.9**). Vale ressaltar que o volume bombeado por ambos poços não supre as necessidades de consumo do hospital, sendo necessária a complementação do abastecimento pelo poço instalado na APAE, construído com tubo geomecânico de 100 mm, e succionado por bomba submersa de $\frac{1}{2}$ CV. Neste poço da APAE, a tampa de proteção estava em boas condições, porém a altura da boca em relação ao solo é de apenas 30 cm e não há laje de concreto ao seu redor (**Figura 7.12.2.10**).



Figura 7.12.2.9 - Poços do Hospital Regional de Tefé: à esquerda, poço principal, e à direita, poço secundário.



Figura 7.12.2.10 – Poço de abastecimento instalado na sede da APAE em Tefé.

O aquífero Içá normalmente produz águas de boa quantidade e qualidade, porém não está imune a contaminações antrópicas, principalmente quando os poços são mal construídos e mal localizados. Não há controle da qualidade físico-química das águas produzidas pelos poços de abastecimento público de Tefé, isto é, não são realizadas análises periódicas que possam comprovar sua potabilidade.

Estudos desenvolvidos em outros locais indicam que as águas do aquífero Içá, quando não contaminadas, possuem pH ácido, em torno de 4,5 a 5,5, e condutividade elétrica (CE) baixa, em valores menores que 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$, resultante da diminuta quantidade de sais dissolvidos. Valores de pH abaixo de 4,0 ou acima de 6,0 são sugestivos de algum tipo de influência antrópica, como infiltração de esgotos domésticos; valores de CE acima de 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ também são fortemente sugestivos de águas contaminadas ou em vias de contaminação. Assim, o pH e a CE, medidos na boca do poço, são bons indicativos de contaminação, que só pode ser confirmada por meio de análises laboratoriais.

Com base nos valores de pH e CE medidos *in loco* e das observações de campo, com objetivo de se detectar eventuais contaminações foram coletadas amostras de água em 15, dos 30 poços visitados, para envio aos laboratórios do INPA e LAMIN, onde se processaram as análises físico-químicas. Além disso, 14 poços foram amostrados para testes de coliformes totais, realizados na própria etapa de campo. Apesar de apresentarem valores de pH e CE considerados normais, alguns poços do SAAE, incluídos nos 15 citados, foram amostrados para servirem como referência (**Tabela 7.12.2.1**).

Os resultados das análises laboratoriais e dos testes de coliformes estão expostos na **Tabela 7.12.2.2**, que também contém, para comparação, os valores máximos permitidos (VMP) para cada parâmetro conforme a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, que estabelece os padrões de potabilidade de água para consumo humano.

Os dados obtidos indicam que a maioria dos poços públicos fornece águas que atendem aos padrões de potabilidade. Porém, seis poços amostrados, cinco do SAAE e o da sede da APAE, apresentam um ou mais parâmetros em desacordo com a Portaria 518/2004, conforme descrito abaixo (**Tabela 7.12.2.2**):

- as águas dos poços PT-08 e PT-23 e as dos poços PT-12 e da APAE apresentaram, respectivamente, concentrações de ferro (Fe) e de manganês (Mn) acima do VMP pela Portaria 518/2004, com destaque para o poço PT-08, onde foi constatado valor de Fe sete vezes acima do permitido. Provavelmente, esse tipo de contaminação é natural, já que o aquífero Içá possui alguns níveis enriquecidos nesses elementos. A ausência de fontes contaminantes no entorno dos poços reforça a hipótese de origem natural. Para investigar melhor essa contaminação, e tentar eliminá-la, se faz necessário conhecer o perfil construtivo e geológico dos poços.

- as águas dos PT-14 e PT-15 revelaram concentrações duas vezes acima do VMP para cobalto (Co); além disso, no poço PT-14 a concentração de alumínio (Al) é pouco superior ao VMP. O Co é um micronutriente essencial ao metabolismo humano, como componente da vitamina B₁₂; porém, o consumo prolongado de águas com excesso desse metal pode desencadear graves problemas cardíacos (Selinus et al, 2005). Já o Al é neurotóxico e o consumo de águas enriquecidas nesse elemento diminui significativamente a assimilação de fosfato e de flúor pelo organismo humano, além de provocar doenças neurodegenerativas, insuficiência renal e cardiomiopatias (Cortecci, 2003; Selinus et al, 2005). A exemplo do Fe e Mn, provavelmente a contaminação por Al tem causas naturais, já que esse metal é abundante na estrutura dos minerais de argila; já contaminações por Co são raras. Há que se fazer um estudo de detalhe para rastrear as fontes contaminantes das águas desses poços, lembrando que no entorno dos mesmos foram observados entulhos e lixo.

- as águas do poço PT-12, além de contaminação por Mn e Co, apresentaram presença de coliformes e valor da cor acima do máximo permitido. Os coliformes podem estar associados à existência de fossas sanitárias instaladas de forma inadequadas nas residências próximas. De

qualquer forma, esse tipo de contaminação pode ser eliminado com a adição de hipoclorito na água a ser consumida. Já o excesso de cor na água é resultado da quantidade de material particulado (argila e areia fina) em suspensão nas águas. Tal problema normalmente é fruto de falhas na construção do poço, como disposição inadequada do pré-filtro (seixos) no espaço anelar tubos/paredes, ou colocação das seções filtrantes (tubos serrilhados) em camadas argilo-arenosas. Portanto, o poço PT-12 é o que produz águas de pior qualidade.

A partir dos resultados das análises químicas realizadas nas quinze amostras coletadas nos poços tubulares de Tefé foi elaborado um gráfico que exprime a classificação das águas com base em seus principais íons (Diagrama de Piper), o qual é apresentado na **Figura 7.12.2.11**. Como se observa, as águas subterrâneas da cidade de Tefé são predominantemente do tipo bicarbonatadas sódicas. Apenas nos poços PT-01, PT-12 e PT-14 as águas são do tipo cloretadas sódicas. Assim, apenas pelo Diagrama de Piper, não é possível discriminar os seis poços que apresentam águas com algum tipo de contaminação.

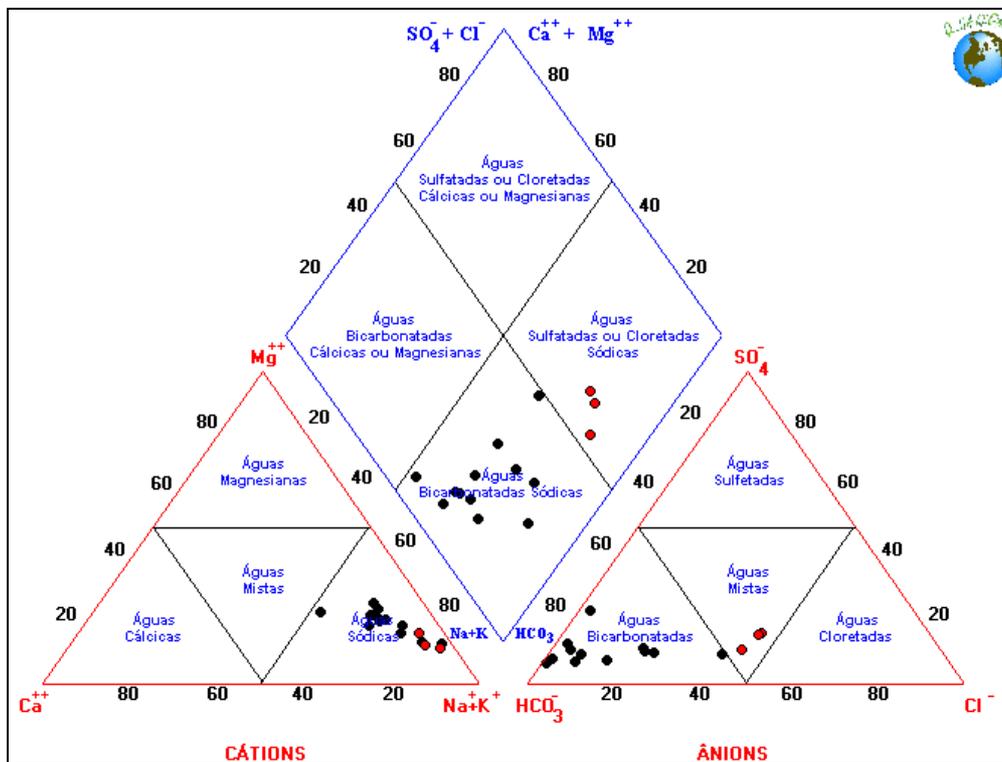


Figura 7.12.2.11 - Diagrama de Piper para as águas dos quinze poços amostrados em Tefé (em cor vermelha: poços PT-01, PT-12 e PT-14; em cor preta: os demais poços).

Em relação à quantidade de água ofertada pelo SAAE, quando se considera a necessidade média mundial de 200 litros de água por habitante por dia, verifica-se que seriam necessários 9.420 m³ de água por dia para atender à população urbana, estimada em 47.100 pessoas (vide item 6.5). Levando-se em conta a vazão dos 17 poços públicos ativos que dispõem desse dado (**Tabela 7.12.2.1**), obtém-se uma vazão média por poço de 36 m³/hora

(normal para o aquífero Içá). Desta forma, com os 21 poços em operação, com vazão média de 36 m³/hora e regime de bombeamento de 18 horas por dia, será produzido um total diário de água para consumo humano de 13.600 m³, valor bem superior ao necessário para atender toda demanda urbana, mesmo considerando as perdas do sistema.

Portanto, se os dados de vazão estiverem corretos, a quantidade de água não é problema para o abastecimento público de Tefé desde que haja interligação entre os poços, ou seja, que qualquer poço possa substituir outro no caso de problemas com as bombas.

Quanto à qualidade das águas de abastecimento, sejam as fornecidas pelo SAAE ou outros pontos de captação, verificou-se que, dos 30 poços cadastrados neste estudo, apenas seis (o poço da APAE e os poços do SAAE PT-08, PT-12, PT-14, PT-15 e PT-23) apresentaram problemas e necessitam de intervenções para que suas águas se tornem próprias para consumo humano. Caso as intervenções não produzam resultados satisfatórios em um ou mais desses seis poços, deve ser evitada a utilização de suas águas para consumo primário, destinando-as apenas para lavagens e banhos.

Com base nas observações de campo e nos resultados das análises laboratoriais, podem ser feitas as seguintes recomendações aos gestores municipais de Tefé:

- instalação de registros de água com contadores (hidrômetros) em todos os pontos de ligações cadastradas no SAAE, de modo que o usuário pague efetivamente pelo seu consumo, desestimulando, assim, os desperdícios;
- manutenção nos terrenos onde estão situados os poços públicos: corte de mato, reforma das casas de comando e instalação de muros ou cercas de proteção onde necessário;
- desativação do poço SAAE PT-12, por estar em local inadequado e produzir águas com contaminação física (cor), química (Mn e Co) e biológica (coliformes), e perfuração de um novo poço, em terreno isolado e com 100 metros de profundidade, conforme as normas técnicas recomendadas (**Anexo XXX**);
- para garantir a ausência de coliformes (qualidade microbiológica) nas águas de consumo humano, faz-se necessária a implantação do processo de cloração, seja por meio de sistema de pastilhas de cloro nos próprios poços (os que alimentam diretamente a rede de distribuição) ou por casas de cloração, que promovam a adição do cloro nas águas provenientes de reservatórios elevados;
- execução de perfilagens geofísica e ótica em todos os poços de abastecimento público. Esse procedimento permitirá conhecer os perfis construtivos (posição das seções filtrantes e dos revestimentos) e geológicos (posição das camadas argilosas e arenosas) dos poços, de modo que se possam propor soluções, com maior rigor técnico, para os problemas detectados;

- após as perfilagens, nos poços que apresentaram águas com valor mais elevado de cor (PT-15, PT-16, PT-18, PT-23 e o do APAE) deve ser feito o desenvolvimento dos mesmos: injeção de uma solução fluidificante (hexametáfosfato de sódio ou similar) e, após doze horas em repouso, injeção de água limpa e bombeamento pelo sistema *Air Lift* (compressor) até que todo material em suspensão seja eliminado;
- nos poços com concentrações elevadas de Fe, Mn, Al ou Co (PT-08, PT-14, PT-15 e PT-23 e o da APAE) deve ser realizada amostragem de metro em metro da coluna d'água, para se tentar detectar, com os resultados das análises químicas, os intervalos mais enriquecidos nesses elementos e, se possível, isolá-los. Caso o problema persista, recomenda-se que as águas desses poços, antes de sua distribuição final à população, sejam misturadas com as de poços isentos de contaminação química para promover a diluição dos teores elevados;
- devido à ausência de documentação técnica referente à construção dos poços públicos, em todos eles deverão ser feitos, com bomba submersa e por um período mínimo de 24 horas, os testes de produção que determinarão, com precisão, o nível estático, o nível dinâmico e a vazão de cada um;
- é necessária a construção de um ou dois reservatórios elevados de grande capacidade que atenda aos poços que injetam diretamente na rede, evitando com isso desgaste prematuro do conjunto moto bomba e permitindo a cloração das águas a partir da saída do reservatório;
- deve ser feita a cimentação de todos os poços do SAAE inoperantes, ou que venham a ser desativados, para evitar que os mesmos sirvam como conduto de eventuais contaminantes;
- o SAAE deve realizar, por meio de convênios com laboratórios públicos, análises físico-químicas trimestrais e bacteriológicas mensais nas águas dos poços públicos, com vistas a monitorar continuamente sua qualidade e cumprir a legislação pertinente;
- perfuração de um poço mais profundo no Hospital Regional, de acordo com as normas recomendadas no **Anexo XXX**, com objetivo de solucionar o problema de desabastecimento no mesmo, que precisa, para complementar a fraca vazão de seus dois atuais poços, recorrer ao poço da APAE, o qual produz águas com alta concentração de manganês.

Tabela 7.12.2.1 – Relação e algumas características dos poços tubulares visitados na cidade de Tefé com os valores de pH e condutividade elétrica medidos *in loco*.

Poço	Local	Situação	Ano de Perfur.	Prof. (m)	Vazão (m ³ /h)	Fontes contaminantes no entorno	Amostra	pH	CE (µS/cm)
SAAE PT-01	Rua Antídio Façanha/ Rua Diogo Torres – Bairro Juruá, sede do SAAE	Ativo	2001	84	80	Não	TF-05 (FQ + coli)	5,5	61
SAAE PT-02	Rua Brasília – Bairro Juruá	Ativo	1985	84	36	Não	TF-06 (FQ + coli)	5,8	42
SAAE PT-03	Rua Wilson Chagas – Bairro Juruá	Ativo	1990	84	30	Não	TF-07 (coli)	6,6	44
SAAE PT-04	Rua Raimundo Pires – Vila Buriti	Ativo	2001	88	35	Fossa a menos de 15 m	TF-11 (coli)	6,0	43
SAAE PT-05	Rua Raimundo Pires – Vila Buriti	Paralisado	?	88	?	Não	-	-	-
SAAE PT-06	Avenida Sostenes Afonso - Vila Buriti, Loteamento Boa Sorte	Paralisado	2000	88	80	Não	-	6,4	33
SAAE PT-07	Avenida Sostenes Afonso - Vila Buriti, Loteamento Boa Sorte	Ativo	2000	88	?	Não	TF-12 (coli)	5,8	38
SAAE PT-08	Rua da Paz/ Rua Tucano - Bairro São João	Ativo	2001	100	?	Não	TF-08 (FQ + coli)	6,0	69
SAAE PT-09	Rua Bem-te-vi/ Rua Moacir Gama – Bairro São João	Ativo	2001	100	55	Não	TF-09 (FQ + coli)	5,9	57
SAAE PT-10	Rua Moacir Gama/ Rua Tucano – Bairro São João	Desativado	?	100	?	Não	-	-	-
SAAE PT-11	Rua Amazonas/ Rua Moacir Gama – Bairro São João	Paralisado	?	100	?	Não	-	-	-
SAAE PT-12	Rua Beira Mar – Bairro Abial	Ativo	2004	60	30	Campo de futebol no local.	TF-22 (FQ + coli)	5,1	58
SAAE PT-13	Rua Porto Alegre – Bairro Abial	Ativo	2004	100	36	Não	-	5,5	39
SAAE PT-14	Rua Cristóvão Colombo – Bairro Abial	Ativo	2004	60	33	Lixo no local	TF-21 (FQ + coli)	5,0	62
SAAE PT-15	Rua 13 de Maio/ Rua Marechal Deodoro – Centro	Ativo	2004	48	25	Entulhos (pedaços de madeira, cerâmica, tijolos, etc.) no local.	TF-17 (FQ)	5,6	77

CE: Condutividade Elétrica; FQ: Amostra coletada para análises físico-químicas; Coli: Amostra coletada para teste de coliformes totais

Tabela 7.12.2.1 – Relação e algumas características dos poços tubulares visitados na cidade de Tefé com os valores de pH e condutividade elétrica medidos *in loco* (cont.)

Poço	Local	Situação	Ano de Perfuf.	Prof. (m)	Vazão (m ³ /h)	Fontes contaminantes no entorno	Amostra	pH	CE (µS/cm)
SAAE PT-16	Rua São João – Bairro Santo Antônio	Ativo	1994	36	36	Não	TF-16 (FQ + coli)	5,8	42
SAAE PT-17	Rua São Cristóvão/ Avenida Tiradentes – Bairro Santa Luzia	Ativo	1989	42	55	Não	TF-13 (FQ + coli)	5,8	35
SAAE PT-18	Rua Espírito Santo – Bairro Santa Luzia	Ativo	2004	36	38	Não	TF-15 (FQ + coli)	5,7	31
SAAE PT-20	Rua Vitória – Bairro Santo Antônio	Ativo	1996	36	26	Lixo e fossa a menos de 20m.	TF-18 (FQ)	5,7	54
SAAE PT-21	Rua Bom Jesus - Bairro Jerusalém	Ativo	2000	48	18	Não	-	6,0	34
SAAE PT-22	Rua Bom Jardim - Bairro São João	Ativo	1998	52	33	Fossa a 10m.	TF-10 (FQ + coli)	6,1	51
SAAE PT-23	Rua Ipameni - Bairro Santa Teresa	Ativo	1998	60	18	Não	TF-19 (FQ)	5,8	41
SAAE PT-24	Rua Antônio Lisboa - Bairro São Raimundo	Ativo	1999	56	33	Não	-	5,8	29
SAAE PT-26	Rua Alvorada – Bairro Nossa Senhora de Fátima	Ativo	2004	48	?	Não	TF-14 (FQ + coli)	5,2	16
SAAE s/nº	Rua Isaura Gama – Bairro São José	Ativo	2007	?	?	Não	-	6,0	37
Hospital Regional Poço 1	Estrada do Bexiga/ Rua Beija-Flor – Bairro Fonte Boa	Ativo	2008	60	?	Tubo quebrado abaixo da tampa	-	6,1	82
Hospital Regional Poço 2	Estrada do Bexiga/ Rua Beija-Flor – Bairro Fonte Boa	Ativo	2004	66	?	Não	-	5,4	19
APAE - comunitário	Rua Beija-Flor – Bairro Fonte Boa	Ativo	2005	60	?	Não	TF-20 (FQ)	6,1	72
Colônia Ventura – comunitário	Rua Dorval Barros (antiga Rua Castanheiras), Bairro Abial	Ativo	?	?	?	Não	-	5,7	22
Centro Municipal de Saúde	Rua Copacabana, Bairro Abial (Anexo Escola Municipal Santa Tereza)	Ativo	1998	60	?	Não	-	5,4	39

CE: Condutividade Elétrica; FQ: Amostra coletada para análises físico-químicas; Coli: Amostra coletada para teste de coliformes totais

Tabela 7.12.2.2 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas nas águas coletadas nos poços tubulares de Tefé

Amostra (Poço)	Coliformes Totais	Turbidez FTU	Cor (mgPt/L)	Alcalinidade (mgHCO ₃ ⁻ /L)	DQO (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ⁼ (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)
TF-05 (PT-01)	Ausência	0,0	6,7	11,0	0,7	2,38	< LD	6,13	1,77	8,09	3,30
TF-06 (PT-02)	Ausência	0,0	8,2	15,3	4,6	0,42	< LD	2,64	1,71	4,66	3,44
TF-07 (PT-03)	Ausência	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
TF-08 (PT-08)	Ausência	0,8	7,5	33,6	1,3	0,02	< LD	1,57	1,66	7,31	3,64
TF-09 (PT-09)	Ausência	0,0	1,5	29,3	0,7	0,04	< LD	3,02	1,66	6,70	3,72
TF-10 (PT-22)	Ausência	1,3	2,2	30,5	1,3	0,04	< LD	0,18	1,71	5,87	3,43
TF-11 (PT-04)	Ausência	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
TF-12 (PT-07)	Ausência	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
TF-13 (PT-17)	Ausência	0,0	7,5	19,5	1,3	0,27	< LD	0,49	1,66	3,24	4,17
TF-14 (PT-26)	Ausência	0,3	6,7	7,3	0,7	0,09	< LD	< LD	1,71	0,87	2,24
TF-15 (PT-18)	Ausência	0,0	11,2	17,7	2,0	0,10	< LD	3,67	1,71	3,58	3,15
TF-16 (PT-16)	Ausência	0,0	14,2	22,0	5,9	0,27	< LD	1,05	1,60	4,16	3,62
TF-17 (PT-15)	ND	0,0	9,0	14,0	4,0	0,15	< LD	6,29	1,66	7,57	4,48
TF-18 (PT-20)	ND	0,0	8,2	20,1	1,3	0,86	< LD	3,57	2,06	5,67	3,88
TF-19 (PT-23)	ND	0,8	9,0	19,5	17,2	0,07	< LD	0,27	2,01	3,33	3,68
TF-20 (APAE)	ND	0,0	11,2	43,3	0,7	0,20	< LD	< LD	1,83	7,59	2,39
TF-21(PT-14)	Ausência	0,0	6,7	6,1	1,3	3,02	< LD	4,04	1,77	5,36	4,06
TF-22 (PT-12)	Presença	0,0	18,7	6,1	0,7	0,10	< LD	4,16	1,83	5,41	3,81

Valores de Referência

Portaria MS 518/2004	Ausência	< 5,0	< 15,0	-	-	< 10,0	< 1,5	< 250,0	< 250,0	< 200,0	-
-----------------------------	----------	-------	--------	---	---	--------	-------	---------	---------	---------	---

DQO – Demanda Química de Oxigênio; ND – Não determinado; LD – Limite de detecção.

Obs.: Destacam-se em vermelho os parâmetros em desacordo com a Portaria MS 518/2004

Tabela 7.12.2.2 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas nas águas coletadas nos poços tubulares de Tefé (cont.)

Amostra (Poço)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	Si (mg/L)	Al (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (µg/L)	Ba (µg/L)	Cr (µg/L)	Co (µg/L)	Li (µg/L)	Zn (µg/L)
TF-05 (PT-01)	0,26	0,62	< LD	11,9	0,03	0,16	40	140	< LD	< LD	4	42
TF-06 (PT-02)	0,75	0,71	0,5	19,4	< LD	0,13	14	39	4	< LD	6	42
TF-08 (PT-08)	1,76	1,63	1,8	25,1	< LD	2,10	66	56	< LD	< LD	7	64
TF-09 (PT-09)	1,48	1,45	1,3	22,3	< LD	0,14	19	76	< LD	< LD	6	58
TF-10 (PT-22)	1,20	1,65	3,1	23,2	< LD	0,16	21	59	< LD	< LD	7	24
TF-13 (PT-17)	0,54	0,70	0,5	16,9	< LD	0,01	30	123	3	< LD	3	22
TF-14 (PT-26)	0,04	0,15	< LD	10,1	0,01	0,01	12	48	< LD	< LD	2	< LD
TF-15 (PT-18)	0,36	0,43	< LD	17,0	< LD	0,01	10	77	3	< LD	3	81
TF-16 (PT-16)	0,87	0,93	2,2	19,9	< LD	0,08	28	104	3	< LD	5	57
TF-17 (PT-15)	1,62	1,52	3,6	17,4	0,14	< LD	81	291	4	12	5	84
TF-18 (PT-20)	1,67	1,10	1,8	20,9	< LD	< LD	14	136	6	3	5	57
TF-19 (PT-23)	0,80	1,01	1,3	21,3	< LD	1,04	46	89	4	4	6	113
TF-20 (APAE)	3,70	1,98	5,3	29,3	< LD	0,18	156	56	< LD	< LD	18	< LD
TF-21 (PT-14)	0,57	0,64	0,5	12,1	0,25	0,01	66	341	3	10	3	85
TF-22 (PT-12)	0,44	0,76	< LD	12,2	0,06	0,01	109	315	3	13	2	57

Valores de Referência

Portaria MS 518/2004	-	-	< 500,0	-	< 0,2	< 0,3	< 100	< 700	< 50	< 5	-	< 5000
----------------------	---	---	---------	---	-------	-------	-------	-------	------	-----	---	--------

LD – Limite de Detecção. Também foram analisados As, B, Be, Cd, Cu, Mo, Ni, Pb, Se, Sn, Ti e V, porém todos os valores encontrados para esses elementos estão abaixo de seus LD's
 Obs.: Destacam-se em vermelho os parâmetros em desacordo com a Portaria MS 518/2004

7.12.3 Avaliação da disposição final dos resíduos sólidos

Desde o ano de 2005 o município de Tefé enfrenta um problema crônico com o destino final dado aos resíduos sólidos coletados pelo serviço de limpeza pública. Por ser a cidade mais populosa da região do alto Solimões, a geração de resíduos sólidos domésticos também é a maior da região. Causa ou consequência do seu porte, o município abriga uma das maiores bases militares da Amazônia e o seu aeroporto é um dos dois únicos na região capaz de operar por instrumentos e receber voos noturnos. Devido ao grande número de voos (comparado aos demais aeroportos municipais) e à quantidade significativa de lixo gerado na cidade, o aeroporto e o depósito de resíduos sólidos (DRS) municipal são instalações que não podem estar próximas uma da outra, pois a presença de urubus e outra aves, atraídas pelos resíduos orgânicos, representa risco à segurança dos voos.

Em operação desde 2005, o DRS de Tefé está situado a cerca de 3 km, no sentido sudoeste, do centro da pista do aeroporto local, enquanto a Resolução CONAMA 04/95 estabelece um raio mínimo de 20 km para esse tipo de aeroporto (**Anexo XXIX**). Este já é o segundo DRS nessa mesma região, sendo que o primeiro se localizava ainda mais perto da pista, a apenas 2 km de distância. Em meados de 2005, a INFRAERO entrou com uma representação no Ministério Público solicitando a imediata paralisação do descarte de lixo neste último local, o que ocasionou sua desativação e a interrupção dos serviços de coleta dos resíduos sólidos por algumas semanas, os quais foram retomados quando se decidiu utilizar como destino final do lixo o atual DRS.

Realmente, a falta de acesso a determinadas áreas do município e a alta densidade de drenagens presentes na região dificultam a seleção de uma área que atenda a todos os requisitos estabelecidos pelas normas e resoluções pertinentes para implantação de DRS (ABNT NBR's 10157/87 e 13896/97; Resolução CONAMA 04/95). Desta forma, com intuito de solucionar o problema, em agosto de 2005 a Prefeitura de Tefé solicitou a CPRM – Serviço Geológico do Brasil a elaboração de proposta para seleção de áreas com potencial natural para instalação de um aterro sanitário. Para angariar subsídios técnicos para melhor elaborar a proposta, um técnico da CPRM visitou a cidade de Tefé e fez uma avaliação preliminar de duas áreas indicadas pela própria administração municipal, sem nenhum parecer conclusivo, já que os estudos foram insuficientes. Assim, o técnico elaborou um breve relatório de campo, com comentários sobre as áreas visitadas e apresentação de proposta de detalhamento dos estudos dessas duas áreas e de outras (CPRM, 2005b). Porém, a Prefeitura de Tefé não mais procurou a CPRM e passou a descartar os resíduos coletados pelo serviço de limpeza pública no atual DRS, que, como já foi dito, infringe as normas de segurança aeroportuária.

O DRS em operação em Tefé está localizado a 4,5 km do centro da cidade, num ramal da estrada da Agrovila (ramal do Repartimento), na coordenada S 03°24'37,3" e W 64°43'51,2", na bacia do igarapé Repartimento (**Anexo XXIX**). O acesso ao local é todo asfaltado, permitindo o tráfego de caminhões pesados. Segundo o então secretário de meio ambiente de

Tefé, Sr. Carlos José, o DRS deveria ser desativado num prazo de 120 dias (a partir de novembro de 2008), pelo motivo já exposto anteriormente (proximidade com o aeroporto).

De acordo com o secretário, o sistema de coleta pública recolhe e deposita diariamente no local cerca de 60 m³ de resíduos sólidos. Como se verificou *in loco*, esse material é depositado em valas, de 2,5 m de profundidade, e recebe frequentemente uma cobertura de argila, o que permite caracterizar o DRS de Tefé como aterro semi-controlado (**Foto 7.12.3.1**). Os resíduos hospitalares também são recolhidos pela prefeitura e os que apresentam riscos de contaminação biológica, conforme estabelecido pela norma NBR 10004 de classificação de resíduos sólidos, são acondicionados em *bunkers* de cimento.

O terreno onde está instalado o aterro semi-controlado de Tefé é plano em sua maior parte e possui cerca de 5,0 ha. A área é toda cercada e há um portão de acesso para restringir a entrada de pessoas e animais. Durante os trabalhos de campo foi observada a presença de catadores de lixo no local, os quais constituíram uma cooperativa com permissão e apoio da administração municipal (**Foto 7.12.3.2**). Nos fundos do terreno, num local em que ainda não foi depositado lixo, existe um suave rebaixamento na topografia, onde o acúmulo de águas pluviais formou um pequeno lago. Ao redor de todo terreno do DRS a vegetação é secundária (capoeira).



Foto 7.12.3.1 – Vista de uma das valas do aterro sanitário semi-controlado de Tefé.



Foto 7.12.3.2 – Presença de catadores de lixo no aterro semi-controlado de Tefé

Seguindo a recomendação dada pela CPRM em fevereiro de 2007, em atendimento à solicitação do IPAAM para escolha de locais para a construção de poços de monitoramento no entorno do aterro, foram perfurados quatro poços, todos com 30 m de profundidade, com a finalidade de monitorar o nível d'água local e a existência de contaminação das águas subterrâneas (CPRM, 2007b). Neste estudo, para avaliar a eventual contaminação química do lençol freático, foram coletadas três amostras de água de cada um dos quatro poços de monitoramento (PM 1, PM 2, PM 3 e PM 4): uma para determinação *in loco* dos valores de pH e condutividade elétrica, e as outras duas para análises físico-químicas laboratoriais.

Os resultados das determinações *in loco* mostram que apenas as águas do poço PM 2 apresentam valor de condutividade elétrica (135 $\mu\text{S}/\text{cm}$) acima do que é considerado normal para a região (**Tabela 7.12.3.1**). Porém, para este mesmo poço, os laudos de laboratório revelam concentrações de ferro (4,0 mg/l) e chumbo (0,02 mg/l) superiores ao estabelecido pela legislação (Portaria 518/2004) e valores de sódio (21,2 mg/l) e cloreto (25,4 mg/l) muito acima daqueles normalmente encontrados em águas subterrâneas da região. Além disso, o poço PM 1 apresentou em suas águas concentrações de alumínio (0,32 mg/l) e ferro (6,4 mg/l) superiores aos valores máximos permitidos (**Anexo V – Tabela 4**).

As constatações acima evidenciam a contaminação das águas subterrâneas no entorno do aterro semi-controlado de Tefé, resultante dos resíduos líquidos (chorume) produzidos no interior desse aterro. Os demais parâmetros analisados, inclusive nos poços PM 3 e PM 4, apresentaram valores normais para as águas da região, indicando que a pluma de contaminação química está caminhando no sentido dos poços PM 01 e 02.

Tabela 7.12.3.1 – Resultados das análises físico-químicas realizadas *in loco* nas águas dos poços de monitoramento do aterro semi-controlado de Tefé

Poço	Nível d'água (m)	Conduct. Elétrica (µS/cm)	pH	Amostra
PM 1	9,9	33	5,4	TFF-01 PM1
PM 2	9,3	135	5,3	TFF-01 PM2
PM 3	4,8	32	5,7	TFF-01 PM3
PM 4	7,1	20	5,3	TFF-01 PM4
Valores de Referência*	-	20 - 50	4,5 - 6,0	-

*Valores de referência estabelecidos por meio de estudos anteriores feitos na região; destaca-se em vermelho valor acima do de referência adotado.

O nível d'água medido nos poços tem como base a superfície do terreno, que é algo irregular; por isso, os valores oscilaram entre 4,8 e 9,9 m de profundidade (**Tabela 7.12.3.1**). Como neste estudo não foi realizada nenhuma perfuração no local, com auxílio do perfil da sondagem a trado realizada no limite sul da área do aterro, no local mais rebaixado do terreno, em fevereiro de 2007 (CPRM, 2007b), o substrato do DRS pode ser caracterizado como essencialmente argiloso a argiloarenoso até os 6,0 m de profundidade (**Tabela 7.12.3.2**).

Tabela 7.12.3.2 – Perfil do solo atravessado por sondagem a trado realizada em 2007 na parte mais baixa do terreno do DRS de Tefé (CPRM, 2007b)

0,0 m – 0,6 m	Argila cinza-escura a preta, semi-plástica
0,6 m – 2,0 m	Argila mosqueada, creme/rósea/avermelhada
2,0 m – 2,3 m	Argila arenosa, alaranjada/amarronzada
2,3 m – 2,6 m	Argila arenosa amarelada
2,6 m – 4,0 m	Argila semi-plástica, creme/rósea/esbranquiçada
4,10 m	Nível d'água
4,0 m – 6,0 m	Argila semi-plástica , mosqueada, alaranjada/rósea

O então secretário de meio ambiente de Tefé informou que o município já dispõe de uma área ampla para implantação de seu aterro sanitário no km 6 da estrada da EMADE. Tendo em sua entrada a coordenada S 03°26'47,0" e W 64°41'25,0", a área fica a cerca de 11 km em linha reta do centro da cidade, e a 7 km do aeroporto (**Anexo XXIX**).

Segundo afirmou o secretário, a área foi selecionada pelo IPAAM – Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas, e, embora não tenha sido feita nenhuma investigação direta (sondagem) para caracterização do meio físico e verificação da adequabilidade do terreno em abrigar um aterro sanitário, a licença ambiental já havia sido concedida pelo próprio IPAAM e

referendada pela INFRAERO. O início das operações neste aterro, cujas obras de infraestrutura já haviam sido iniciadas, mediante financiamento conseguido pela administração municipal, estava prevista para o início de abril de 2009 e a estimativa era para 20 anos de uso, de acordo com o projeto **(Foto 7.12.3.3)**.



Foto 7.12.3.3 – Entrada da área onde estava sendo construído o aterro sanitário de Tefé.

O terreno selecionado para a construção do aterro sanitário de Tefé possui uma área útil total de 100 ha, que seriam usados gradativamente. A princípio, seriam utilizados 10 ha, correspondentes a uma faixa de 500 m de frente por 200 m de fundo, afastados 500 m da estrada, e assim sucessivamente, até todo o terreno ser ocupado **(Figura 7.12.3.1)**.

A topografia da área é plana, sem desníveis significativos, e o terreno ainda estava recoberto por mata nativa, com apenas algumas clareiras provocadas por extração de madeira. Na época dos trabalhos de campo, as obras estavam recém-iniciadas, com a via de acesso entre a estrada da EMADE e a primeira área a ser utilizada ainda sendo aberta **(Figura 7.12.3.1 e Foto 7.12.3.4)**.

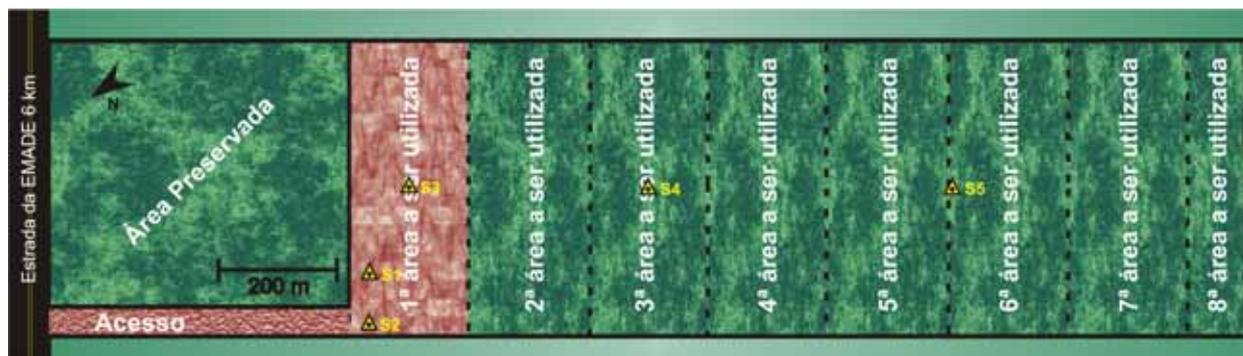


Figura 7.12.3.1 – Croqui esquemático da divisão do terreno onde se pretendia construir o aterro sanitário de Tefé com a localização das sondagens realizadas neste estudo.



Foto 7.12.3.4 – Acesso incompleto entre a estrada da EMADE e a primeira área que seria utilizada para a abertura das valas do aterro sanitário de Tefé (ao fundo).

Embora as obras de infraestrutura já estivessem em andamento e a licença ambiental concedida, como ainda não havia sido realizada nenhuma investigação direta do subsolo no local, a equipe técnica resolveu executar algumas sondagens a trado, ao longo do terreno, com objetivo de caracterizar a composição granulométrica do solo e determinar o nível d'água local, dois parâmetros fundamentais na seleção de uma área a ser utilizada como DRS.

A primeira sondagem (TFF-02 S1) foi realizada na 1ª área que seria utilizada para a abertura das valas que receberiam os resíduos sólidos, na coordenada S 03°27'02,6" e W 64°41'30,6" (**Figura 7.12.3.1**). A perfuração atingiu o nível d'água com apenas 0,7 m de profundidade, ou seja, sub-aflorante, apesar do solo ser superficialmente argiloso. Por esse motivo, a sondagem foi paralisada e outro local escolhido para perfuração.

A segunda sondagem (TFF-02 S2) foi executada na coordenada S 03°27'00,3" e W 64°41'34,7", na extremidade noroeste da 1ª área a ser utilizada para abertura das valas (**Figura 7.12.3.1**). No local, o nível d'água aflorou aos 4,5 m de profundidade, porém estabilizou-se em 0,8 m, sendo que nesta parte do terreno o solo é francamente arenoso até os 0,6 m e, a partir daí, até o final da perfuração (4,5 m), predominantemente argiloarenoso (**Tabela 7.12.3.3**).

Tabela 7.12.3.3 – Perfil de solo atravessado pela sondagem TFF-02 S2 realizada na área onde se pretendia construir o aterro sanitário de Tefé

0,0 m – 0,6 m	Areia cinza
0,6 m – 1,5 m	Argila arenosa cinza
0,8 m	Nível d'água
1,5 m – 4,5 m	Argila arenosa cinza (mais arenosa)

Como o nível d'água observado nos dois locais perfurados foi muito superficial, a ponto de inviabilizar a implantação do aterro sanitário, foram realizadas outras três sondagens (TFF-02 S3, S4 e S5) numa linha paralela à dimensão maior do terreno, com objetivo de conhecer melhor a área, e investigar a existência de algum local onde o lençol freático estivesse mais profundo, condição própria para construção do aterro.

A sondagem TFF-02 S3 foi locada no centro da 1ª área a ser utilizada para abertura das valas, na coordenada S 03°27'09,1" e W 64°41'29,8" (**Figura 7.12.3.1**). Devido a problemas com hastes do trado, a perfuração foi paralisada aos 5,0 m de profundidade, ainda sem a presença de água, para que fosse retomada no próximo dia. Porém, no dia seguinte, o nível d'água no poço já estava aflorando a 4,0 m de profundidade. Desta maneira, a sondagem não teve prosseguimento. De acordo com a análise tátil e visual do material perfurado, neste ponto o solo é francamente argiloso até os 5,0 m de profundidade (**Tabela 7.12.3.4**).

Tabela 7.12.3.4 – Perfil de solo atravessado pela sondagem TFF-02 S3 realizada na área onde se pretendia construir o aterro sanitário de Tefé

0,0 m – 0,6 m	Argila orgânica cinza escura
0,6 m – 1,0 m	Argila plástica cinza alaranjada
4,0 m	Nível d'água
1,0 m – 5,0 m	Argila plástica cinza avermelhada

A sondagem TFF-02 S4 foi executada a 400 m da anterior, no sentido sudoeste, na coordenada S 03°27'19,0" e W 64°41'34,3", aproximadamente no centro do terreno (**Figura 7.12.3.1**). Neste ponto, a perfuração atingiu o nível d'água aos 2,5 m, o qual, após

poucos minutos, estabilizou-se em 1,2 m de profundidade. O solo é superficialmente arenoso, até 0,5 m; daí até 2,5 m de profundidade é essencialmente argiloso, sendo que até 1,0 m a argila é bem consolidada e resistente ao trado (**Tabela 7.12.3.5**).

Tabela 7.12.3.5 – Perfil de solo atravessado pela sondagem TFF-02 S4, realizada na área onde se pretendia construir o aterro sanitário de Tefé

0,0 m – 0,5 m	Areia cinza
0,5 m – 1,0 m	Argila cinza branca amarelada (consolidada)
1,2 m	Nível d'água
1,0 m – 2,5 m	Argila plástica cinza

Por fim, no mesmo alinhamento das sondagens S3 e S4, 500 m a partir da S4 no sentido sudoeste, na coordenada S 03°27'33,7" e W 64°41'46,6", foi realizada a sondagem TFF-02 S5 (**Figura 7.12.3.1** e **Foto 7.12.3.5**). Este ponto está a cerca de 500 m do limite sudoeste do terreno (fundos). O nível d'água no local foi alcançado aos 2,0 m de profundidade e, após alguns minutos, estabilizou-se em 1,3 m. O solo é arenoso até 0,5 m e, a partir desta profundidade, até os 2,0 m, predominantemente argiloso (**Tabela 7.12.3.6**).

Os resultados de cinco sondagens, realizadas em diversos pontos do terreno onde se pretende construir o aterro sanitário de Tefé, revelam que o lençol freático no local é muito superficial, sub-aflorante em alguns casos. Há que se considerar ainda que as observações foram feitas no final do período da estiagem na região (novembro), quando as águas subterrâneas estão em seu nível mais rebaixado. Desta forma, no período chuvoso, o lençol freático deverá ser mais superficial ainda e atingir, em diversos pontos, o próprio nível do terreno. De fato, segundo afirmação do Sr. Aldenio Peres, morador das imediações, na época das chuvas (dezembro a maio) o terreno se torna totalmente alagadiço.

Tabela 7.12.3.6 – Perfil de solo atravessado pela sondagem TFF-02 S5 realizada na área onde se pretendia construir o aterro sanitário de Tefé

0,0 m – 0,5 m	Areia cinza
0,5 m – 1,0 m	Argila cinza alaranjada
1,3 m	Nível d'água
1,0 m – 2,0 m	Argila cinza avermelhada



Foto 7.12.3.5 – Sondagem S5 realizada entre a sondagem S4 e os fundos do terreno onde se pretende implantar o aterro sanitário de Tefé.

Por tudo exposto acima, pode-se afirmar que o atual aterro semi-controlado de Tefé atende aos principais requisitos estabelecidos pelas normas técnicas (ABNT NBR's 10157/87 e 13896/97) e apresenta boas condições operacionais. Porém, análises da água subterrânea de dois poços de monitoramento revelaram existência de pluma de contaminação gerada pela decomposição dos resíduos depositados nesse aterro. Confrontando a disposição dos poços de monitoramento instalados no aterro, os valores obtidos nas análises laboratoriais e a topografia do terreno observada, infere-se que a direção do fluxo da água subterrânea esteja para noroeste, ou seja, a pluma de contaminação deve seguir nessa direção.

Além disso, a proximidade do aterro com o aeroporto da cidade infringe a Resolução CONAMA 004/95, que estabelece como Área de Segurança Aeroportuária – ASA, no caso do aeroporto de Tefé, um raio de 20 km. Nesse raio não se permite a instalação de DRS, pelo fato de os mesmos serem focos de atração de aves e, desta forma, proporcionar riscos à navegação aérea.

Em relação aos resíduos hospitalares, a forma com que estão sendo destinados também é inadequada, tendo em vista que apenas o armazenamento não elimina o risco. Essa afirmação tem por base as resoluções CONAMA 05/93 e 283/01, que definem os procedimentos mínimos para o gerenciamento desse tipo de resíduo. Além disso, a necessidade de se esperar o *bunker* com resíduos hospitalares ser preenchido, para somente depois ser selado, gera uma fonte com risco iminente de contaminação de animais e seres humanos.

Por ser a questão da destinação dos resíduos sólidos um problema antigo, notório e de ampla repercussão em Tefé, na ocasião dos trabalhos de campo, a administração municipal já

havia entrado em acordo com a INFRAERO e IPAAM e selecionado uma área para implantação do futuro aterro sanitário a partir da desativação do atual. A previsão era que o novo aterro estivesse em operação no mês de abril de 2009. Porém, embora o terreno nessa área seja suportado por solo essencialmente argiloso, ideal para substratos de aterros sanitários, sondagens realizadas por este estudo em vários pontos do terreno mostram que o lençol freático é sub-aflorante. Como as sondagens foram feitas no auge da estiagem da região, é muito provável que no período chuvoso o lençol freático seja ainda mais superficial, fazendo com que a área se transforme num “alagado”.

Deste modo, fica evidente a desfavorabilidade dessa área para ser utilizada como local de implantação do aterro sanitário de Tefé, tendo em vista que as escavações para abertura das valas seriam rapidamente inundadas. Para resolver o problema das alagações poderia se pensar em obras de engenharia que rebaixassem o lençol freático e fizessem com que ele permanecesse estabilizado abaixo da base das valas. Porém, o custo dessa obra seria extremamente oneroso para um empreendimento do porte do aterro sanitário em questão.

Infelizmente, o processo de implantação do aterro sanitário de Tefé se desenrolou em uma sequência inversa ao que manda a lógica: primeiro, a área foi escolhida sem nenhum estudo técnico prévio; depois, se conseguiu a licença ambiental e o financiamento para o início das obras, e somente aí, com as obras já iniciadas, é que se constatou a inadequabilidade da área para servir de suporte à construção do aterro sanitário.

Com base nos dados observados, coletados e analisados neste estudo podem ser feitas as seguintes recomendações:

- Interrupção das obras já iniciadas na área onde se pretendia implantar o aterro sanitário de Tefé (esta recomendação foi feita pessoalmente, ao final dos trabalhos de campo, ao então secretário de meio ambiente municipal).
- Investigação de outras áreas, inclusive as já indicadas pelo estudo realizado pela CPRM em 2005, que atendam às normas técnicas para implantação e operação de aterros sanitários (ABNT NBR's 10157/87 e 13896/97).
- Realização do levantamento topográfico detalhado da área do atual aterro e, aliado com as profundidades do nível d'água medidas nos poços de monitoramento, elaboração de um mapa potenciométrico para determinar a direção do fluxo da água subterrânea, ou seja, a direção para onde segue a pluma de contaminação.
- Construção de outros dois poços de monitoramento na área do atual aterro, a jusante de cada poço que apresentou parâmetros indicativos de águas contaminadas (PM 1 e PM 2), com objetivo de conhecer a extensão da pluma de contaminação. (A abertura desses poços pode ser substituída inicialmente por levantamentos geofísicos eletrorresistivos, com utilização do método de caminhamento elétrico, com uma malha

- de perfis horizontais espaçados de forma regular, a jusante dos poços PM 1 e PM 2. Esta é uma forma de investigação indireta que pode delimitar mais precisamente a pluma de contaminação de maneira menos onerosa, para, a partir daí, indicar o(s) alvo(s) da investigação direta, visando à confirmação da pluma.
- Execução trimestral de amostragens e análises da água subterrânea de todos os poços de monitoramento, com vista a acompanhar a evolução da pluma de contaminação no entorno do aterro.
- Aquisição de equipamentos capazes de eliminar os riscos biológicos dos resíduos hospitalares, de modo a transformá-los em resíduos comuns.

7.12.4 Áreas de Risco

Na cidade de Tefé os principais fatores de risco geológico encontrados estão associados, direta ou indiretamente, à dinâmica do rio Solimões. Localizada às margens do lago de Tefé, corpo d'água formado pela barragem natural da foz do rio Tefé, a sede municipal tem como principais fatores de riscos geológicos, as enchentes, associadas à sazonalidade do nível das águas do rio Solimões, que represa e aumenta o nível do lago, e a inclinação elevada dos taludes (barrancos) às margens do lago, que favorece a ocorrência de eventos erosivos do tipo escorregamento/desmoroamento. O substrato geológico nas áreas visitadas é composto basicamente por argilas e areias da Formação Içá com espessura aflorante, em barrancos fluviais, superior a 12 m.

Seguindo as indicações das áreas de risco geológico na zona urbana, com orientação do então Secretário Municipal de Meio Ambiente, a equipe da CPRM realizou visita técnica em nove áreas distintas, onde foram observados locais suscetíveis à inundação, escorregamentos/desmoroamento ou ambos associados, os quais estão descritos a seguir e podem ser visualizados no **Anexo XXVIII**.

Áreas sob risco de alagamentos

- **Margem esquerda do Igarapé Xidarini**

Ao longo da margem esquerda do igarapé Xidarini, desde sua foz no lago de Tefé até as proximidades da coordenada geográfica S 03°21'03,6" e W 64°42'10,8", numa extensão de cerca de 700 metros, existem centenas de instalações residenciais e comerciais assentadas em uma área rebaixada, que constantemente sofre a ação das cheias (**Foto 7.12.4.1**). Embora essas instalações já sejam construídas com o assoalho alguns metros acima do solo (palafitas), com a intenção de evitar inundações, no período das cheias (maio a julho), dependendo da magnitude destas, as propriedades correm o sério risco de serem alagadas (**Foto 7.12.4.2**).



Foto 7.12.4.1 – Centenas de palafitas instaladas na margem esquerda do igarapé Xidarini sujeitas a alagamentos no período das cheias de grande magnitude.



Foto 7.12.4.2 – Casas com o assoalho elevado em relação ao solo para evitar inundações (palafitas) na margem esquerda do igarapé Xidarini.

- **Rua Nazaré – Bairro Jerusalém**

Na lateral desta rua, no entorno da coordenada geográfica S 03°21'29,1" e W 64°43'16,6", foi observada a existência de aproximadamente 20 residências (barracos de madeira) assentadas ao longo de um pequeno curso d'água (**Figura 7.12.4.1**), afluente do igarapé Xidarini, que cruza os bairros Jerusalém e Nova Esperança. Segundo informações dos moradores, nos períodos de cheia muitas vezes as águas desse igarapé se elevam até a altura das janelas das casas. Desta forma, todas estas residências se encontram sob risco elevado de inundação.



Figura 7.12.4.1 – Vistas de curso d'água com as margens, e o próprio leito, ocupados por residências na Rua Nazaré, no bairro Jerusalém, sujeitas a alagamentos periódicos.

- **Rua Emaús, na altura do número 169**

A menos de 1 km a norte do local anterior, no bairro Nova Esperança, no entorno da coordenada geográfica S 03°21'04,6" e W 64°43'17,1", cerca de 40 a 50 residências (barracos de madeira) são também afetadas periodicamente pela elevação do nível das águas do igarapé (sem nome) que cruza a Rua Emaús (**Foto 7.12.4.3**). Trata-se de uma drenagem intermitente, que tem o fluxo d'água corrente apenas nos períodos de cheia ou chuvosos. Nas demais ocasiões, o fluxo aquoso é decorrente apenas do despejo de esgoto doméstico. Pelas características da drenagem, o risco de alagamento nesse local pode ser considerado de médio a baixo.



Foto 7.12.4.3 – Pequena drenagem observada ao longo da rua Emaús com inúmeras residências instaladas em seu leito e margens

Áreas Sujeitas a Escorregamentos

- **Rua Copacabana**

Localizada no bairro Abial, paralela e junto a uma encosta íngreme do lago de Tefé, a rua Copacabana, em quase toda sua extensão, está sujeita aos fenômenos naturais de escorregamento/desmoronamento de terras. Para este estudo, ela foi dividida em três setores, de acordo com a intensidade do risco observado (**Anexo XXVIII**): um setor com alto risco de desabamento de 15 moradias em um trecho com cerca de 250m de extensão - desde a esquina da rua Beira-Mar até o ponto de coordenada S 03°20'36,5" e W 64°41'34,6" (**Foto 7.12.4.4**); dois setores com risco médio: o primeiro que se inicia no final do trecho anterior e se estende até a fábrica de gelo situada na coordenada S 03°20'30,4" e W 64°41'41,7", com 5 moradias ao longo de pouco mais de 200m de extensão, e o segundo entre as coordenadas geográficas S 03°20'33,5" / W 64°41'48,4" e S 03°20'33,0" / W 64°41'52,7", com 15 instalações residenciais e comerciais adensadas num trecho de 150m.

Os riscos geológicos na rua Copacabana estão associados à elevada inclinação da encosta do lago e à composição do perfil vertical do solo, que é formado por areia pouco consolidada na base e argila arenosa no topo. Tal configuração pode provocar a instabilidade e a perda de resistência da encosta, pois a areia presente na base do talude está completamente exposta e suscetível às variações do nível da água do lago, podendo ser facilmente desagregada. Desta forma, todo o pacote superior a esta camada arenosa estará sujeito à

ruptura, por falta de sustentação na base, com consequente desabamento das moradias assentadas sobre ele.

A gradação entre as intensidades de risco ocorre em função da inclinação e da altura da encosta, que tem cerca de 15m e é bem íngreme no setor de alto risco (**Foto 7.12.4.5**), e cerca de 5 a 6 m, com menor declividade, nos setores de risco médio (**Foto 7.12.4.6**).



Foto 7.12.4.4 – Moradia na rua Copacabana construída muito próxima a encosta íngreme e sob alto risco de desmoronamento



Foto 7.12.4.5 – Moradias na rua Copacabana em situação de alto risco de desmoronamento



Foto 7.12.4.6 – Moradias na Rua Copacabana em setor de médio risco de desmoronamento

- **Rua Belo Horizonte**

Ainda no bairro Abial, porém na margem direita do igarapé Xidarini, a rua Belo Horizonte está parcialmente assentada no topo de um talude com cerca de 4m de altura e declividade suficiente para colocar em risco de desmoronamento cinco moradias (barracos de madeira) que se localizam nesse trecho da rua, com cerca de 70m de extensão, entre as coordenadas geográficas S 03°20'37,6" / W 64°41'59,5" e S 03°20'39,2" / W 64°42'00,0" (**Foto 7.12.4.7**). A situação fisiográfica é semelhante à observada no trecho final da rua Copacabana, com risco caracterizado como médio.



Foto 7.12.4.7 – Moradias na rua Belo Horizonte em situação de risco devido à sua proximidade com encosta da margem direita do igarapé Xidarini

- **Rua Juruá – Bairro Juruá**

Na coordenada geográfica S 03°20'47,5" e W 64°43'10,4", no final da rua Juruá, foi observada ruptura planar de um talude argilo-arenoso, de proporções significativas, que causou o desmoronamento de parte (mais de 100 m²) de uma residência de alvenaria, de propriedade do Sr. Osvaldo Novo (**Foto 7.12.4.8**). O evento ocorreu em setembro de 2008 e, felizmente, não houve vítimas, apenas danos materiais.

A área afetada pelo escorregamento fica sobre uma encosta íngreme, com aproximadamente 10m de altura por 50m de extensão, na margem direita do lago de Tefé. A empregada da residência relatou que o problema começou com rachaduras no piso, que, em pouco tempo, se ampliaram. A parte que estava sobre o terreno que escorregou chegou a ficar um pouco desnivelada antes de colapsar abruptamente. Todo o evento, entre o início das rachaduras e o escorregamento, ocorreu no intervalo de uma semana. Na ocasião da visita técnica, as instalações ainda não afetadas diretamente pela ruptura se encontravam sob risco iminente de desabamento (**Foto 7.12.4.9**) e, por isso, se recomenda a interdição desse local, com retirada dos moradores.

Associado a uma possível construção inadequada da obra que foi atingida, o provável agente deflagrador do evento pode ter sido o vazamento observado em um cano d'água logo abaixo do piso da residência (**Foto 7.12.4.10**). Este vazamento, do qual não se sabe o tempo de existência, pode ter saturado o solo argilo-arenoso do talude, diminuído a coesão e aumentado a porosidade entre os grãos, de modo que o solo perdeu resistência e cedeu. No

talude, à meia altura, observa-se exfiltração de água. Assim, devido à situação avaliada, também a residência vizinha se encontra em área de risco iminente.



Foto 7.12.4.8 – Vista frontal do talude que escorregou na Rua Juruá.



Foto 7.12.4.9 - Plano de ruptura do talude nos fundos da rua Juruá, com parte de construção (piso vermelho no canto inferior esquerdo) sem sustentação.



Foto 7.12.4.10 - Vazamento de água em um cano entre o piso da casa atingida e o talude que colapsou

- **Rua Barão do Rio Branco**

Entre as ruas Barão do Rio Branco e Primeiro de Maio, no bairro Juruá, há oito moradias assentadas muito próximas à encosta íngreme do lago de Tefé e, por esse motivo, tal local foi mapeado como área de alto risco de desmoronamento. O trecho tem pouco mais de 100m de extensão e seus pontos extremos possuem as coordenadas geográficas S 3°20'48,6" / W 64°42'45,1" e S 03°20'49,1" / W 64°42'48,0".

- **Rua 15 de Junho**

Ainda no bairro Juruá, em área contígua à última descrita, a rua 15 de Junho, em quase toda sua extensão de 500m, é ocupada por um adensamento de cerca de uma centena de instalações residenciais e comerciais assentadas no topo e na encosta de margem íngreme do lago de Tefé, em situação de risco de desmoronamento (**Foto 7.12.4.11**). Na maior parte das moradias/comércio o risco pode ser considerado médio e, em alguns locais específicos de maior declividade, alto.

De maneira geral, as instalações que estão situadas na parte mais alta do talude, no mesmo nível da rua, são as que correm o menor risco de desabamento (médio), enquanto as situadas entre o nível da rua e o sopé do talude são as mais vulneráveis (risco alto).

Assim como nas demais áreas visitadas, os riscos geológicos na rua 15 de Junho estão associados à elevada inclinação da encosta do lago e à composição do perfil vertical do solo, que é formado por areia pouco consolidada na base e argila arenosa no topo.

As áreas de risco de escorregamento das ruas Barão de Rio Branco e 15 de Junho são limítrofes da área denominada como “Lago de Tefé”, a qual será descrita a seguir.



Foto 7.12.4.11 – Casas sob risco de escorregamento na rua 15 de Junho, no bairro Juruá.

Área Sujeita a Escorregamento e Alagamento

- **Lago de Tefé**

Entre as coordenadas S 03°20'46,1" / W 64°43'17,4" e S 03°20'43,0" / W 64°42'42,6" numa faixa de 1,2 km de extensão, na margem direita do lago de Tefé, foi observada a existência de mais de uma centena de moradias instaladas na base de talude argiloso, com até 20m de altura, de inclinação elevada. Assim como as moradias na margem esquerda do igarapé Xidarini, estas também possuem o assoalho elevado em relação ao solo (palafitas), porém, dependendo da magnitude da cheia, tal elevação pode não ser suficiente para impedir o alagamento.

Outro fator de risco encontrado é o de escorregamento da encosta que se encontra ao lado de muitas moradias, nos fundos das ruas 15 de Junho e Barão do Rio Branco, pois embora as mesmas não estejam assentadas diretamente sobre o talude, caso haja um movimento de massa (escorregamento ou deslizamento) todas as instalações que estiverem logo abaixo serão afetadas. Assim, boa parte das moradias dessa área enfrenta tanto o risco de escorregamento quanto de alagamento (**Foto 7.12.4.12**).



Foto 7.12.4.12 – Moradias situadas entre a rua 15 de Junho e o lago de Tefé, em áreas de risco de inundação e escorregamento.

Muitas das moradias em situação de risco de escorregamento estão assentadas diretamente sobre os solos argilo-arenosos da Formação Içá, sem que haja nenhum tipo de impermeabilização ou sistemas de drenagem que canalizem as águas pluviais, o que poderia evitar erosão e infiltração (saturação) ao longo da encosta. Tal fato, aliado à ausência de esgotamento sanitário, lançamento de águas servidas nas encostas e vazamentos de água em ligações clandestinas, contribuem para a instabilidade dos taludes e podem induzir e/ou acelerar os processos naturais de movimentos de massa (escorregamentos e deslizamentos).

A falta de acompanhamento técnico na construção dessas moradias, a grande maioria barracos de madeira, resulta na precariedade e fragilidade das mesmas, que são construídas com materiais inadequados e de forma quase artesanal, expondo ao risco todos seus ocupantes. É notório que essas casas não possuem nenhuma espécie de fundação e estão completamente suscetíveis aos eventos erosivos.

Quanto às propriedades sujeitas a alagamentos, todas estão no interior de vales de igarapés, drenagens, baixadas ou nas “várzeas” do lago de Tefé, que, naturalmente, são áreas impróprias à ocupação humana, denominadas como planícies de inundação.

Escorregamentos e enchentes são fenômenos decorrentes de processos naturais inerentes à dinâmica do planeta e que dificilmente podem ser evitados; entretanto, as perdas materiais e humanas são frutos da ocupação desordenada de áreas instáveis, a qual pode e deve ser impedida. Para isso, se faz necessário que as autoridades municipais coíbam o crescimento populacional nesses locais e realizem, em conjunto com a Defesa Civil, o

cadastramento das moradias sob risco de desmoronamento ou alagamento, sendo que, em ambos os casos, a melhor forma de prevenir e evitar os danos causados por esses fenômenos é remover os ocupantes para áreas mais estáveis, adequadas à ocupação humana, afastadas de encostas íngremes, de fundos de vales e de planícies de inundação.

Nas áreas de situação mais crítica em Tefé, mapeadas como de risco alto ou iminente de escorregamento, no final da rua Juruá, na rua Barão de Rio Branco e na rua Copacabana, tendo em vista o reduzido número de moradias, cerca de 25, se recomenda estudos de detalhe e a imediata retirada dos ocupantes, ainda que temporária, com sua transferência para locais a serem definidos pelos gestores municipais e estaduais.

7.12.5 Insumos minerais para construção civil

Na cidade de Tefé há apenas uma olaria, denominada olaria Rodrigues Alves. É um empreendimento de grande porte que atende à demanda local por tijolos e exporta o excedente da produção para os municípios vizinhos. A areia provém do leito do lago de Tefé, em área pertencente ao município de Alvarães, porém explorada por empresa com sede comercial em Tefé (vide item 6.11.5). Os seixos, assim com nos demais municípios do alto Solimões, são importados de empresas que os extraem do rio Japurá.

Olaria Rodrigues Alves

Instalada em um ramal da estrada do Aeroporto, próximo ao igarapé do Sapateiro, na coordenada S 03°21'35,6" e W 64°42'22,4" (**Anexo XXIX**), a empresa Rodrigues Alves Indústria e Comércio de Cerâmica Ltda. iniciou suas operações há mais de 20 anos. Sua linha de produção é quase totalmente mecanizada, apenas o corte é manual. Produz, em média, 200 mil tijolos/mês e é a maior olaria da região do alto Solimões: só o galpão possui uma área de 6.500 m² (**Foto 7.12.5.1**). Diferente das demais olarias visitadas na região do alto Solimões, a Rodrigues Alves utiliza como combustível para os fornos, carcoços de açaí e pó de serragem.



Foto 7.12.5.1 – Vista do galpão da olaria Rodrigues Alves, instalada em um ramal da estrada do aeroporto, em Tefé.

No momento da visita da equipe técnica, para confecção dos tijolos, a empresa explorava argila de um corte no talude da estrada de acesso, o qual fica a 450 m de distância do galpão. A jazida fica em terreno próprio da olaria e tem mais de 5,0 ha, porém, a licença de operação concedida pelo IPAAM só permitia explorar 1,8 há (**Foto 7.12.5.2**). Infelizmente, o encarregado do local não soube informar o tempo de vida útil que resta nesta jazida.

A espessura inferida da camada argilosa em exploração tem entre 2,0 e 2,5 m. A argila extraída do local é plástica, de coloração alaranjada, com algumas partes mais claras, e possui baixo teor de quartzo. Situa-se sob camada de solo orgânico de cor cinza escura. Para caracterizar melhor o material, foi coletada uma amostra (TFF-05) e enviada para ensaios cerâmicos preliminares, os quais indicaram que a argila tem uso recomendado para confecção de cerâmica vermelha ou refratária (**Anexo V**).



Foto 7.12.5.2 – Afloramento da argila utilizada como matéria-prima pela olaria Rodrigues Alves.

8. Considerações Finais

Nas sedes municipais da região do Alto Solimões, a fonte de captação de águas para abastecimento público está condicionada ao tipo de substrato geológico sobre o qual cada uma delas se encontra assentada. As cidades de Atalaia do Norte, Tabatinga, Benjamin Constant e São Paulo de Olivença estão situadas sobre os sedimentos da Formação Solimões, de caráter essencialmente argiloso a siltico-argiloso, inadequados para a perfuração de poços tubulares quando se visa à produção de água em grandes volumes. Deste modo, o fornecimento público de água nessas cidades é feito a partir de captação em corpos d'água superficiais com posterior tratamento, em ETA's, antes de sua distribuição final aos usuários. Na zona periurbana de Tabatinga (Terra Indígena Umariçu), não atingida pela rede de distribuição de água tratada, os moradores se abastecem de poços tubulares rasos, perfurados pela FUNASA e que captam águas de aquífero representado pelos terraços fluviais antigos do rio Solimões, com 25 metros de espessura máxima, muito vulnerável a contaminações.

Nas cidades de Amaturá, Santo Antônio do Içá, Tonantins, Jutaí, Fonte Boa, Uarini, Alvarães e Tefé, assentadas sobre os sedimentos arenosos da Formação Içá, que possuem boa porosidade e permeabilidade e que se constituem em bom aquífero, o fornecimento público de água para consumo humano é feito a partir de captação subterrânea, por meio de poços tubulares com profundidades variando de 35 a 60 metros, com exceção de Tefé, onde a maioria dos poços possui de 80 a 100 metros. Ressalta-se que Santo Antônio de Içá apresenta um sistema de abastecimento misto, já que também capta águas no igarapé São Salvador, as quais são bombeadas para uma ETA simplificada, que se encontrava em estado precário na época dos trabalhos de campo, com falta de cloro para a desinfecção das águas tratadas.

Na maioria das cidades da área de estudo, o sistema público de captação, tratamento e distribuição de água está sob responsabilidade da administração municipal. Exceção são as cidades de Benjamin Constant, Tabatinga, São Paulo de Olivença e Alvarães, aonde o sistema é comandado pela COSAMA – Companhia de Saneamento do Amazonas, órgão público estadual.

A análise dos resultados apresentados neste trabalho permite associar uma série de características comuns relativas aos sistemas de abastecimento de água das cidades visitadas. A avaliação destas características, positivas ou negativas, aponta para a adoção de ações e medidas, descritas abaixo e direcionadas aos órgãos gestores, com o fim de apoiá-los na tomada de decisões que viabilizem o aperfeiçoamento dos instrumentos de controle da qualidade, quantidade e regularidade de água fornecida para o consumo humano.

Em todas as cidades, o órgão responsável pelo sistema de abastecimento público pratica a cobrança de taxas fixas, independentemente do volume de água que é consumido por cada usuário. Nesse sentido, recomenda-se a instalação de registros com contadores (hidrômetros)

em todos os pontos de ligações de água atendidas pela rede de distribuição, de modo que o usuário pague efetivamente pelo seu consumo, desestimulando, assim, os desperdícios.

Nenhum dos órgãos gestores realiza o controle periódico completo da qualidade das águas que são distribuídas à população. Apenas a COSAMA executa algumas análises laboratoriais simplificadas, insuficientes para atestar a potabilidade das águas. Assim, devem ser providenciados convênios com laboratórios públicos para a realização de análises físico-químicas e microbiológicas frequentes nas águas de abastecimento público, com vistas a monitorar continuamente sua qualidade e cumprir a legislação pertinente.

Os órgãos gestores do sistema público de abastecimento de água em Atalaia do Norte, Tabatinga, Benjamin Constant, São Paulo de Olivença, Santo Antônio do Içá e Fonte Boa devem buscar recursos financeiros para a ampliação da rede de distribuição, estendendo-a até os bairros mais distantes, onde a população, sem água tratada, vive em condições precárias.

Aos gestores dos sistemas que fazem captação de águas superficiais, em rios e igarapés, se recomenda a adoção de procedimentos de segurança no entorno do local de captação, com restrição de acesso às balsas onde se situam as bombas, caso de Tabatinga, Benjamin Constant e Atalaia do Norte, ou às instalações fixas de bombeamento, caso de São Paulo de Olivença e Santo Antônio do Içá.

As ETA's operadas pela COSAMA em Benjamin Constant e São Paulo de Olivença produzem águas com concentração de alumínio muito superior ao valor máximo permitido pela legislação. Como a água bruta bombeada para as ETA's possui concentrações baixas de alumínio, é certo que o enriquecimento nesse metal nas águas tratadas ocorre durante o processo de tratamento, pelo uso em excesso do composto sulfato de alumínio. Assim, tendo em vista que o alumínio é um metal neurotóxico ao ser humano, quando consumido por períodos prolongados, faz-se necessária a revisão de parte do processo utilizado pela COSAMA nas ETA's citadas, com urgente redimensionamento da quantidade de sulfato de alumínio utilizada.

Aos gestores dos sistemas públicos que fazem captação de águas subterrâneas, por meio de poços tubulares, podem ser feitas as seguintes recomendações:

– urgente implantação do processo de cloração antes da distribuição final das águas, pois foi detectada contaminação por coliformes em grande parte das amostras analisadas. A cloração poderá ser feita por meio de sistema de pastilhas nos próprios poços (os que alimentam diretamente a rede de distribuição) ou por casas de cloração, que promovam a adição do cloro nas águas de reservatórios, como é feito em Alvarães pela COSAMA, único município da região que adota a cloração das águas subterrâneas. Enquanto não se coloca em prática esse procedimento, recomenda-se, após uma campanha educativa, distribuir à população hipoclorito de sódio, que deve ser adicionado às águas de consumo primário para garantir a ausência de coliformes;

– execução de perfilagens geofísica e ótica nos poços públicos. Esse procedimento permitirá conhecer os perfis construtivos (posição das seções filtrantes e dos revestimentos) e geológicos (posição das camadas argilosas e arenosas) dos poços, de modo que se possam propor soluções, com maior rigor técnico, para problemas que porventura venham a ocorrer. Nesse sentido, pode-se citar a cidade de Amaturá, onde, dos quatro poços de abastecimento público, três produzem águas com contaminação natural de ferro e de manganês;

– realização de testes de produção nos poços públicos, em razão da ausência de documentação técnica referente à construção dos mesmos, utilizando-se bomba de alta potência para se determinar, com precisão, o nível estático, o nível dinâmico e a vazão de cada um deles.

Ainda na questão das águas de abastecimento público, a cidade de Uarini se destaca como exemplo positivo, tanto no que diz respeito à qualidade como à quantidade das águas fornecidas à população urbana, necessitando apenas adotar a cloração para garantir a ausência de coliformes. Já o principal exemplo negativo é representado pela cidade de Jutai, cujos poços públicos, a maior parte contaminados por coliformes, denotam um aspecto de desleixo e abandono, com bombas submersas quebradas há tempos, matagal tomando conta do entorno, terrenos sem proteção, casas de comando deterioradas, etc.

Dos doze municípios da região do alto Solimões, apenas em Tefé a coleta e a disposição final dos resíduos sólidos são tratadas com maior rigor. É o único município da região que dispõe de um aterro sanitário semi-controlado em operação. Entretanto, a proximidade desse aterro com o aeroporto da cidade representa sério risco à segurança dos voos, de forma que o mesmo deverá ser brevemente desativado. Nesse sentido, já foi escolhido um local para implantação do novo aterro sanitário de Tefé e, inclusive, as obras já haviam se iniciado. Porém, esse local é totalmente inadequado para o fim a que se destina, em virtude de o lençol freático ser muito raso, sub-aflorante em alguns pontos.

Nos demais municípios, embora a inexistência de locais apropriados para a destinação final dos resíduos seja um problema em comum, não se observa uma política pública voltada para a questão. Tal fato leva a situações como as constatadas em São Paulo de Olivença, onde o lixo não era recolhido há meses, em Santo Antônio do Içá, onde um aterro semi-controlado já está pronto, mas inoperante por falta de trator para remanejar o lixo, e em Jutai, onde o aterro chegou a ser construído, inclusive com as edificações e a balança, mas estava completamente abandonado, servindo apenas como um lixão a céu-aberto.

É evidente que a construção de aterros sanitários requer alto investimento inicial, principalmente para estes municípios dependentes de repasses financeiros dos governos estadual e federal, e com outros problemas tão ou mais importantes para serem solucionados. Em regra, essa questão é sempre resolvida da maneira mais simples nas cidades visitadas,

pois o baixo volume de lixo gerado pode ser facilmente despejado em qualquer área desocupada adjacente à zona urbana, sem qualquer preocupação ambiental.

Contudo, os gestores municipais devem buscar os recursos específicos para dar uma destinação adequada aos resíduos sólidos gerados na zona urbana, por meio da implantação de aterros sanitários, cuja construção pode ser viabilizada através de linhas de financiamento ofertadas por órgãos federais como o Ministério das Cidades ou o Banco de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES. Por outro lado, tem que ser levada em conta a dificuldade em se selecionar uma área apropriada para a localização do aterro, que obedeça todas as normas técnicas, em função da alta densidade de drenagens superficiais, dos solos desfavoráveis em algumas cidades e das dificuldades de acesso a locais afastados das zonas urbanas, além da existência de extensas áreas de proteção ambiental.

É a soma destes fatores que faz com que os resíduos sólidos gerados pelas comunidades urbanas do alto Solimões sejam despejados de forma inapropriada, o que pode ocasionar sérios danos ambientais. Entretanto, a construção do aterro sanitário semi-controlado de Santo Antônio do Içá demonstra que é possível dar uma solução ou, ao menos, mitigar este problema. Outras ações que devem ser aplicadas em todos os municípios visitados, com vistas à redução do volume dos resíduos despejados nos lixões e aterros, é a implantação da coleta seletiva de materiais passíveis de reciclagem, a partir de campanhas educativas sobre o tema, e a diferenciação dos resíduos hospitalares, de acordo com a norma técnica de classificação de resíduos sólidos.

Com exceção de Santo Antônio do Içá, onde só falta o trator de esteira para o início das operações do aterro semi-controlado, e de Tabatinga, São Paulo de Olivença e Fonte Boa, onde já foram desenvolvidos estudos técnicos que indicaram as áreas mais propícias para implantação de aterros sanitários, nos demais municípios faz-se necessário o desenvolvimento de estudos competentes para a seleção de áreas e implantação de projetos voltados para as demandas locais. Destaca-se que os depósitos de resíduos sólidos dos municípios de Uarini e Alvarães, operados na forma de lixões, estão localizados em áreas que atendem aos requisitos técnicos para implantação de aterros sanitários.

Nas cidades visitadas, as áreas de risco geológico são quase sempre restritas à região da orla dos grandes rios, Solimões e Javari, e os riscos estão associados principalmente à sazonalidade do nível das águas desses rios e à elevada declividade de taludes fluviais (barrancos), o que predispõe à existência de fenômenos naturais de movimentos de massa, como escorregamentos e “terras-caídas”, e áreas suscetíveis a alagamentos/inundações.

No que diz respeito a movimentos de massa, a cidade de São Paulo de Olivença é a que apresenta a mais extensa área sob alto risco de escorregamento, representada por quase toda orla fluvial, onde os taludes do rio Solimões mostram uma configuração topográfica e

geológica que coloca em risco de desmoronamento dezenas de moradias situadas em seu topo e na meia-encosta. Situação semelhante, porém em área mais restrita e com menos moradias, ocorre nas cidades de Tonantins, Santo Antônio do Içá, Tefé, Jutai e Amaturá. Já nas áreas sob risco de alagamento, a situação mais crítica foi observada na cidade de Benjamin Constant, onde mais de 800 famílias moradoras da orla do rio Javari, conforme cadastro da Defesa Civil local, já haviam sido afetadas pelas cheias de 2009, a maior já registrada na região.

Em apenas duas cidades da região não se observam áreas de risco geológico: Alvarães e Uarini. A primeira por ter seu núcleo urbano afastado da margem íngreme do rio Solimões, numa posição topograficamente mais elevada do que o nível máximo das cheias fluviais; a segunda por estar assentada às margens do lago homônimo, num local plano, também mais elevado do que o nível máximo das cheias e com encostas pouco declivosas.

Escorregamentos e alagamentos são fenômenos decorrentes de processos naturais inerentes à dinâmica do planeta e que dificilmente podem ser evitados; entretanto, as perdas materiais e humanas são frutos da ocupação desordenada de áreas instáveis, a qual pode e deve ser impedida. Para isso, se faz necessário que os gestores públicos coíbam o crescimento populacional nesses locais e realizem, em conjunto com a Defesa Civil, o cadastramento das moradias sob risco, sendo que a melhor forma de evitar os danos causados por esses fenômenos é remover os ocupantes para áreas estáveis, adequadas à ocupação humana, afastadas de encostas íngremes, de fundos de vales e de planícies de inundação.

Nas áreas de situação mais crítica em Tefé e Jutai, mapeadas como de risco iminente de escorregamento, se recomenda a imediata retirada dos poucos ocupantes, ainda que temporária, com sua transferência para locais a serem definidos pelos gestores municipais.

Com relação aos insumos minerais utilizados na construção civil, foi constatado que a região possui grande potencial de argila, representado pelos extensos horizontes argilosos das formações Solimões e Içá (parte superior), capazes de atender à demanda das olarias por vários anos. Em alguns locais, segundo as análises laboratoriais, a argila pode ser utilizada tanto para produção de tijolos simples como para tijolos refratários, cerâmica vermelha e até mesmo cerâmica branca. Contudo, o modo semi-artesanal como a maioria das olarias trabalha, a falta de mercado local para absorver a produção e a dificuldade de escoamento para os grandes centros tornam o aproveitamento em larga escala destes recursos inviável. A areia, encontrada em abundância na região, normalmente também é explorada de forma semi-artesanal e, além de representar mais uma fonte de receita para os municípios, quando extraída do leito dos rios auxilia na prevenção do assoreamento da principal via de acesso para as comunidades.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 1987. *Resíduos sólidos*. NBR 10004. Rio de Janeiro, 48p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 1987. *Aterros de resíduos perigosos – Critérios para projeto, construção e operação*. NBR 10157. Rio de Janeiro, 12p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 1997. *Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação*. NBR 13896. Rio de Janeiro, 13p.

BRASIL. 1993. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 005**, de 05 de agosto de 1993. Brasília: MMA.

BRASIL. 1995. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 004**, de 09 de outubro de 1995. Brasília: MMA.

BRASIL. 2001. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 283**, de 12 de julho de 2001. Brasília: MMA.

BRASIL. 2004. Ministério da Saúde. Secretaria da Vigilância em Saúde. **Portaria nº 518**, de 25 de março de 2004. Brasília: MS.

BRASIL. 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357**, de 17 de março de 2005. Brasília: MMA.

CAPUTO M.V., RODRIGUES R., VASCONCELOS D.N. 1971. *Litoestratigrafia da Bacia do Amazonas*. Brasil. PETROBRÁS/RENOR. 92p.

CRUZ N.M. da C. 1984. Palinologia do Linhito do Solimões – Estado do Amazonas. In: Symposium Amazônico, 2, Manaus, DNPM, *Anais*, p 473-476.

CORTECCI, G. *Geologia e Salute*. Disponível em <http://www.dst.unipi.it/fist/salute/salute.htm>. Acesso em 10 de outubro de 2003.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2005a – Mapa Geológico do Estado do Amazonas 1:1.000.000. CD-ROM. Manaus, AM.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2005b. Proposta Para Seleção de Áreas Para Implantação do Aterro Sanitário da Cidade de Tefé (AM). Relatório Interno. Manaus, 8p.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2007a. Identificação e Avaliação de Áreas Destinadas à Construção do Aterro Sanitário do Município de Tabatinga (AM). Relatório Interno. Manaus, 15p.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2007b. Relatório de Visita Técnica à Cidade de Tefé (AM). Relatório Interno. Manaus, 7p.

EIRAS, J.F., BECKER, C.R., SOUZA, E.M. et al., 1994. Bacia do Solimões. Boletim de Geociências da Petrobras. Rio de Janeiro, 8 (1): 17-45.

EIRAS, J.F. 1996. Influência tectônica do arco de Caruaru na sedimentação fanerozóica da Bacia do Solimões, Norte do Brasil. In: SGB, Cong. Bras. Geol., 39, Salvador. *Anais* 1: 50-53.

GIRÃO, J.C. e GIRÃO, S. 2001. Seleção de Áreas Destinadas à Construção do Aterro Sanitário no Município de São Paulo de Olivença. Relatório privado. Manaus, 18p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Censo Demográfico 2000.
Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 17 de março de 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Contagem Populacional 2007.
Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 17 de março de 2009.

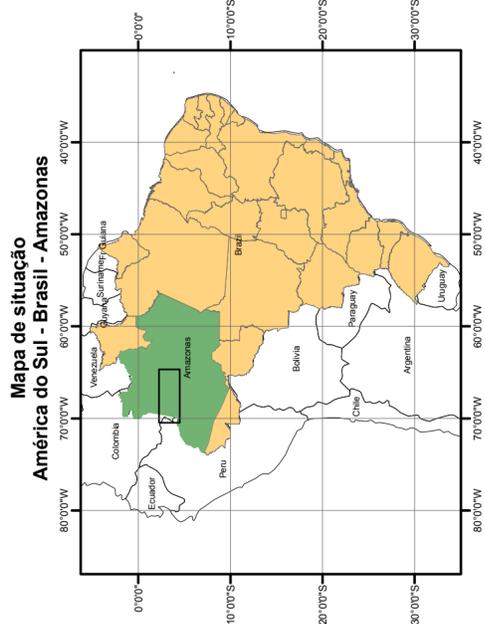
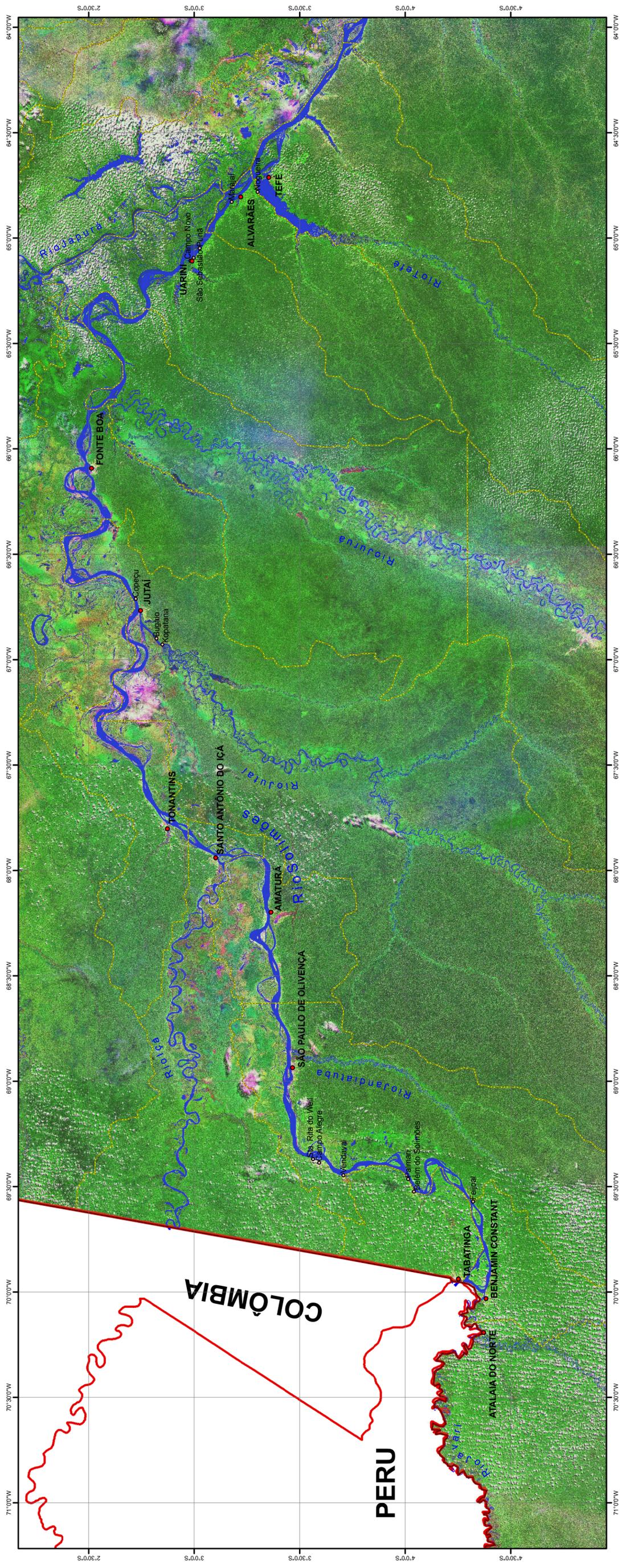
MAIA R.G.N., GODOY H.K., YAMAGUTI H.S. et al., 1977. Projeto Carvão no Alto Solimões. Ministério de Minas e Energia. DNPM/CPRM, Manaus. 11 V.

SELINUS O., ALLOWAY B.J., CENTENO J.A. et al., 2005. Essentials of Medical Geology – *Impacts of the Natural Environment on Public Health*. Elsevier Academic Press, London. 812p.

ANEXOS

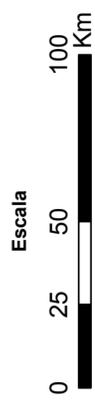
ANEXO I

Imagem de satélite Landsat com a localização da área de estudo, incluindo os limites políticos, as sedes municipais e as comunidades visitadas



Legenda

- Sedes Municipais
- Comunidades Visitadas
- Fronteira Brasil - Colômbia / Peru
- Limites Políticos Municipais



Anexo I

Imagem de satélite Landsat com a localização da área de estudo, incluindo os limites políticos, as sedes municipais e as comunidades visitadas

Projeto:

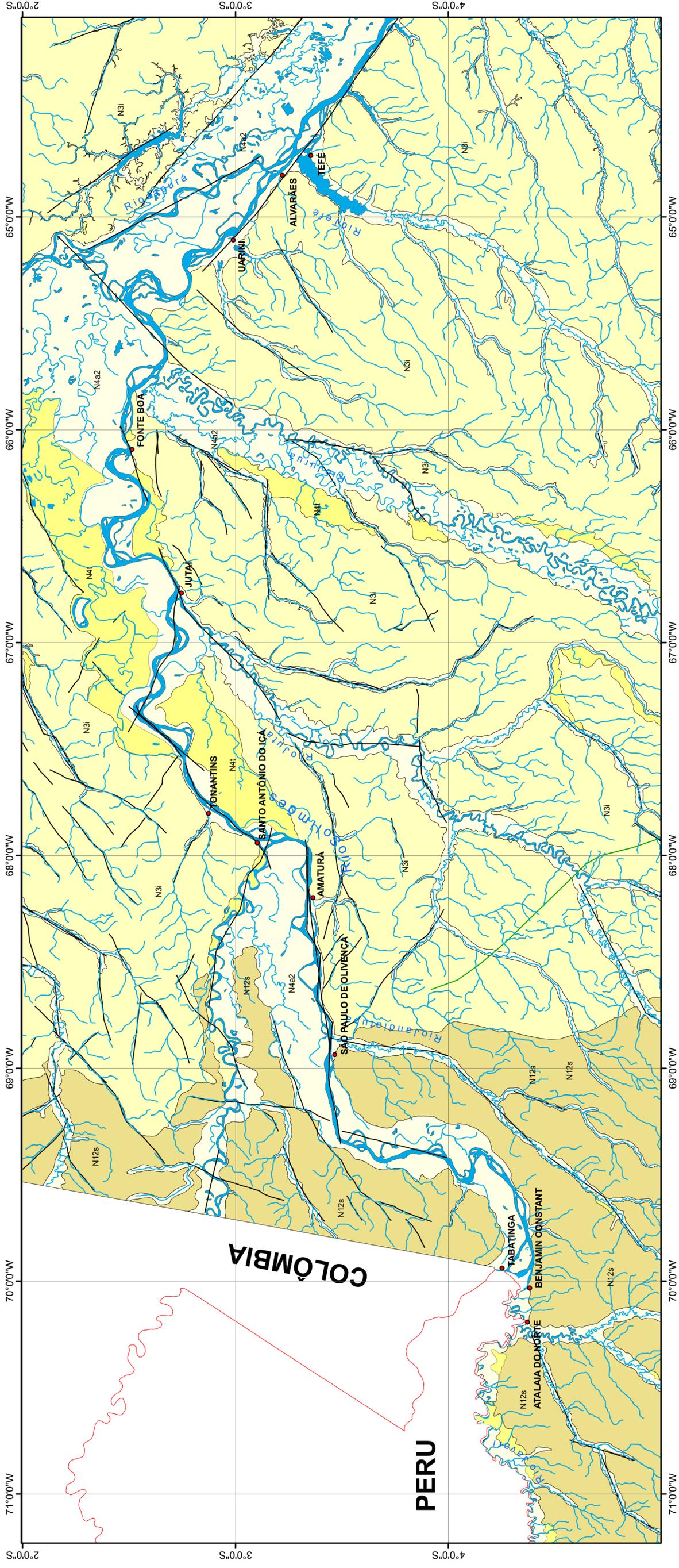
AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E DOS INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NAS SEDES DOS MUNICÍPIOS SITUADOS NA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES (AM)



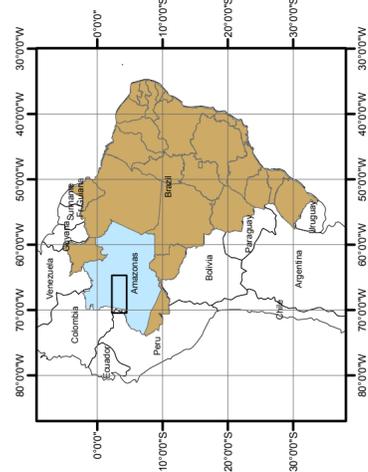
Ministério de
Secretaria de Geologia,
Mineração e Transformação Mineral, Minas e Energia

ANEXO II

Mapa geológico da região do alto Solimões



Mapa de situação
Amazonas - Brasil - América do Sul



Legenda

- | | |
|---|--|
| | N4a2
Depósitos Aluvionares
Areia, Cascalho |
| | N4t
Terraço Fluvial
Areia, Argila, Cascalho |
| | N3i
Formação Içá
Areia, Argila, Linhito, Turfa, Cascalho |
| | N12s
Formação Solimões
Argilito, Arenito, Conglomerado, Siltito |
| | Arcos |
| | Falhas / Fraturas |
| | Hidrografia |
| • | Sede Municipal |

Escala



Anexo II

Mapa geológico da região do alto Solimões

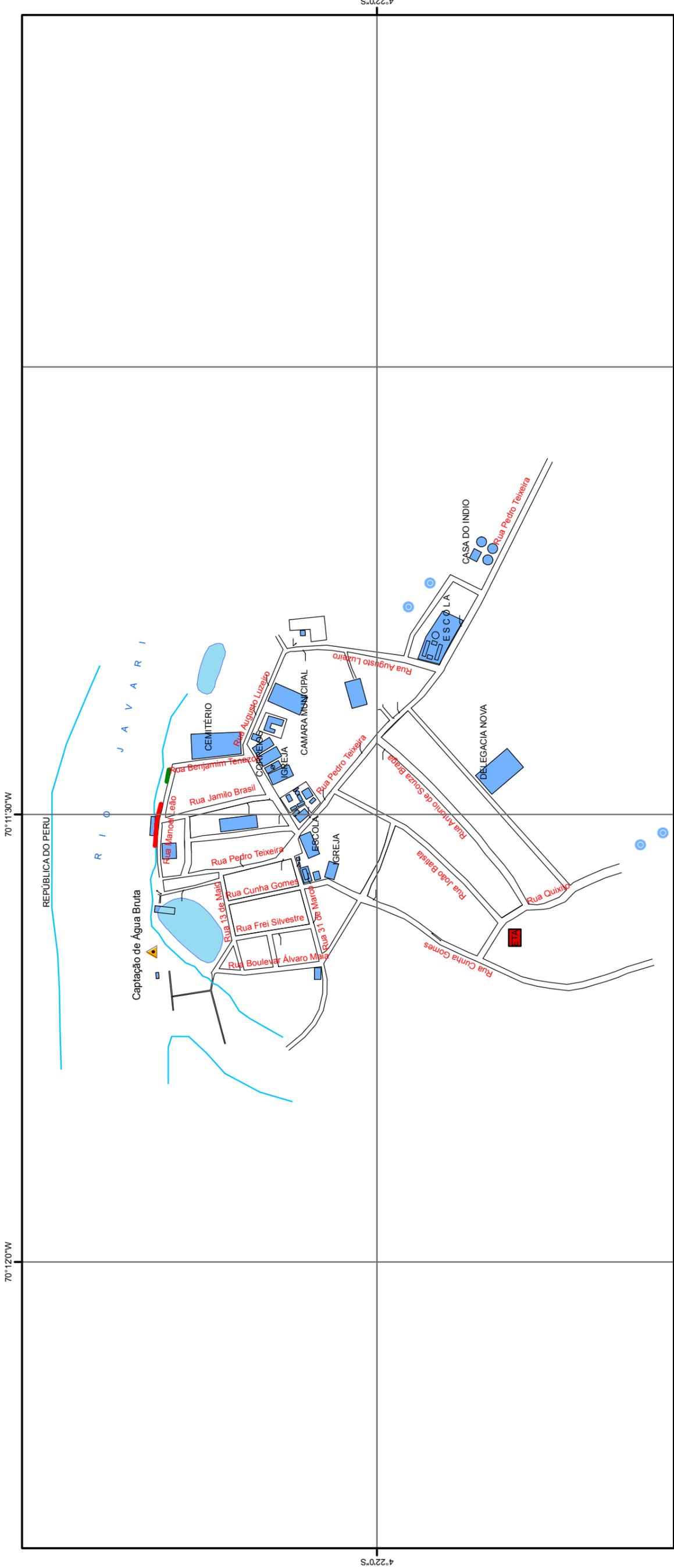
Fonte: MAPA GEOLÓGICO DO BRASIL AO MILIONÉSIMO - CPRM, 2005

Projeto: AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E DOS INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NAS SEDES DOS MUNICÍPIOS SITUADOS NA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES (AM)

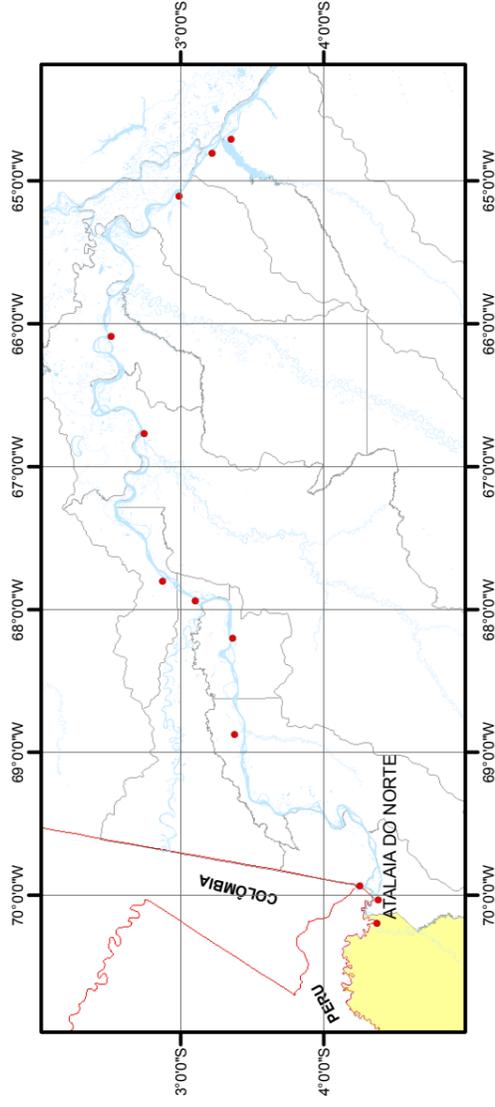


ANEXO III

**Mapa do sistema viário da cidade de Atalaia do Norte com
localização do ponto de captação de água bruta, da ETA, das
cacimbas cadastradas e das áreas de risco mapeadas**



**Mapa de Situação
Municípios Visitados do Alto Solimões**



Legenda

- Cacimbas Visitadas
- Área de Risco Alto de Escorregamento
- Área de Risco Médio de Escorregamento
- Área de Risco de Alagamento

Escala



Anexo III

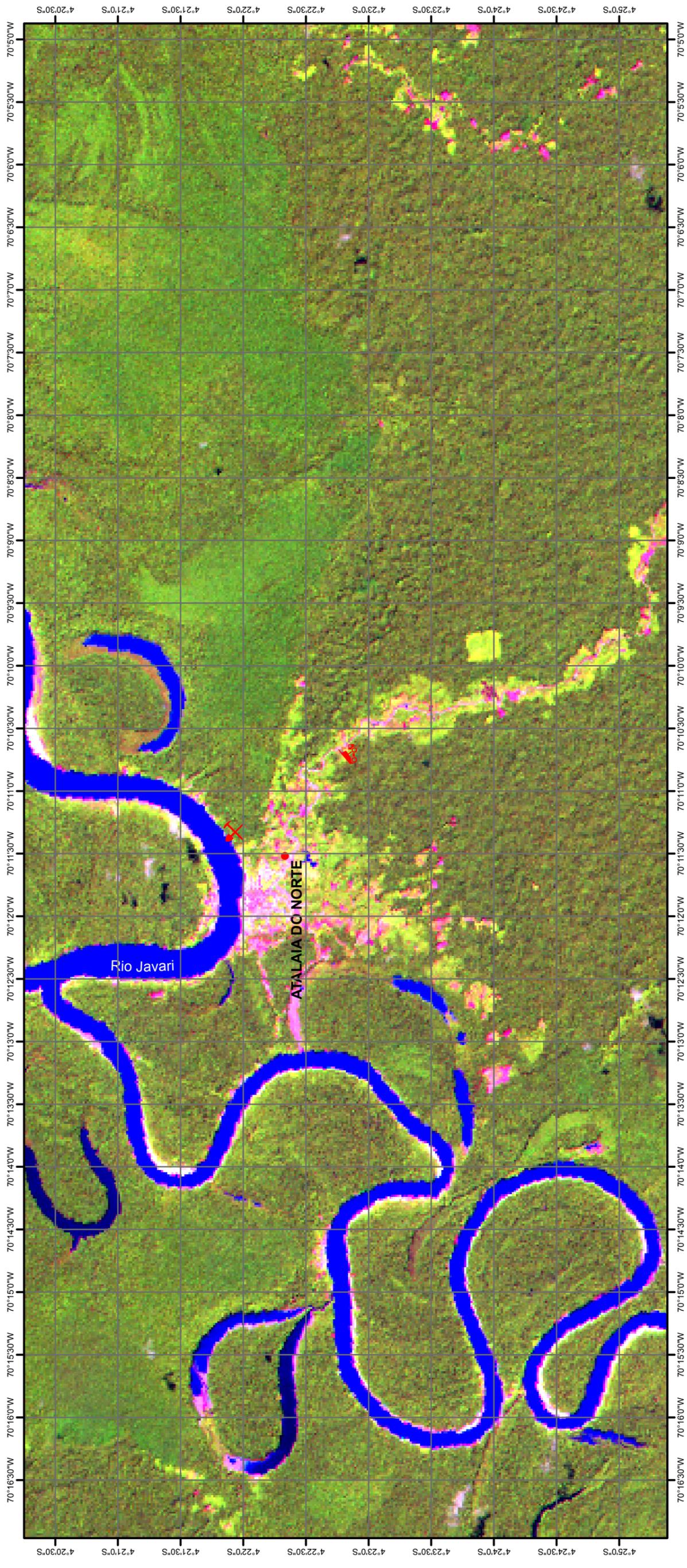
Mapa do sistema viário da cidade de Atalaia do Norte, com localização do ponto de captação de água bruta, da ETA, das cacimbas cadastradas e das áreas de risco mapeadas

Projeto: AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E DOS INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NAS SEDES DOS MUNICÍPIOS SITUADOS NA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES (AM)

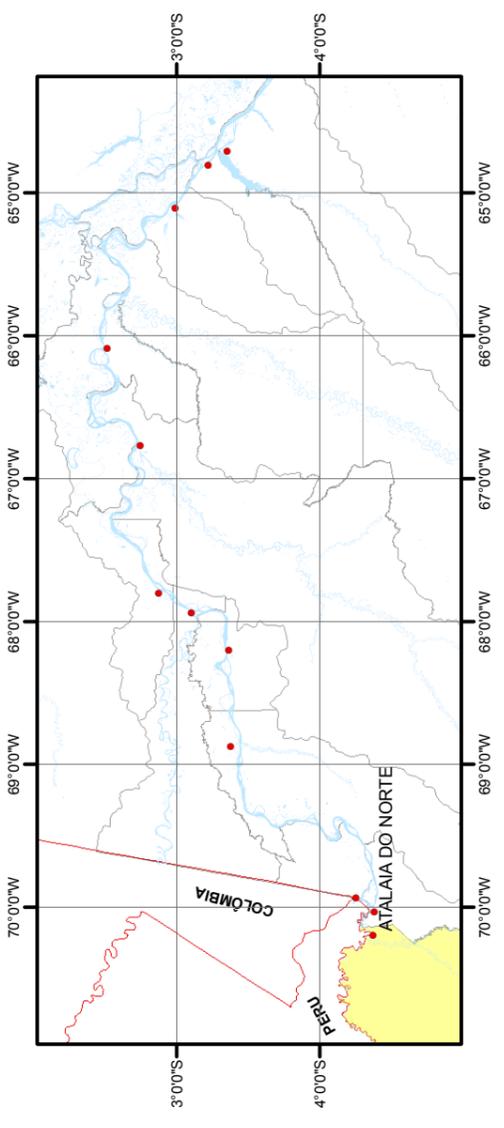


ANEXO IV

**Imagem de satélite Landsat com localização da zona urbana,
da olaria e do depósito de resíduos sólidos de Atalaia do Norte**

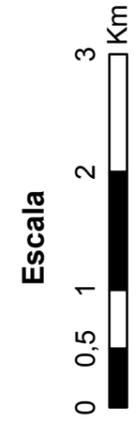


Mapa de Situação
Municípios Visitados do Alto Solimões



Legenda

- Sede Municipal
- ✂ Depósito de Resíduos Sólidos
- ✂ Olaria Municipal



Anexo IV

Imagem de satélite Landsat com localização da zona urbana, da olaria e do depósito de resíduos sólidos de Atalaia do Norte

Projeto: AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E DOS INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NAS SEDES DOS MUNICÍPIOS SITUADOS NA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES (AM)



ANEXO V

**Resultados laboratoriais dos ensaios cerâmicos preliminares
realizados nas amostras de argila coletadas nas olarias
visitadas**

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 036.782

Recife, 27 de março de 2009

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio cerâmicos preliminares.

MATERIAL: Uma amostra de argila, referência "ATN-02" colhida e fornecida pelo cliente.

CLIENTE : COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS.

R E S U L T A D O S

Ensaio cerâmicos preliminares com corpos de prova de 6,0 cm x 2,0 cm x 0,5 cm, moldados por prensagem sob pressão de 19,6 MPa* , em massa semi-seca de argila moída e passada em peneira ABNT, 80 mesh.

a) Características dos corpos de prova secos a 110°C:

Umidade de prensagem.....9,56%
 Retração linear de secagem.....0,67%
 Tensão de ruptura à flexão.....5,62MPa*
 Cor**marrom amarelado moderado (10 YR 5/4)

b) Características dos corpos de prova após queima:

Temperatura de queima (°C)	Absorção de água (%)	Porosidade aparente (%)	Massa específica aparente (g/cm ³)	Retração linear (%)	Tensão de ruptura à flexão (MPa)	Cor**
950	15,60	29,67	1,90	0,33	8,00	Rosa alaranjado moderado (5 YR 8/4)
1250	11,84	23,69	2,00	1,51	10,73	vermelho moderado (5 R 5/4)
1450	10,76	21,78	2,02	1,68	13,82	Marrom claro (5 YR 5/6)

Uso provável: Cerâmica vermelha, argila refratária.

Osmar Souto Baraúna
 Geólogo
 CREA 7008-D - PE

LMAT 10

O.S. nº0251/2009

NOTA IMPORTANTE

Os resultados deste ensaio/análise têm significação restrita e se aplicam tão somente à(s) amostra (s) coletada (s) pelo cliente.

(*) MPa (Megapascal), 1 MPa corresponde a 10,204 kgf/cm².

(**) Cor definida por comparação com a Rock- Color Chart, New York , 1984.

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 036.780

Recife, 27 de março de 2009

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio cerâmicos preliminares.

MATERIAL: Uma amostra de argila, referência "BEN-05A" colhida e fornecida pelo cliente.

CLIENTE : COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS.

R E S U L T A D O S

Ensaio cerâmicos preliminares com corpos de prova de 6,0 cm x 2,0 cm x 0,5 cm, moldados por prensagem sob pressão de 19,6 MPa* , em massa semi-seca de argila moída e passada em peneira ABNT, 80 mesh.

a) Características dos corpos de prova secos a 110°C:

Umidade de prensagem.....9,71%
 Retração linear de secagem.....0,83%
 Tensão de ruptura à flexão.....8,40MPa*
 Cor**Marrom amarelado pálido (10 YR 6/2)

b) Características dos corpos de prova após queima:

Temperatura de queima (°C)	Absorção de água (%)	Porosidade aparente (%)	Massa específica aparente (g/cm ³)	Retração linear (%)	Tensão de ruptura à flexão (MPa)	Cor**
950	12,64	25,10	1,99	-0,34	12,01	Rosa alaranjado moderado (5 YR 8/4)
1250	4,98	11,23	2,25	3,70	21,60	Marrom pálido (5 YR 5/2)
1450	1,74	3,92	2,25	3,86	22,53	Marrom pálido (5 YR 5/2)

Uso provável: Cerâmica vermelha, argila refratária.

Osmar Souto Baraúna
 Geólogo
 CREA 7008-D - PE

LMAT 08

O.S. nº0251/2009

NOTA IMPORTANTE

Os resultados deste ensaio/análise têm significação restrita e se aplicam tão somente à(s) amostra (s) coletada (s) pelo cliente.

(*) MPa (Megapascal), 1 MPa corresponde a 10,204 kgf/cm².

(**) Cor definida por comparação com a Rock- Color Chart, New York , 1984.

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 036.781

Recife, 27 de março de 2009

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio cerâmicos preliminares.

MATERIAL: Uma amostra de argila, referência "BEN-05B" colhida e fornecida pelo cliente.

CLIENTE : COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS.

R E S U L T A D O S

Ensaio cerâmicos preliminares com corpos de prova de 6,0 cm x 2,0 cm x 0,5 cm, moldados por prensagem sob pressão de 19,6 MPa* , em massa semi-seca de argila moída e passada em peneira ABNT, 80 mesh.

a) Características dos corpos de prova secos a 110°C:

Umidade de prensagem.....10,43%
 Retração linear de secagem.....0,50%
 Tensão de ruptura à flexão.....6,02MPa*
 Cor**Marrom moderado (5 YR 4/4)

b) Características dos corpos de prova após queima:

Temperatura de queima (°C)	Absorção de água (%)	Porosidade aparente (%)	Massa específica aparente (g/cm ³)	Retração linear (%)	Tensão de ruptura à flexão (MPa)	Cor**
950	15,60	29,67	1,90	0,33	8,00	Laranja avermelhado moderado (10 R 6/6)
1250	11,84	23,69	2,00	1,51	10,73	Vermelho moderado (5 R 4/6)
1450	10,76	21,78	2,02	1,68	13,82	Marrom moderado (5 R 4/4)

Uso provável: Cerâmica vermelha, argila refratária.

Osmar Souto Baraúna
 Geólogo
 CREA 7008-D - PE

LMAT 09

O.S. nº0251/2009

NOTA IMPORTANTE

Os resultados deste ensaio/análise têm significação restrita e se aplicam tão somente à(s) amostra (s) coletada (s) pelo cliente.

(*) MPa (Megapascal), 1 MPa corresponde a 10,204 kgf/cm².

(**) Cor definida por comparação com a Rock- Color Chart, New York , 1984.

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 036.784

Recife, 27 de março de 2009

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio cerâmicos preliminares.

MATERIAL: Uma amostra de argila, referência "TAB-21" colhida e fornecida pelo cliente.

CLIENTE : COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS.

R E S U L T A D O S

Ensaio cerâmicos preliminares com corpos de prova de 6,0 cm x 2,0 cm x 0,5 cm, moldados por prensagem sob pressão de 19,6 MPa* , em massa semi-seca de argila moída e passada em peneira ABNT, 80 mesh.

a) Características dos corpos de prova secos a 110°C:

Umidade de prensagem.....8,26%
 Retração linear de secagem.....-0,17%
 Tensão de ruptura à flexão.....5,81MPa*
 Cor**..... Rosa alaranjado acinzentado (5 YR 7/2)

b) Características dos corpos de prova após queima:

Temperatura de queima (°C)	Absorção de água (%)	Porosidade aparente (%)	Massa específica aparente (g/cm ³)	Retração linear (%)	Tensão de ruptura à flexão (MPa)	Cor**
950	16,83	31,23	1,86	0,33	12,44	Rosa alaranjado moderado (5 YR 8/4)
1250	3,14	7,40	2,35	7,49	37,21	Rosa alaranjado acinzentado (5YR 7/2)
1450	-	-	-	-	-	Marrom pálido (5 YR 5/2)

Uso provável: Cerâmica vermelha.

(-) superqueimou com colagem e início de fusão a 1450° C.

Osmar Souto Baraúna
 Geólogo
 CREA 7008-D - PE

LMAT 12

O.S. nº0251/2009

NOTA IMPORTANTE

Os resultados deste ensaio/análise têm significação restrita e se aplicam tão somente à(s) amostra (s) coletada (s) pelo cliente.

(*) MPa (Megapascal), 1 MPa corresponde a 10,204 kgf/cm².

(**) Cor definida por comparação com a Rock- Color Chart, New York , 1984.

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 036.785

Recife, 27 de março de 2009

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio cerâmicos preliminares.

MATERIAL: Uma amostra de argila, referência "TAB-22" colhida e fornecida pelo cliente.

CLIENTE : COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS.

RESULTADOS

Ensaio cerâmicos preliminares com corpos de prova de 6,0 cm x 2,0 cm x 0,5 cm, moldados por prensagem sob pressão de 19,6 MPa* , em massa semi-seca de argila moída e passada em peneira ABNT, 80 mesh.

a) Características dos corpos de prova secos a 110°C:

Umidade de prensagem.....10,66%
 Retração linear de secagem.....0,33%
 Tensão de ruptura à flexão.....6,64MPa*
 Cor**.....Marrom claro (5 YR 6/4)

b) Características dos corpos de prova após queima:

Temperatura de queima (°C)	Absorção de água (%)	Porosidade aparente (%)	Massa específica aparente (g/cm ³)	Retração linear (%)	Tensão de ruptura à flexão (MPa)	Cor**
950	17,13	32,00	1,87	0,67	14,14	Laranja avermelhado moderado (10 R 6/6)
1250	6,02	13,78	2,29	7,02	22,33	Vermelho moderado (5 R 5/4)
1450	4,13	9,80	2,38	8,03	31,29	Marrom moderado (5 YR 4/4)

Uso provável: Cerâmica vermelha, argila refratária.

Osmar Souto Baraúna
 Geólogo
 CREA 7008-D - PE

LMAT 13

O.S. nº0251/2009

NOTA IMPORTANTE

Os resultados deste ensaio/análise têm significação restrita e se aplicam tão somente à(s) amostra (s) coletada (s) pelo cliente.

(*) MPa (Megapascal), 1 MPa corresponde a 10,204 kgf/cm².

(**) Cor definida por comparação com a Rock- Color Chart, New York , 1984.

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 036.787

Recife, 27 de março de 2009

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio cerâmicos preliminares.

MATERIAL: Uma amostra de argila, referência "SPO-05" colhida e fornecida pelo cliente.

CLIENTE : COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS.

RESULTADOS

Ensaio cerâmicos preliminares com corpos de prova de 6,0 cm x 2,0 cm x 0,5 cm, moldados por prensagem sob pressão de 19,6 MPa* , em massa semi-seca de argila moída e passada em peneira ABNT, 80 mesh.

a) Características dos corpos de prova secos a 110°C:

Umidade de prensagem.....8,03%
 Retração linear de secagem.....-0,17%
 Tensão de ruptura à flexão.....4,02MPa*
 Cor**.....cinza muito claro (N 8)

b) Características dos corpos de prova após queima:

Temperatura de queima (°C)	Absorção de água (%)	Porosidade aparente (%)	Massa específica aparente (g/cm ³)	Retração linear (%)	Tensão de ruptura à flexão (MPa)	Cor**
950	17,43	31,93	1,83	0,83	14,02	Cinza rosado (5 YR 8/1)
1250	8,12	17,62	2,17	6,16	38,50	Laranja muito pálido (10 YR 8/2)
1450	2,53	5,95	2,35	7,82	43,76	Laranja acinzentado (10 YR 7/4)

Uso provável: Cerâmica Branca, argila refratária.

Osmar Souto Baraúna
 Geólogo
 CREA 7008-D - PE

LMAT 15

O.S. nº0251/2009

NOTA IMPORTANTE

Os resultados deste ensaio/análise têm significação restrita e se aplicam tão somente à(s) amostra(s) coletada(s) pelo cliente.

(*) MPa (Megapascal), 1 MPa corresponde a 10,204 kgf/cm².

(**) Cor definida por comparação com a Rock- Color Chart, New York , 1984.

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 036.786

Recife, 27 de março de 2009

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio cerâmicos preliminares.

MATERIAL: Uma amostra de argila, referência "AMT-03" colhida e fornecida pelo cliente.

CLIENTE : COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS.

R E S U L T A D O S

Ensaio cerâmicos preliminares com corpos de prova de 6,0 cm x 2,0 cm x 0,5 cm, moldados por prensagem sob pressão de 19,6 MPa* , em massa semi-seca de argila moída e passada em peneira ABNT, 80 mesh.

a) Características dos corpos de prova secos a 110°C:

Umidade de prensagem.....9,45%
 Retração linear de secagem.....0,00%
 Tensão de ruptura à flexão.....5,10MPa*
 Cor** Vermelho pálido (10 R 6/2)

b) Características dos corpos de prova após queima:

Temperatura de queima (°C)	Absorção de água (%)	Porosidade aparente (%)	Massa específica aparente (g/cm ³)	Retração linear (%)	Tensão de ruptura à flexão (MPa)	Cor**
950	18,90	34,19	1,81	1,67	21,71	Laranja avermelhado moderado(10 R 6/6)
1250	0,08	0,21	2,59	12,67	69,82	Vermelho acinzentado (5 R 4/2)
1450	-	-	-	-	-	Marrom pálido (5 YR 5/2)

Uso provável: Cerâmica vermelha.

(-) superqueimou com colagem e formação de bolhas a 1450° C.

Osmar Souto Baraúna
 Geólogo
 CREA 7008-D - PE

LMAT 14

O.S. nº0251/2009

NOTA IMPORTANTE

Os resultados deste ensaio/análise têm significação restrita e se aplicam tão somente à(s) amostra (s) coletada (s) pelo cliente.

(*) MPa (Megapascal), 1 MPa corresponde a 10,204 kgf/cm².

(**) Cor definida por comparação com a Rock- Color Chart, New York , 1984.

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 036.783

Recife, 27 de março de 2009

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio cerâmicos preliminares.

MATERIAL: Uma amostra de argila, referência "IÇÁ-03" colhida e fornecida pelo cliente.

CLIENTE : COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS.

RESULTADOS

Ensaio cerâmicos preliminares com corpos de prova de 6,0 cm x 2,0 cm x 0,5 cm, moldados por prensagem sob pressão de 19,6 MPa* , em massa semi-seca de argila moída e passada em peneira ABNT, 80 mesh.

a) Características dos corpos de prova secos a 110°C:

Umidade de prensagem.....8,40%
 Retração linear de secagem.....-0,67%
 Tensão de ruptura à flexão.....4,03MPa*
 Cor**.....rosa acinzentado (5 R 8/2)

b) Características dos corpos de prova após queima:

Temperatura de queima (°C)	Absorção de água (%)	Porosidade aparente (%)	Massa específica aparente (g/cm ³)	Retração linear (%)	Tensão de ruptura à flexão (MPa)	Cor**
950	18,44	33,26	1,80	1,66	14,55	Rosa alaranjado moderado (5 YR 8/4)
1250	8,19	17,95	2,19	7,62	25,00	Laranja muito pálido (10 YR 8/2)
1450	4,22	9,86	2,34	8,77	28,16	Laranja amarelado pálido (10 YR 8/6)

Uso provável: Cerâmica Branca, argila refratária.

Osmar Souto Baraúna
 Geólogo
 CREA 7008-D - PE

LMAT 11

O.S. nº0251/2009

NOTA IMPORTANTE

Os resultados deste ensaio/análise têm significação restrita e se aplicam tão somente à(s) amostra (s) coletada (s) pelo cliente.

(*) MPa (Megapascal), 1 MPa corresponde a 10,204 kgf/cm².

(**) Cor definida por comparação com a Rock- Color Chart, New York , 1984.

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 036.774

Recife, 27 de março de 2009

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio cerâmicos preliminares.

MATERIAL: Uma amostra de argila, referência "AS-JUT-03" colhida e fornecida pelo cliente.

CLIENTE : COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS.

R E S U L T A D O S

Ensaio cerâmicos preliminares com corpos de prova de 6,0 cm x 2,0 cm x 0,5 cm, moldados por prensagem sob pressão de 19,6 MPa* , em massa semi-seca de argila moída e passada em peneira ABNT, 80 mesh.

a) Características dos corpos de prova secos a 110°C:

Umidade de prensagem.....8,92%
 Retração linear de secagem.....0,00%
 Tensão de ruptura à flexão.....5,16MPa*
 Cor**.....marrom avermelhado pálido (10R 5/4)

b) Características dos corpos de prova após queima:

Temperatura de queima (°C)	Absorção de água (%)	Porosidade aparente (%)	Massa específica aparente (g/cm ³)	Retração linear (%)	Tensão de ruptura à flexão (MPa)	Cor**
950	15,67	29,82	1,90	0,00	6,42	Laranja avermelhado moderado (10 R 6/6)
1250	13,32	26,03	1,97	1,00	7,27	Marrom claro (5 YR 6/4)
1450	12,26	24,25	1,98	1,17	9,37	Marrom claro (5 YR 5/6)

Uso provável: Cerâmica vermelha ou refratária.

Osmar Souto Baraúna
 Geólogo
 CREA 7008-D - PE

LMAT 02

O.S. nº0251/2009

NOTA IMPORTANTE

Os resultados deste ensaio/análise têm significação restrita e se aplicam tão somente à(s) amostra (s) coletada (s) pelo cliente.

(*) MPa (Megapascal), 1 MPa corresponde a 10,204 kgf/cm².

(**) Cor definida por comparação com a Rock- Color Chart, New York , 1984.

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 036.775

Recife, 27 de março de 2009

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio cerâmicos preliminares.

MATERIAL: Uma amostra de argila, referência "AS-FBO-04" colhida e fornecida pelo cliente.

CLIENTE : COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS.

R E S U L T A D O S

Ensaio cerâmicos preliminares com corpos de prova de 6,0 cm x 2,0 cm x 0,5 cm, moldados por prensagem sob pressão de 19,6 MPa* , em massa semi-seca de argila moída e passada em peneira ABNT, 80 mesh.

a) Características dos corpos de prova secos a 110°C:

Umidade de prensagem.....7,46%
 Retração linear de secagem.....-0,17%
 Tensão de ruptura à flexão.....4,74MPa*
 Cor**Rosa alaranjado acinzentado (5 YR 7/2)

b) Características dos corpos de prova após queima:

Temperatura de queima (°C)	Absorção de água (%)	Porosidade aparente (%)	Massa específica aparente (g/cm ³)	Retração linear (%)	Tensão de ruptura à flexão (MPa)	Cor**
950	15,44	29,29	1,90	-0,17	9,36	Rosa alaranjado moderado (5 YR 8/4)
1250	8,65	18,36	2,12	3,49	17,53	Laranja muito pálido (10 YR 7/4)
1450	1,44	3,32	2,30	5,68	26,94	Marrom amarelado pálido (10 YR 6/2)

Uso provável: Cerâmica branca, argila refratária.

Osmar Souto Baraúna
 Geólogo
 CREA 7008-D - PE

LMAT 03

O.S. nº0251/2009

NOTA IMPORTANTE

Os resultados deste ensaio/análise têm significação restrita e se aplicam tão somente à(s) amostra (s) coletada (s) pelo cliente.

(*) MPa (Megapascal), 1 MPa corresponde a 10,204 kgf/cm².

(**) Cor definida por comparação com a Rock- Color Chart, New York , 1984.

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 036.776

Recife, 27 de março de 2009

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio cerâmicos preliminares.

MATERIAL: Uma amostra de argila, referência "AS-FBO-05" colhida e fornecida pelo cliente.

CLIENTE : COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS.

R E S U L T A D O S

Ensaio cerâmicos preliminares com corpos de prova de 6,0 cm x 2,0 cm x 0,5 cm, moldados por prensagem sob pressão de 19,6 MPa* , em massa semi-seca de argila moída e passada em peneira ABNT, 80 mesh.

a) Características dos corpos de prova secos a 110°C:

Umidade de prensagem.....9,68%
 Retração linear de secagem.....0,17%
 Tensão de ruptura à flexão.....4,81MPa*
 Cor**Laranja acinzentado (10 YR 7/4)

b) Características dos corpos de prova após queima:

Temperatura de queima (°C)	Absorção de água (%)	Porosidade aparente (%)	Massa específica aparente (g/cm ³)	Retração linear (%)	Tensão de ruptura à flexão (MPa)	Cor**
950	17,32	32,04	1,85	-0,17	7,17	Laranja amarelado pálido (10 YR 8/6)
1250	12,83	25,42	1,98	2,17	8,08	Laranja amarelado escuro (10YR 6/6)
1450	10,20	20,96	2,06	2,67	12,88	Marrom claro (5 YR 5/6)

Uso provável: Cerâmica vermelha, argila refratária.

Osmar Souto Baraúna
 Geólogo
 CREA 7008-D - PE

LMAT 04

O.S. nº0251/2009

NOTA IMPORTANTE

Os resultados deste ensaio/análise têm significação restrita e se aplicam tão somente à(s) amostra (s) coletada (s) pelo cliente.

(*) MPa (Megapascal), 1 MPa corresponde a 10,204 kgf/cm².

(**) Cor definida por comparação com a Rock- Color Chart, New York , 1984.

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 036.778

Recife, 27 de março de 2009

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio cerâmicos preliminares.

MATERIAL: Uma amostra de argila, referência "AS-FBO-06" colhida e fornecida pelo cliente.

CLIENTE : COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS.

R E S U L T A D O S

Ensaio cerâmicos preliminares com corpos de prova de 6,0 cm x 2,0 cm x 0,5 cm, moldados por prensagem sob pressão de 19,6 MPa* , em massa semi-seca de argila moída e passada em peneira ABNT, 80 mesh.

a) Características dos corpos de prova secos a 110°C:

Umidade de prensagem.....7,93%
 Retração linear de secagem.....-0,17%
 Tensão de ruptura à flexão.....3,11MPa*
 Cor**Marrom claro (5 YR 6/4)

b) Características dos corpos de prova após queima:

Temperatura de queima (°C)	Absorção de água (%)	Porosidade aparente (%)	Massa específica aparente (g/cm ³)	Retração linear (%)	Tensão de ruptura à flexão (MPa)	Cor**
950	15,70	29,67	1,89	-0,33	4,20	Rosa alaranjado moderado (5 YR 8/4)
1250	14,16	27,23	1,92	0,17	4,99	Laranja muito pálido (10 YR 8/2)
1450	12,80	24,97	1,95	0,50	7,09	Laranja amarelado pálido (10 YR 7/4)

Uso provável: Cerâmica Branca, argila refratária.

Osmar Souto Baraúna
 Geólogo
 CREA 7008-D - PE

LMAT 06

O.S. nº0251/2009

NOTA IMPORTANTE

Os resultados deste ensaio/análise têm significação restrita e se aplicam tão somente à(s) amostra (s) coletada (s) pelo cliente.

(*) MPa (Megapascal), 1 MPa corresponde a 10,204 kgf/cm².

(**) Cor definida por comparação com a Rock- Color Chart, New York , 1984.

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 036.779

Recife, 27 de março de 2009

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio cerâmicos preliminares.

MATERIAL: Uma amostra de argila, referência "AS-FBO-07" colhida e fornecida pelo cliente.

CLIENTE : COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS.

R E S U L T A D O S

Ensaio cerâmicos preliminares com corpos de prova de 6,0 cm x 2,0 cm x 0,5 cm, moldados por prensagem sob pressão de 19,6 MPa* , em massa semi-seca de argila moída e passada em peneira ABNT, 80 mesh.

a) Características dos corpos de prova secos a 110°C:

Umidade de prensagem.....7,70%
 Retração linear de secagem.....-0,17%
 Tensão de ruptura à flexão.....3,18MPa*
 Cor**.....Marrom claro (5 YR 6/4)

b) Características dos corpos de prova após queima:

Temperatura de queima (°C)	Absorção de água (%)	Porosidade aparente (%)	Massa específica aparente (g/cm ³)	Retração linear (%)	Tensão de ruptura à flexão (MPa)	Cor**
950	15,75	29,76	1,89	-0,33	4,62	Rosa alaranjado moderado (5 YR 8/4)
1250	14,08	27,19	1,93	0,83	5,58	Laranja muito pálido (10 YR 8/2)
1450	11,91	23,62	1,98	1,33	7,88	Laranja amarelado pálido (10 YR 8/6)

Uso provável: Cerâmica branca, argila refratária.

Osmar Souto Baraúna
 Geólogo
 CREA 7008-D - PE

LMAT 07

O.S. nº0251/2009

NOTA IMPORTANTE

Os resultados deste ensaio/análise têm significação restrita e se aplicam tão somente à(s) amostra (s) coletada (s) pelo cliente.

(*) MPa (Megapascal), 1 MPa corresponde a 10,204 kgf/cm².

(**) Cor definida por comparação com a Rock- Color Chart, New York , 1984.

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 036.773

Recife, 27 de março de 2009

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio cerâmicos preliminares.

MATERIAL: Uma amostra de argila, referência "AS-URN-02" colhida e fornecida pelo cliente.

CLIENTE : COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS.

R E S U L T A D O S

Ensaio cerâmicos preliminares com corpos de prova de 6,0 cm x 2,0 cm x 0,5 cm, moldados por prensagem sob pressão de 19,6 MPa* , em massa semi-seca de argila moída e passada em peneira ABNT, 80 mesh.

a) Características dos corpos de prova secos a 110°C:

Umidade de prensagem.....8,87%
 Retração linear de secagem.....-0,33%
 Tensão de ruptura à flexão.....4,47MPa*
 Cor**.....Rosa acinzentado (5 R 8/2)

b) Características dos corpos de prova após queima:

Temperatura de queima (°C)	Absorção de água (%)	Porosidade aparente (%)	Massa específica aparente (g/cm ³)	Retração linear (%)	Tensão de ruptura à flexão (MPa)	Cor**
950	17,74	32,33	1,82	0,66	8,41	Rosa alaranjado acinzentado (10 R 8/2)
1250	13,36	26,28	1,97	2,82	9,37	Laranja muito pálido (10 YR 8/2)
1450	12,04	24,13	2,00	3,32	12,10	Laranja amarelado pálido (10 YR 8/6)

Uso provável: Cerâmica branca, argila refratária.

Osmar Souto Baraúna
 Geólogo
 CREA 7008-D - PE

LMAT 01

O.S. nº0251/2009

NOTA IMPORTANTE

Os resultados deste ensaio/análise têm significação restrita e se aplicam tão somente à(s) amostra (s) coletada (s) pelo cliente.

(*) MPa (Megapascal), 1 MPa corresponde a 10,204 kgf/cm².

(**) Cor definida por comparação com a Rock- Color Chart, New York , 1984.

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 036.777

Recife, 27 de março de 2009

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio cerâmicos preliminares.

MATERIAL: Uma amostra de argila, referência "AS-TFF-05" colhida e fornecida pelo cliente.

CLIENTE : COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS.

R E S U L T A D O S

Ensaio cerâmicos preliminares com corpos de prova de 6,0 cm x 2,0 cm x 0,5 cm, moldados por prensagem sob pressão de 19,6 MPa* , em massa semi-seca de argila moída e passada em peneira ABNT, 80 mesh.

a) Características dos corpos de prova secos a 110°C:

Umidade de prensagem.....8,37%
 Retração linear de secagem.....-0,17%
 Tensão de ruptura à flexão.....4,35MPa*
 Cor**.....Marrom claro (5 YR 6/4)

b) Características dos corpos de prova após queima:

Temperatura de queima (°C)	Absorção de água (%)	Porosidade aparente (%)	Massa específica aparente (g/cm ³)	Retração linear (%)	Tensão de ruptura à flexão (MPa)	Cor**
950	16,74	32,24	1,87	0,00	7,65	Laranja avermelhado moderado (10 R 6/6)
1250	12,24	24,60	2,01	2,33	9,43	Laranja acinzentado (10 YR 7/4)
1450	9,19	19,33	2,10	3,49	15,35	Marrom claro (5 YR 5/6)

Uso provável: Cerâmica vermelha, argila refratária

Osmar Souto Baraúna
 Geólogo
 CREA 7008-D - PE

LMAT 05

O.S. nº0251/2009

NOTA IMPORTANTE

Os resultados deste ensaio/análise têm significação restrita e se aplicam tão somente à(s) amostra(s) coletada(s) pelo cliente.

(*) MPa (Megapascal), 1 MPa corresponde a 10,204 kgf/cm².

(**) Cor definida por comparação com a Rock- Color Chart, New York , 1984.

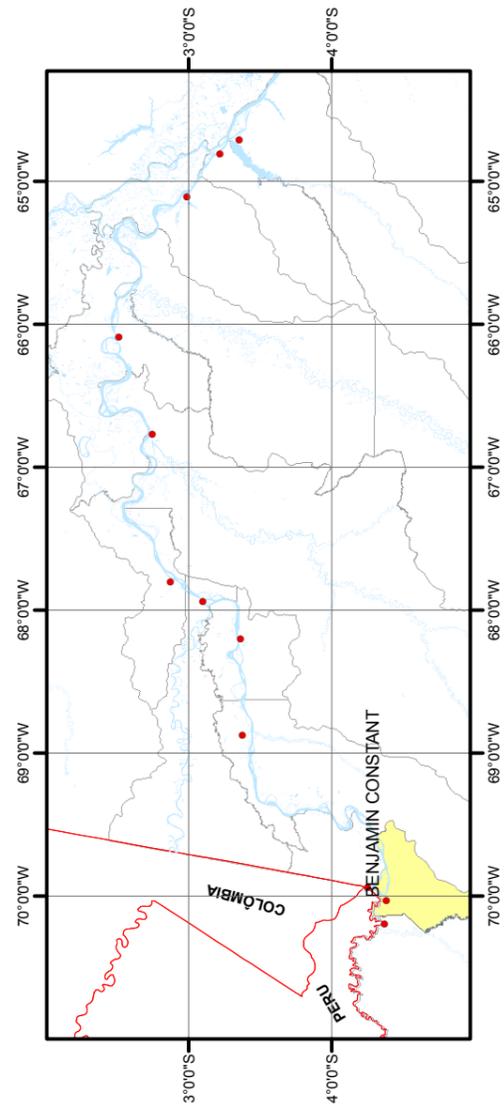
ANEXO VI

Imagem de satélite de alta resolução da cidade de Benjamin Constant com a localização do ponto de captação de água bruta, da ETA, dos pontos de água visitados e das áreas de risco mapeadas



70°0'0\"/>

Mapa de Situação
Municípios Visitados do Alto Solimões



Anexo VI

Imagem de alta resolução da cidade de Benjamin Constant com a localização do ponto de captação de água bruta, da ETA, dos pontos de água visitados e das áreas de risco mapeadas

Projeto: AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E DOS INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NAS SEDES DOS MUNICÍPIOS SITUADOS NA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES (AM)



Legenda

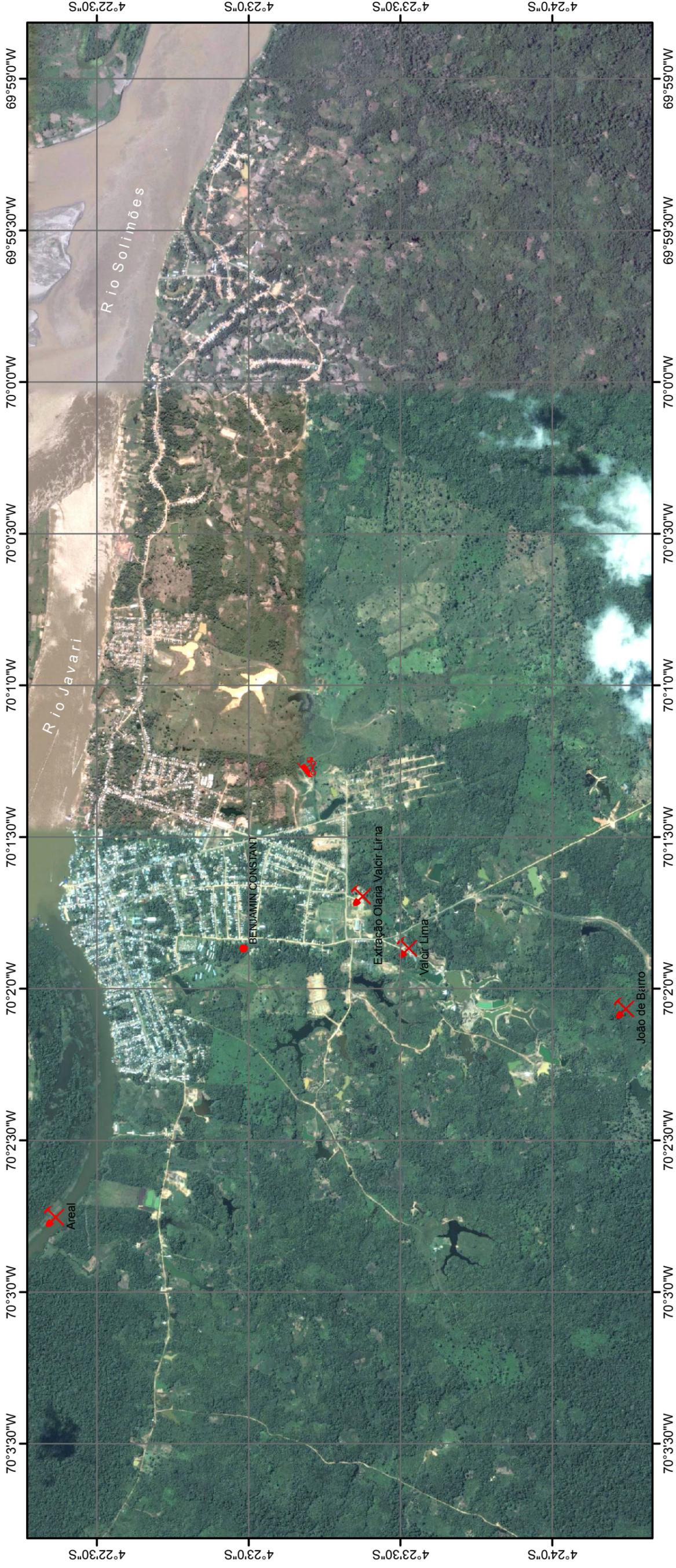
-  Poço Sítio Nova Jerusalém
-  Cacimba da Câmara Municipal
-  Área de Risco Médio de Escorregamento
-  Área de Risco de Alagamento

Escala

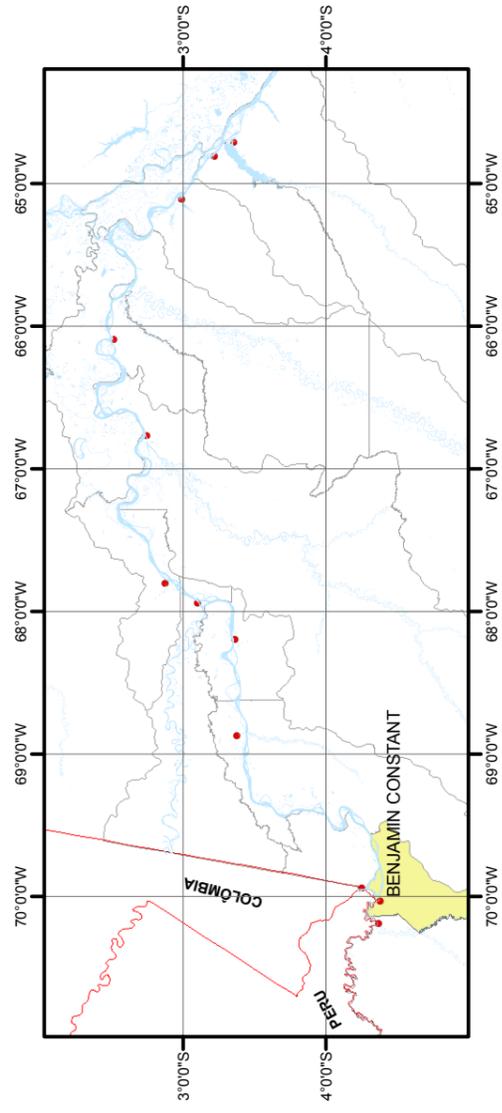


ANEXO VII

**Imagem de satélite de alta resolução com a localização da
zona urbana, das olarias e do depósito de resíduos sólidos de
Benjamin Constant**



**Mapa de Situação
Municípios Visitados do Alto Solimões**



Anexo VII

Imagem de satélite de alta resolução com a localização da zona urbana, das olarias, e do depósito de resíduos sólidos de Benjamin Constant

Projeto: AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E DOS INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NAS SEDES DOS MUNICÍPIOS SITUADOS NA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES (AM)

CPERM
Centro de Pesquisa e Monitoramento em Recursos Minerais

Secretaria de Ecologia,
Ministério de
Mineeração e Transformação Mineral, Minas e Energia

Legenda

- Sede Municipal
- ✂ Depósito de Resíduos Sólidos
- ✂ Olaria / Areal

Escala



ANEXO VIII

**Tabelas 1 a 4 - Resultados analíticos das amostras de água
coletadas nas sondagens realizadas nos depósitos de
resíduos sólidos ou nos entornos**

Tabela 1 – Resultados analíticos das amostras de água coletadas nas sondagens realizadas nos depósitos de resíduos sólidos ou nos entornos nos municípios de Tabatinga, Benjamin Constant, Tonantins, Santo Antônio do Içá e Amaturá (analisadas pelo INPA).

Amostra	pH	C. Elétrica µS/cm	Cor mg/L	Alcalinidade mg/LHCO3/L	DQO mg/L	NO ₃ mg/L	NH ₄ mg/L	Cl mg/L	SO ₄ mg/L
TABATINGA									
TAB 18 S1	4,4	23,1	<0,75	1,83	8,63	0,459	< 0,1	0,744	20,03
BENJAMIN CONSTANT									
BEN 01 IG	5,4	12,1	125,66	6,71	49,14	< 0,01	0,362	0,848	2,35
BEN 01 S1	5,6	67,2	5.699,76	6,10	30,23	0,353	10,51	38,82	110,36
TONANTINS									
TNO 01 IG	5,5	26,5	35,16	4,27	16,14	0,074	0,14	5,57	1,73
SANTO ANTÔNIO DO IÇÁ									
IÇÁ 01 IG	5,7	35,1	34,40	15,25	39,84	0,470	0,166	3,24	2,42
AMATURÁ									
AMT 01 IG	6,8	254,6	100,23	102,48	74,19	0,070	2,656	12,88	2,98
Valores de Referência									
Port. 518/04 M.S*	6,0 - 9,5	n.e	15,0	n.e	n.e	10,0	1,5	250,0	250,0
Resl. 357/05 CONAMA**	6,0 - 9,0	n.e	75,0	n.e	n.e	10,0	3,7	250,0	250,0

“<” indica concentrações inferiores ao limite de detecção do método analítico utilizado pelo laboratório; em vermelho, concentrações superiores aos valores de referência adotados. n.e = não estipulado;

*Valores de referência para águas subterrâneas; **Valores de referência para águas doces superficiais Classe 2.

Tabela 2– Resultados analíticos das amostras de água coletadas nas sondagens realizadas nos depósitos de resíduos sólidos ou nos entornos nos municípios de Tabatinga, Benjamin Constant, Tonantins, Santo Antônio do Içá e Amaturá (analisadas pelo LAMIN).

Amostra	Al mg/L	As mg/L	Be mg/L	Ba mg/L	B mg/L	Cd mg/L	Ca mg/L
TABATINGA							
TAB 18 S1	0,154	<0,008	<0,001	0,009	<0,007	<0,002	0,088
BENJAMIN CONSTANT							
BEN 01 IG	0,084	<0,008	<0,001	<0,003	<0,007	<0,002	0,390
TONANTINS							
TNO 01 IG	0,044	<0,008	<0,001	0,007	<0,007	<0,002	0,502
SANTO ANTÔNIO DO IÇÁ							
IÇÁ 01 IG	0,430	<0,008	<0,001	0,014	<0,007	<0,002	1,766
AMATURÁ							
AMT 01 IG	0,165	<0,008	<0,001	0,046	<0,007	<0,002	26,249
Valores de Referência							
Port. 518/04 M.S*	0,2	0,1	n.e	0,7	n.e	0,005	n.e
Resl. 357/05 CONAMA**	0,1	0,01	0,04	0,7	n.e	0,001	n.e

“<” indica concentrações inferiores ao limite de detecção do método analítico utilizado pelo laboratório; em vermelho, concentrações superiores aos valores de referência adotados. n.e = não estipulado;

*Valores de referência para águas subterrâneas; **Valores de referência para águas doces superficiais Classe 2.

Tabela 2 – Continuação

Amostra	Co mg/L	Cu mg/L	Cr mg/L	Fe mg/L	Mg mg/L	Mn mg/L	Mo mg/L
TABATINGA							
TAB 18 S1	<0,003	<0,002	<0,003	0,020	0,060	<0,007	<0,007
BENJAMIN CONSTANT							
BEN 01 IG	<0,003	<0,002	<0,003	0,392	0,088	0,038	<0,007
TONANTINS							
TNO 01 IG	<0,003	<0,002	<0,003	0,125	0,073	0,009	<0,007
SANTO ANTÔNIO DO IÇÁ							
IÇÁ 01 IG	<0,003	<0,002	<0,003	0,662	0,289	<0,007	<0,007
AMATURÁ							
AMT 01 IG	<0,003	0,007	<0,003	3,053	3,333	0,165	<0,007
Valores de Referência							
Port. 518/04 M.S*	n.e	2,0	0,05	0,3	n.e	0,1	n.e
Resl. 357/05 CONAMA**	0,05	0,009	0,05	0,3	n.e	0,1	n.e

“<” indica concentrações inferiores ao limite de detecção do método analítico utilizado pelo laboratório; em vermelho, concentrações superiores aos valores de referência adotados. n.e = não estipulado;
*Valores de referência para águas subterrâneas; **Valores de referência para águas doces superficiais Classe 2.

Tabela 2 – Continuação

Amostra	Ni mg/L	Pb mg/L	Se mg/L	Sr mg/L	Si mg/L	Sn mg/L	Ti mg/L
TABATINGA							
TAB 18 S1	<0,007	<0,01	<0,01	0,001	2,801	<0,010	<0,005
BENJAMIN CONSTANT							
BEN 01 IG	<0,007	<0,01	<0,010	0,002	1,275	<0,010	<0,005
TONANTINS							
TNO 01 IG	<0,007	<0,01	<0,01	0,002	5,058	<0,010	<0,005
SANTO ANTÔNIO DO IÇÁ							
IÇÁ 01 IG	<0,007	<0,01	<0,010	0,006	2,659	<0,010	<0,005
AMATURÁ							
AMT 01 IG	<0,007	<0,01	<0,01	0,076	5,349	<0,010	<0,005
Valores de Referência							
Port. 518/04 M.S*	0,02	0,01	0,01	n.e	n.e	n.e	n.e
Resl. 357/05 CONAMA**	0,025	0,01	0,01	n.e	n.e	n.e	n.e

“<” indica concentrações inferiores ao limite de detecção do método analítico utilizado pelo laboratório; n.e = não estipulado;
*Valores de referência para águas subterrâneas; **Valores de referência para águas doces superficiais Classe 2.

Tabela 2 – Continuação

Amostra	V mg/L	Zn mg/L	K mg/L	Na mg/L	Li mg/L
TABATINGA					
TAB 18 S1	<0,030	0,360	<0,001	0,734	0,234
BENJAMIN CONSTANT					
BEN 01 IG	<0,030	<0,020	<0,001	1,308	1,496
TONANTINS					
TNO 01 IG	<0,030	0,022	<0,001	1,381	<0,001
SANTO ANTÔNIO DO IÇÁ					
IÇÁ 01 IG	<0,030	0,036	<0,001	2,972	<0,001
AMATURÁ					
AMT 01 IG	<0,030	0,061	<0,001	5,892	<0,001
Valores de Referência					
Port. 518/04 M.S*	n.e	5,00	n.e	200,0	n.e
Resl. 357/05 CONAMA**	0,1	0,18	n.e	n.e	2,5

"<" indica concentrações inferiores ao limite de detecção do método analítico utilizado pelo laboratório; em vermelho, concentrações superiores aos valores de referência adotados. n.e = não estipulado;

*Valores de referência para águas subterrâneas; **Valores de referência para águas doces superficiais Classe 2.

Tabela 3 – Resultados analíticos das amostras de água coletadas nas sondagens realizadas nos depósitos de resíduos sólidos ou nos entornos nos municípios de Fonte Boa, Alvarães e Tefé (analisadas pelo INPA).

Amostra	pH	C. Elétrica µS/cm	Cor mg/L	Alcalinidade mg/LHCO3/L	DQO mg/L	NO ₃ mg/L	NH ₄ mg/L	Cl mg/L	SO ₄ mg/L
FONTE BOA									
FBO 01	6.0	22.22	191.49	10.98	58.04	0.01	0.59	1.60	5.43
TEFÉ									
TFF 01 PM 1	4.5	21.44	9.72	3.05	19.13	0.01	<0.1	1.36	1.71
TFF 01 PM 2	4.6	119.6	8.98	4.88	25.72	0.02	0.22	25.36	2.88
TFF 01 PM 3	4.6	31.19	47.87	3.66	9.80	1.18	0.20	3.12	3.98
TFF 01 PM 4	4.4	18.59	7.48	2.44	3.30	0.22	<0.1	1.09	1.83
Valores de Referência									
Port. 518/04 M.S*	6,0 - 9,5	n.e	15,0	n.e	n.e	10,0	1,5	250,0	250,0
Resl. 357/05 CONAMA**	6,0 - 9,0	n.e	75,0	n.e	n.e	10,0	3,7	250,0	250,0

“<” indica concentrações inferiores ao limite de detecção do método analítico utilizado pelo laboratório; em vermelho, concentrações superiores aos valores de referência adotados. n.e = não estipulado; *Valores de referência para águas subterrâneas; **Valores de referência para águas doces superficiais Classe 2.

Tabela 4 – Resultados analíticos das amostras de água coletadas nas sondagens realizadas nos depósitos de resíduos sólidos ou nos entornos nos municípios de Fonte Boa, Alvarães e Tefé (analisadas pelo LAMIN).

Amostra	Al mg/L	As mg/L	Be mg/L	Ba mg/L	B mg/L	Cd mg/L	Ca mg/L
FONTE BOA							
FBO 01	0,045	< 0,008	< 0,001	0,037	< 0,007	< 0,002	1,549
TEFÉ							
TFF 01 PM 1	0,321	< 0,008	< 0,001	0,008	< 0,007	< 0,002	0,182
TFF 01 PM 2	0,088	< 0,008	< 0,001	0,028	< 0,007	< 0,002	1,348
TFF 01 PM 3	0,087	< 0,008	< 0,001	0,018	< 0,007	< 0,002	0,522
TFF 01 PM 4	0,080	< 0,008	< 0,001	0,010	< 0,007	< 0,002	0,145
ALVARÃES							
ALV 01	0,048	< 0,008	< 0,001	0,003	< 0,007	< 0,002	0,068
Valores de Referência							
Port. 518/04 M.S*	0,2	0,01	n.e	0,7	n.e	0,005	n.e
Resl. 357/05 CONAMA**	0,1	0,01	0,04	0,7	n.e	0,001	n.e

“<” indica concentrações inferiores ao limite de detecção do método analítico utilizado pelo laboratório; em vermelho, concentrações superiores aos valores de referência adotados. n.e = não estipulado; *Valores de referência para águas subterrâneas; **Valores de referência para águas doces superficiais Classe 2.

Tabela 4 – Continuação

Amostra	Co mg/L	Cu mg/L	Cr mg/L	Fe mg/L	Mg mg/L	Mn mg/L	Mo mg/L
FONTE BOA							
FBO 01	< 0,003	< 0,002	< 0,003	3,138	0,832	0,118	<0,007
TEFÉ							
TFF 01 PM 1	< 0,003	< 0,002	< 0,003	6,397	0,098	0,024	<0,007
TFF 01 PM 2	< 0,003	< 0,002	< 0,003	4,008	0,168	0,035	<0,007
TFF 01 PM 3	< 0,003	< 0,002	< 0,003	0,218	0,132	0,016	<0,007
TFF 01 PM 4	< 0,003	< 0,002	< 0,003	0,003	0,038	<0,007	<0,007
ALVARÃES							
ALV 01	< 0,003	< 0,002	< 0,003	0,004	0,020	<0,007	<0,007
Valores de Referência							
Port. 518/04 M.S*	n.e	2,0	0,05	0,3	n.e	0,1	n.e
Resl. 357/05 CONAMA**	0,05	0,009	0,05	0,3	n.e	0,1	n.e

“<” indica concentrações inferiores ao limite de detecção do método analítico utilizado pelo laboratório; em vermelho, concentrações superiores aos valores de referência adotados. n.e = não estipulado; *Valores de referência para águas subterrâneas; **Valores de referência para águas doces superficiais Classe 2.

Tabela 4 – Continuação

Amostra	Ni mg/L	Pb mg/L	Se mg/L	Sr mg/L	Si mg/L	Sn mg/L	Ti mg/L
FONTE BOA							
FBO 01	<0,007	0,010	<0,010	0,024	2,997	<0,010	<0,005
TEFÉ							
TFF 01 PM 1	<0,007	<0,007	<0,010	0,002	2,099	<0,010	0,020
TFF 01 PM 2	<0,007	0,016	<0,010	0,004	3,679	<0,010	<0,005
TFF 01 PM 3	<0,007	<0,007	<0,010	0,003	2,768	<0,010	<0,005
TFF 01 PM 4	<0,007	<0,007	<0,010	<0,001	2,364	<0,010	<0,005
ALVARÃES							
ALV 01	<0,007	<0,007	<0,010	0,002	1,726	<0,010	<0,005
Valores de Referência							
Port. 518/04 M.S*	0,02	0,01	0,01	n.e	n.e	n.e	n.e
Resl. 357/05 CONAMA**	0,025	0,01	0,01	n.e	n.e	n.e	n.e

“<” indica concentrações inferiores ao limite de detecção do método analítico utilizado pelo laboratório; n.e = não estipulado; em vermelho, concentrações superiores aos valores de referência adotados. *Valores de referência para águas subterrâneas; **Valores de referência para águas doces superficiais Classe 2.

Tabela 4 – Continuação

Amostra	V mg/L	Zn mg/L	K mg/L	Na mg/L	Li mg/L
FONTE BOA					
FBO 01	<0,030	<0,020	1,893	0,755	<0,001
TEFÉ					
TFF 01 PM 1	<0,030	0,042	0,396	0,746	<0,001
TFF 01 PM 2	<0,030	0,058	0,585	21,209	<0,001
TFF 01 PM 3	<0,030	0,045	1,058	3,162	<0,001
TFF 01 PM 4	<0,030	0,042	0,340	0,267	<0,001
ALVARÃES					
ALV 01	<0,030	0,214	0,796	0,688	<0,001
Valores de Referência					
Port. 518/04 M.S*	n.e	5,00	n.e	200,0	n.e
Resl. 357/05 CONAMA**	0,1	0,18	n.e	n.e	2,5

"<" indica concentrações inferiores ao limite de detecção do método analítico utilizado pelo laboratório; n.e = não estipulado;

*Valores de referência para águas subterrâneas; **Valores de referência para águas doces superficiais Classe 2.

ANEXO IX

**Resultados das análises granulométricas realizadas no
laboratório da EMBRAPA em Manaus**



EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL
LABORATORIO DE ANÁLISES DE SOLOS E PLANTAS - LASP
Resultados analíticos - Física do Solo

Remetente: **Gilvan Coibra Martins / CPRM**

Data de Entrada: **04/12/2008**

Data de Saída: **16/02/2009**

Núme do Prot.	Identificação das amostras	AREIA GROSSA	AREIA FINA	AREIA TOTAL	SILTE	ARGILA	Classificação textural do solo
		2.00-0.20 mm	0.20-0.05 mm	2.00-0.05 mm	0.05-0.002 mm	<0.002 mm	
		(g/kg)					
2333	TAB-19	942,67	43,80	986,46	4,04	9,50	Areia
2334	SPO-01-S1 (1,5m - 2,5m)	10,53	303,56	314,09	346,91	339,00	Franco Argilosa
2335	SPO-01-S1 (2,5m - 3,5m)	3,15	436,64	439,79	329,71	230,50	Franca
2336	SPO-01-S1 (3,5m - 4,5m)	105,02	373,12	478,14	331,36	190,50	Franca
2337	SPO-01-S1 (4,5m - 5,8m)	208,03	264,92	472,95	316,56	210,50	Franca
2338	SPO-04	575,46	367,28	942,74	43,26	14,00	Areia
2350	AMT-02-S1 (0,0m - 2,5m)	1,10	5,16	6,26	282,24	711,50	Muito Argiloso
2351	AMT-02-S1 (2,5m - 3,0m)	0,14	155,70	155,84	450,67	393,50	Franco Argilo Siltoso
2352	AMT-02-S1 (3,0m - 5,0m)	141,92	448,85	590,77	296,73	112,50	Franco Arenosa
2353	AMT-02-S1 (5,0m - 7,0m)	50,66	460,87	511,53	322,98	165,50	Franca
2354	AMT-02-S1 (7,0m - 10,0m)	274,90	389,09	663,98	263,02	73,00	Franco Arenosa
2345	IÇA-02-S1 (0,0m - 0,5m)	14,60	252,59	267,19	406,31	326,50	Franco Argilosa
2346	IÇA-02-S1 (0,5m - 2,0m)	34,74	300,16	334,90	396,60	268,50	Franca
2347	IÇA-02-S1 (2,0m - 3,0m)	31,60	275,96	307,56	380,94	311,50	Franco Argilosa
2348	IÇA-02-S1 (3,0m - 3,5m)	5,40	169,83	175,23	453,27	371,50	Franco Argilo Siltoso
2349	IÇA-02-S1 (3,5m - 5,0m)	109,51	332,43	441,94	368,06	190,00	Franca
2339	TON-02	541,15	355,12	896,27	80,74	23,00	Areia
2340	TON-04-S1 (0,5m)	42,43	255,78	298,21	208,30	493,50	Argila
2341	TON-04-S1 (0,5m - 1,5m)	37,51	262,00	299,51	169,49	531,00	Argila
2342	TON-04-S1 (1,5m-2,5m)	28,19	252,22	280,41	183,09	536,50	Argila
2343	TON-04-S1(2,5m-3,0m)	19,33	267,85	287,18	269,33	443,50	Argila
2344	TON-04-S1 (3,0m - 4,0m)	19,65	360,75	380,40	320,60	299,00	Franco Argilosa
2355	JUT-04	952,87	25,95	978,82	11,19	10,00	Areia

Observação: A Embrapa Amazônia Ocidental, na qualidade de prestadora dos serviços de análises, não se responsabiliza pela(s) coleta(s) da(s) amostra(s) ficando a(s) mesma(s) sob a responsabilidade do(s) cliente(s) / remetente(s).

Paulo César Teixeira
 Responsável - LASP.



EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL
LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE SOLOS E PLANTAS - LASP
Resultados analíticos - Física do Solo

Remetente: **Gilvan Coibra Martins / CPRM**

Data de Entrada: **04/12/2008**

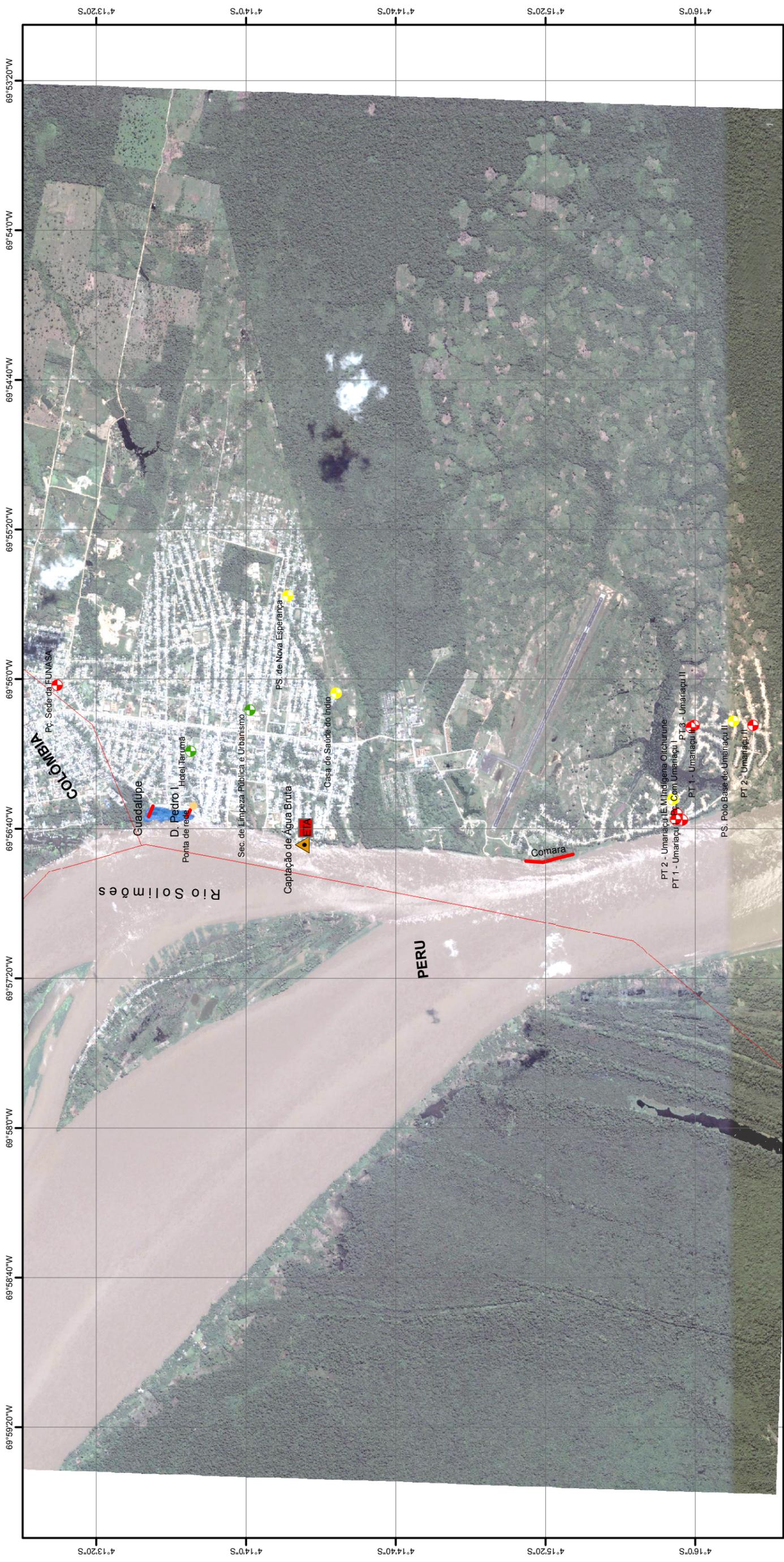
Data de Saída: **16/02/2009**

Núm do Prot.	Identificação das amostras	AREIA GROSSA	AREIA FINA	AREIA TOTAL	SILTE	ARGILA	Classificação textural do solo
		2.00-0.20 mm	0.20-0.05 mm	2.00-0.05 mm	0.05-0.002 mm	<0.002 mm	
		(g/kg)					
2356	FBO-03-S1 (1,0m - 2,0m)	168,99	256,41	425,40	219,60	355,00	Muito Argiloso
2357	FBO-03-S1 (2,0m - 2,5m)	182,00	255,21	437,21	259,79	303,00	Franco Argilosa
2358	FBO-03-S1 (3,0m - 4,0m)	386,56	261,09	647,65	228,35	124,00	Franco Arenosa
2359	FBO-03-S1 (4,0m - 5,0m)	454,40	206,47	660,86	255,14	84,00	Franco Arenosa
2360	FBO-03-S1 (5,0m - 6,0m)	244,98	394,21	639,19	283,81	77,00	Franco Arenosa
2361	FBO-03-S1 (6,0m - 7,0m)	215,64	378,06	593,70	315,30	91,00	Franco Arenosa
2369	TFF-04	718,51	239,62	958,13	35,87	6,00	Areia

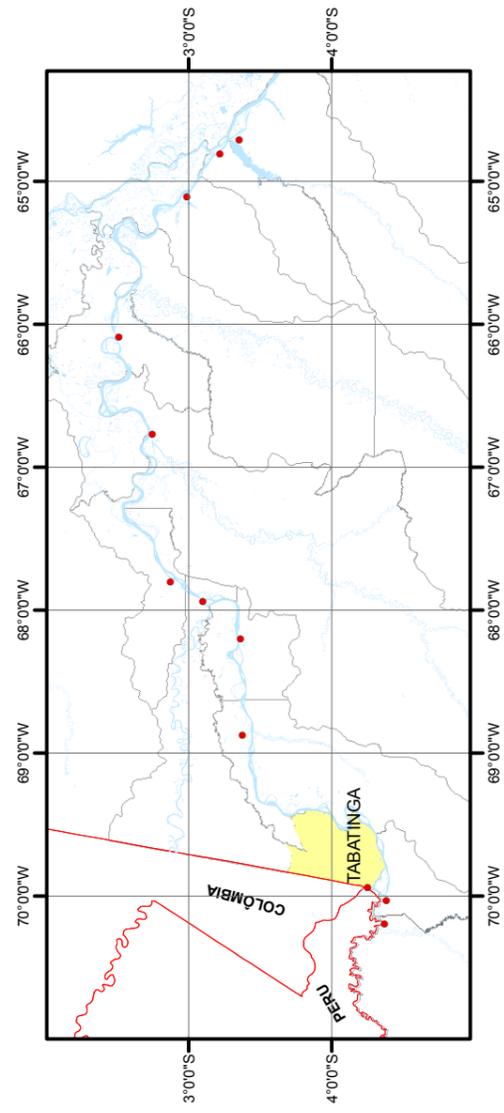
Observação: A Embrapa Amazônia Ocidental, na qualidade de prestadora dos serviços de análises, não se responsabiliza pela(s) coleta(s) da(s) amostra(s) ficando a(s) mesma(s) sob a responsabilidade do(s) cliente(s) / remetente(s).

ANEXO X

Imagem de satélite de alta resolução da cidade de Tabatinga, com a localização do ponto de captação de água bruta, da ETA, dos poços tubulares visitados e das áreas de risco mapeadas



Mapa de Situação
Municípios Visitados do Alto Solimões



Anexo X

Imagem de satélite de alta resolução da cidade de Tabatinga, com a localização do ponto de captação de água bruta, da ETA, dos poços tubulares visitados e das áreas de risco mapeadas

Projeto: AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E DOS INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NAS SEDES DOS MUNICÍPIOS SITUADOS NA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES (AM)

CPFRM
Centro de Pesquisas em Física, Mineração e Transformação Mineral, Micro e Energia

Ministério de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, Micro e Energia

Legenda

- Poços da Funasa
- Poços de Escolas/Postos de Saúde
- Poços Particulares
- Área de Risco Alto de Escorregamento
- Área de Risco de Alagamento

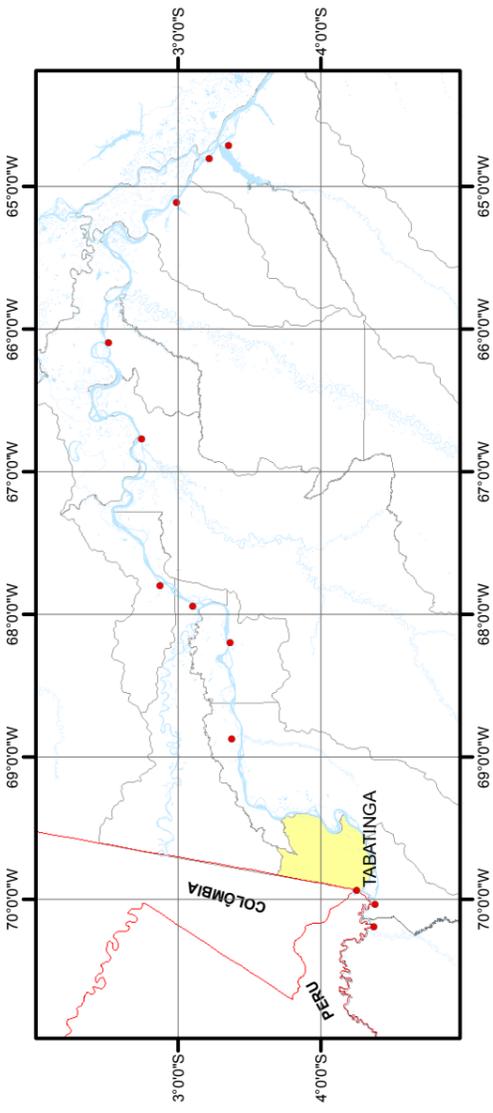
Escala
0 0,5 1 Km

ANEXO XI

**Imagem de satélite de alta resolução com a localização da
zona urbana, das olarias e do depósito de resíduos sólidos de
Tabatinga**

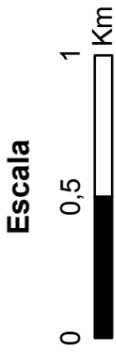


**Mapa de Situação
Municípios Visitados do Alto Solimões**



Legenda

- Sede Municipal
- Limite Político Brasil - Colômbia / Perú
- ⓧ Depósito de Resíduos Sólidos
- ⓧ Olarias



Anexo XI

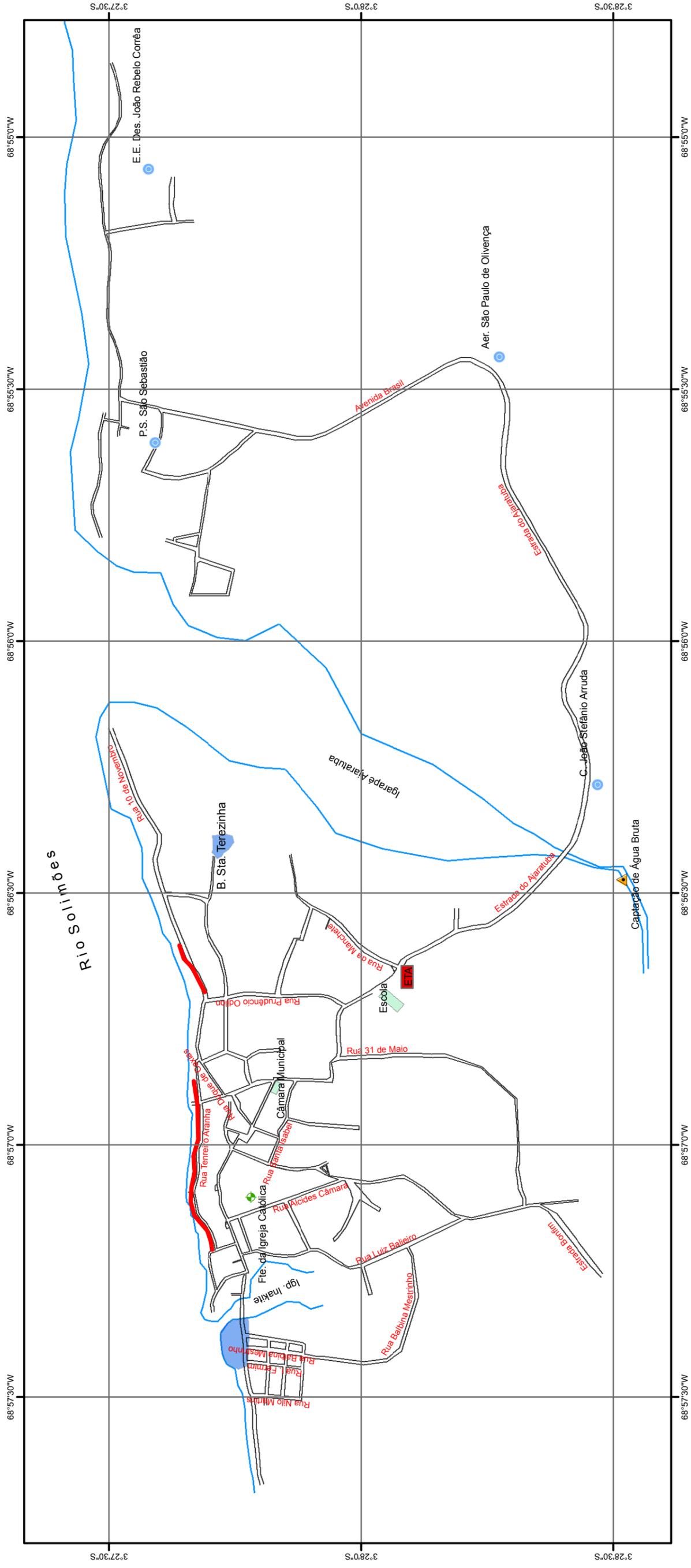
Imagem de satélite de alta resolução com a localização da zona urbana, das olarias e do depósito de resíduos sólidos de Tabatinga

Projeto: AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E DOS INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NAS SEDES DOS MUNICÍPIOS SITUADOS NA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES (AM)

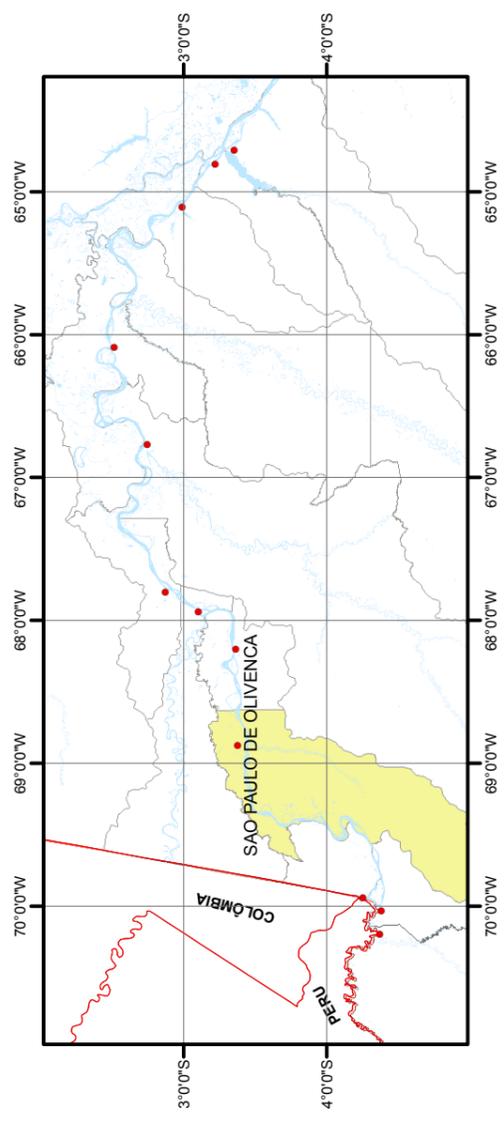


ANEXO XII

**Mapa do sistema viário da cidade de São Paulo de Olivença,
com a localização do ponto de captação de água bruta, da
ETA, dos pontos de água visitados e das áreas de risco
mapeadas**

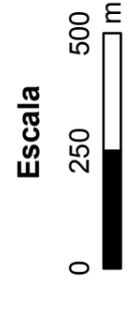


Mapa de Situação
Municípios Visitados do Alto Solimões



Legenda

- Cacimbas
- ◆ Fonte Natural
- Área de Risco Alto de Escorregamento
- Área de Risco de Alagamento



Anexo XII

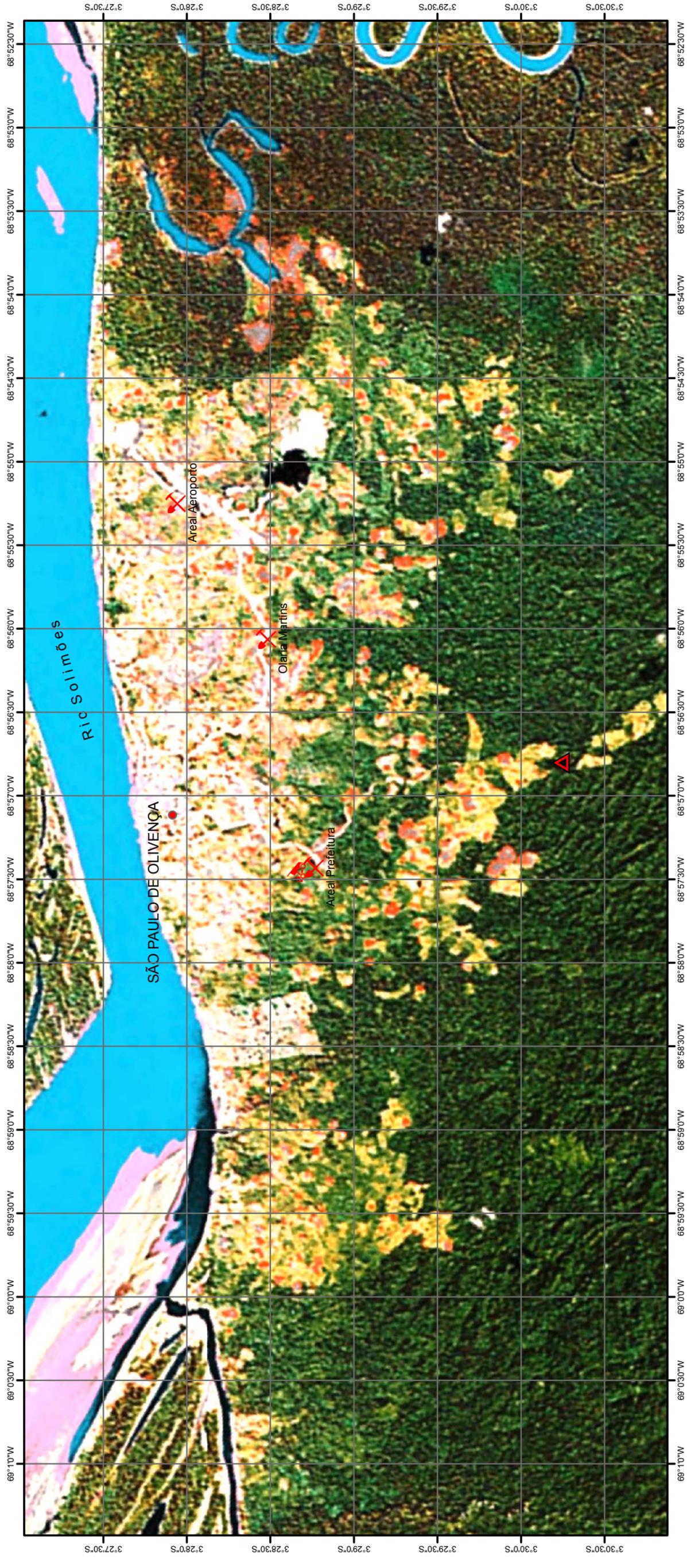
Mapa do sistema viário da cidade de São Paulo de Olivença, com a localização do ponto de captação de água bruta, da ETA, dos pontos de água visitados e das áreas de risco mapeadas

Projeto: AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E DOS INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NAS SEDES DOS MUNICÍPIOS SITUADOS NA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES (AM)

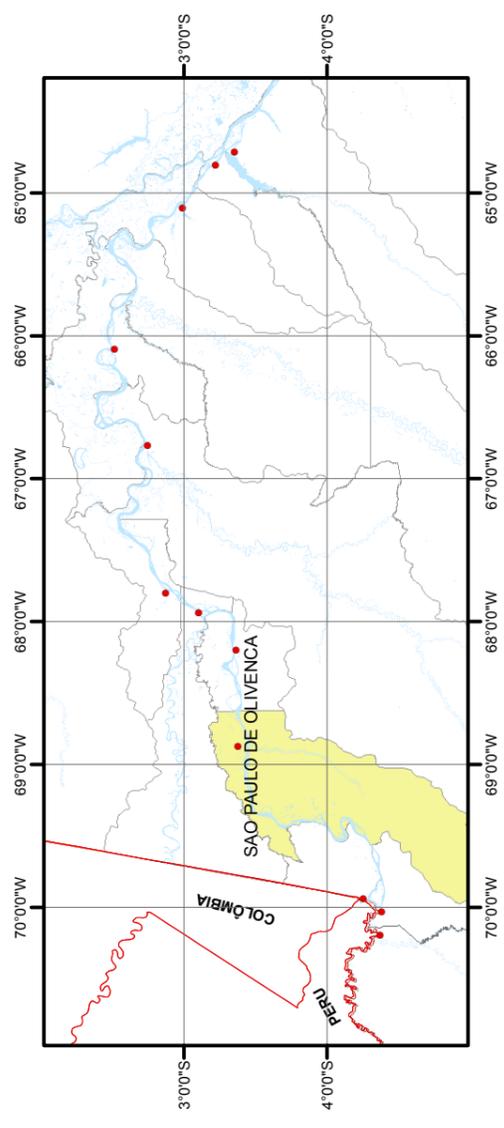


ANEXO XIII

**Imagem de satélite Landsat com a localização da zona urbana,
da olaria, dos areais, da lixeira desativada e da área proposta
para a construção do aterro sanitário de São Paulo de Olivença**



Mapa de Situação
Municípios Visitados do Alto Solimões



Legenda

- Sede Municipal
- ⚡ Olaria / Areal
- ⚡ Lixeira Desativada
- ▲ Área Proposta Para Construção do Aterro Sanitário



Anexo XIII

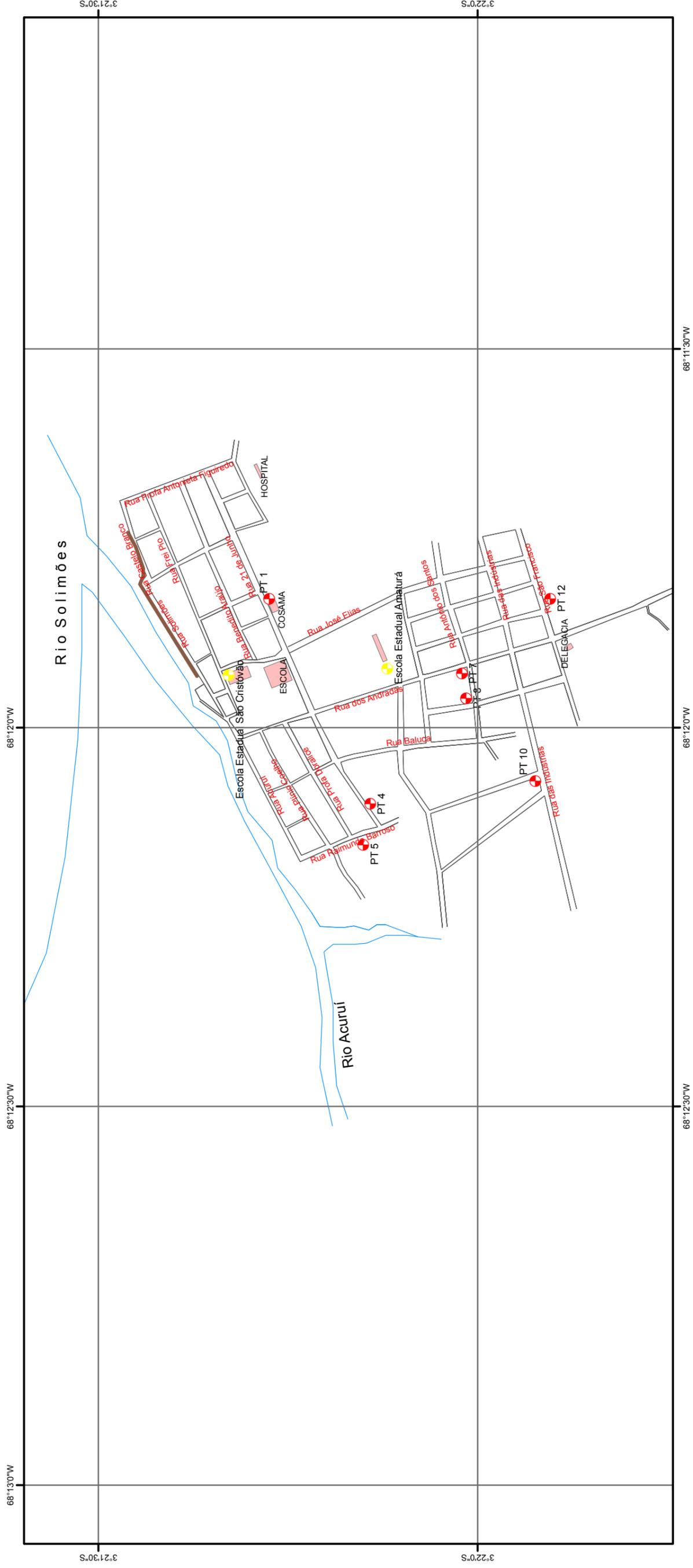
Imagem de satélite Landsat com a localização da zona urbana, da olaria, dos areas, da lixeira desativada e da área proposta para a construção do aterro sanitário de São Paulo de Olivença

Projeto: AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E DOS INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NAS SEDES DOS MUNICÍPIOS SITUADOS NA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES (AM)

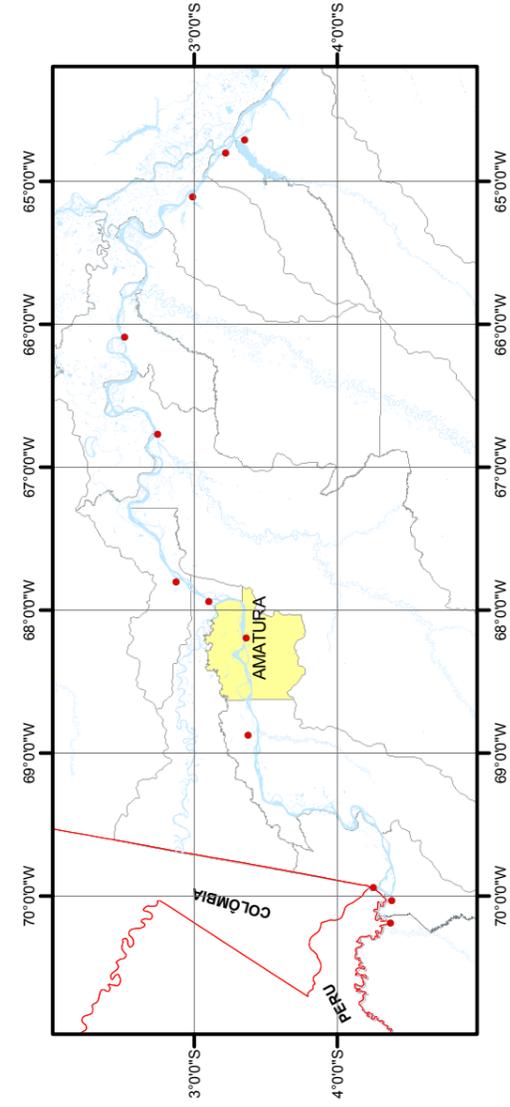


ANEXO XIV

**Mapa do sistema viário da cidade de Amaturá com a
localização dos poços de abastecimento visitados e da área de
risco mapeada**



Mapa de Situação
Municípios Visitados do Alto Solimões



Legenda

-  Poços de Abastecimento Público
-  Poços de Escolas
-  Área de Risco Médio a Alto de Escorregamento



Anexo XIV

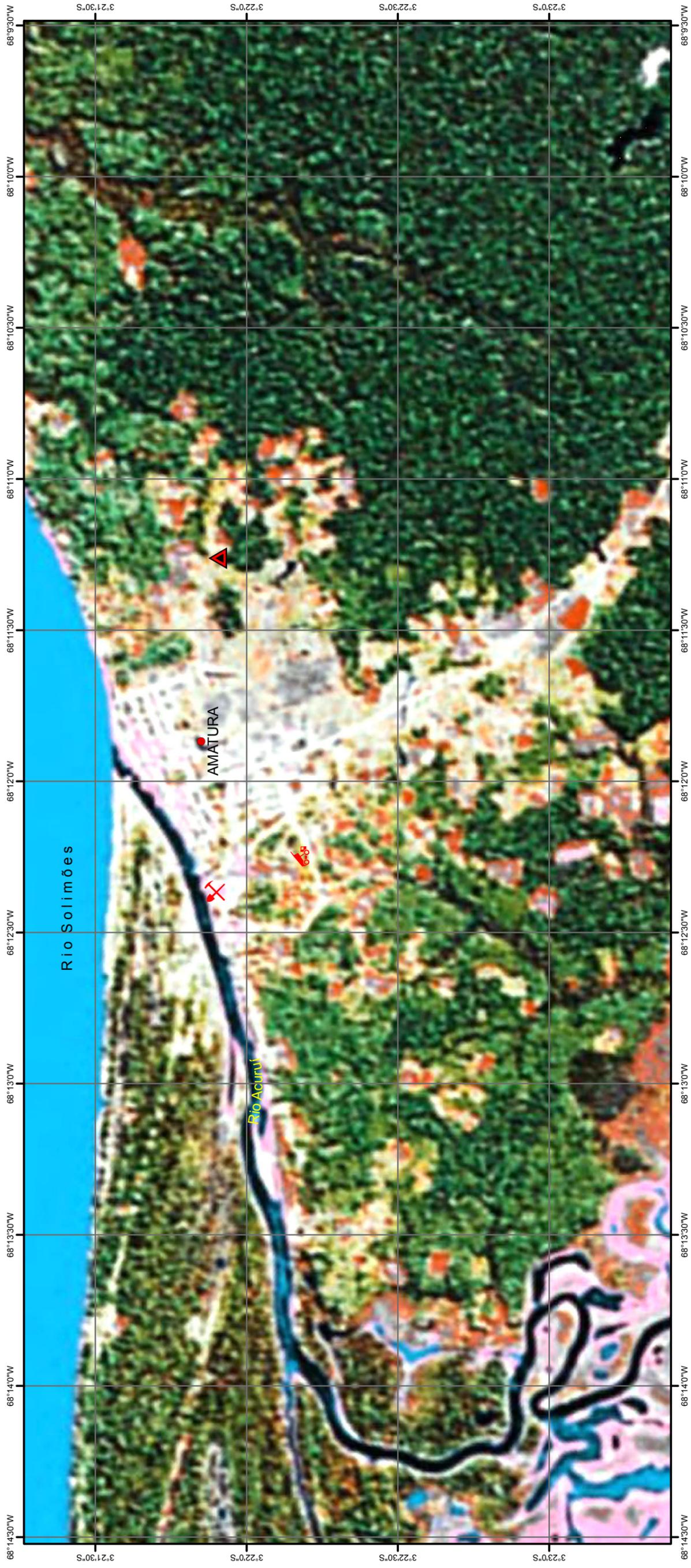
Mapa do sistema viário da cidade de Amaturá com a localização dos poços de abastecimento visitados e da área de risco mapeada

Projeto: AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E DOS INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NAS SEDES DOS MUNICÍPIOS SITUADOS NA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES (AM)

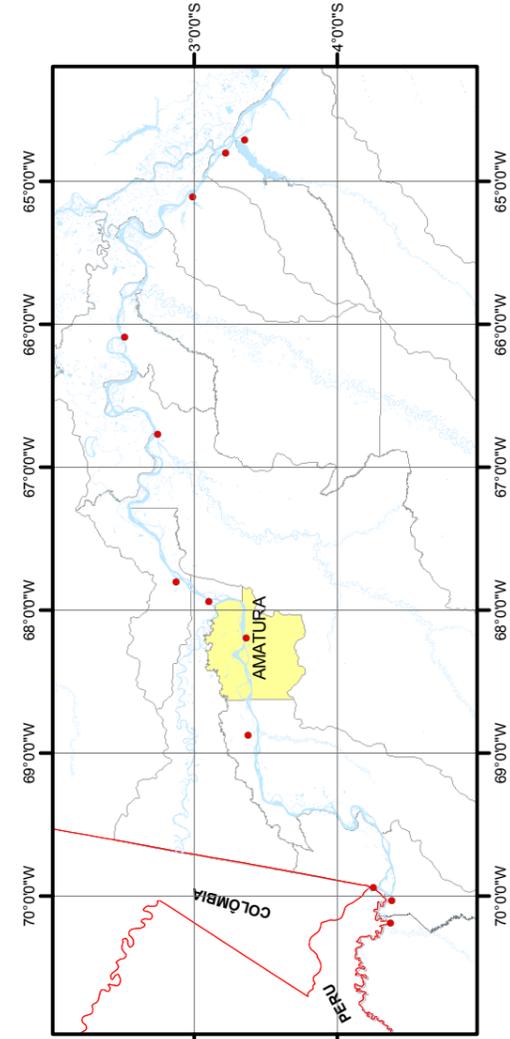


ANEXO XV

**Imagem de satélite Landsat com a localização da zona urbana,
da olaria, do depósito de resíduos sólidos e da área proposta
para a construção do aterro sanitário de Amaturá**



Mapa de Situação
Municípios Visitados do Alto Solimões



Legenda

- Sede Municipal
- ⚒ Olaria São Cristovão
- ▲ Área Proposta Para Construção do Aterro Sanitário
- ✂ Depósito de Resíduos Sólidos



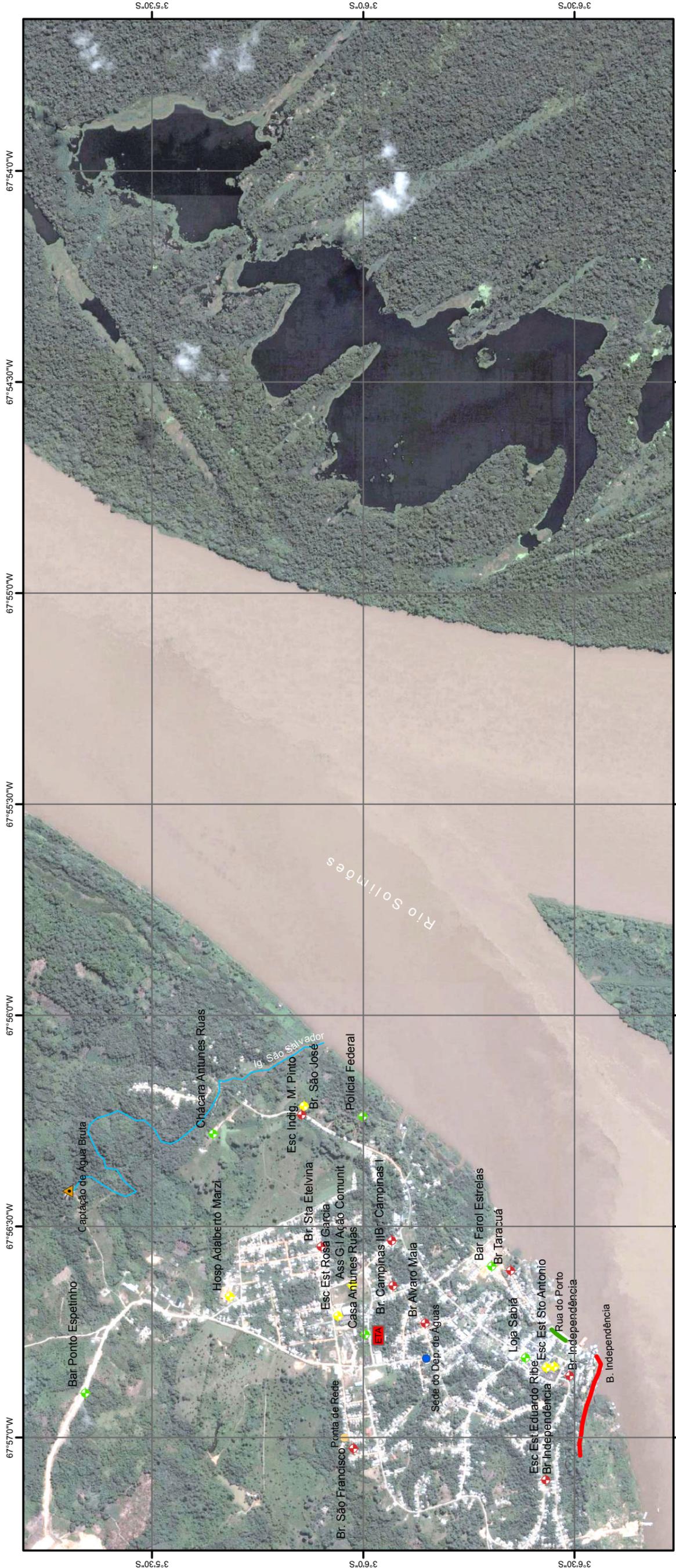
Anexo XV

Imagem de satélite Landsat com a localização da zona urbana, da olaria, do depósito de resíduos sólidos, e da área proposta para a construção do aterro sanitário de Amaturá

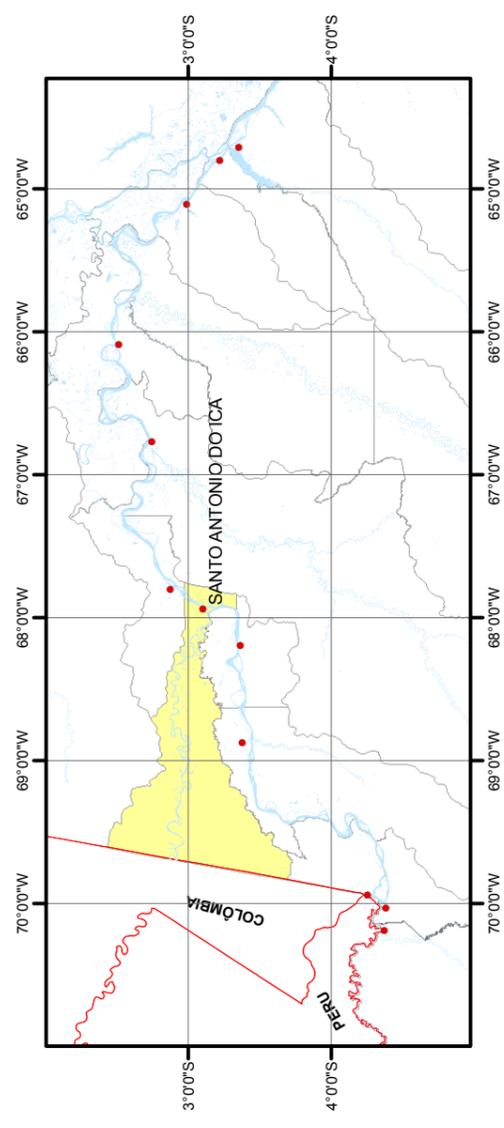
Projeto: AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E DOS INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NAS SEDES DOS MUNICÍPIOS SITUADOS NA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES (AM)

ANEXO XVI

Imagem de satélite de alta resolução da cidade de Santo Antônio do Içá, com a localização do ponto de captação de água bruta, da ETA, dos poços tubulares visitados e das áreas de risco mapeadas



Mapa de Situação
Municípios Visitados do Alto Solimões



Legenda

- ◆ Poços Comunitários
- ◆ Poços de Hospitais / Escolas
- ◆ Poços Particulares
- Área de Alto Risco de Escorregamento
- Área de Risco Médio de Escorregamento

Escala



Anexo XVI

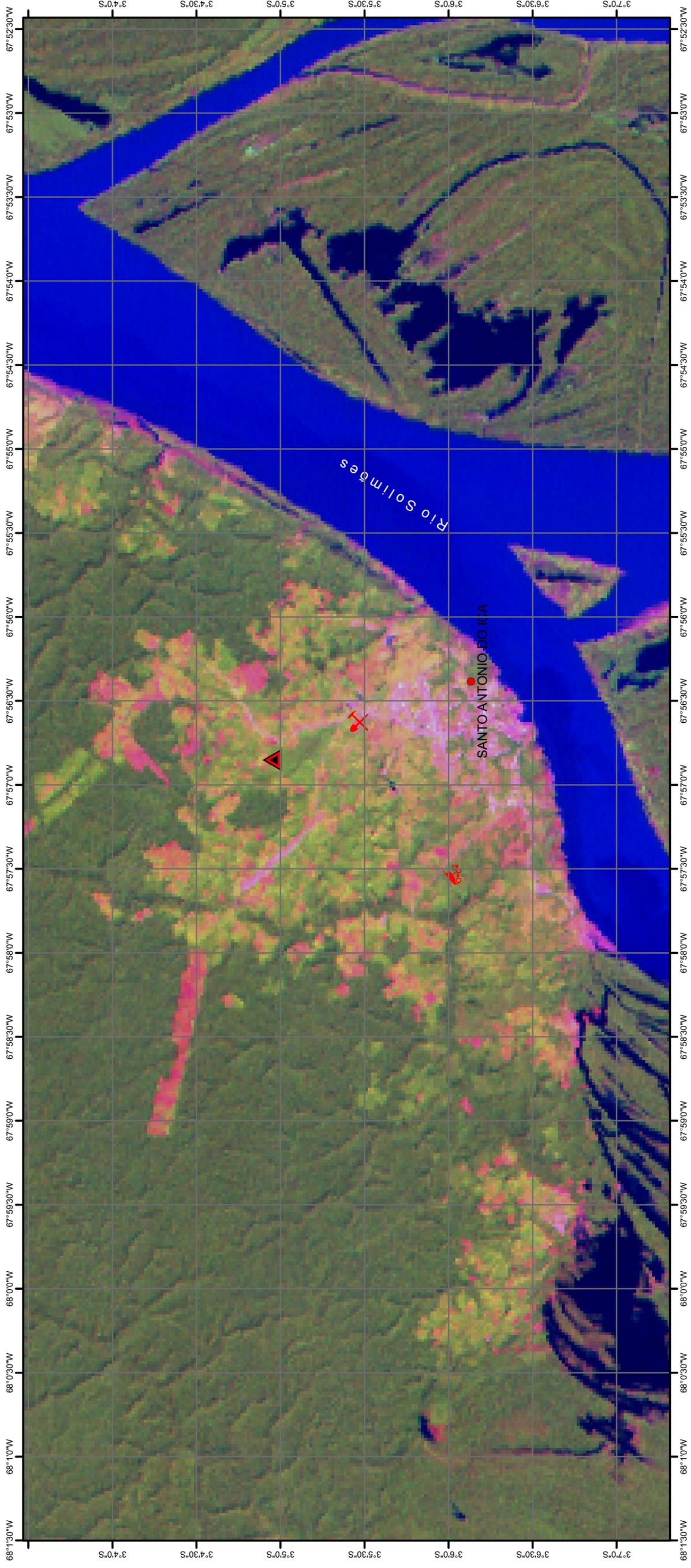
Imagem de satélite de alta resolução da cidade de Santo Antônio do Itá, com a localização do ponto de captação de água bruta, da ETA, dos poços tubulares visitados e das áreas de risco mapeadas

Projeto: AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E DOS INSUMOS, MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NAS SEDES DOS MUNICÍPIOS SITUADOS NA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES (AM)

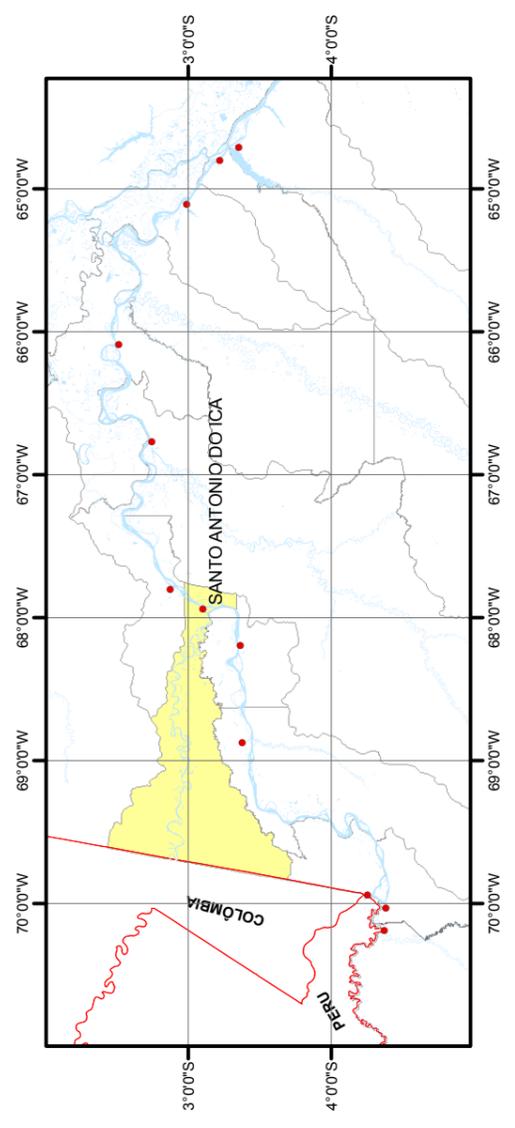


ANEXO XVII

**Imagem de satélite Landsat com a localização da zona urbana,
da olaria, do depósito de resíduos sólidos e do aterro sanitário
em implantação de Santo Antônio do Içá**



Mapa de Situação
Municípios Visitados do Alto Solimões



Legenda

- Sede Municipal
- ⚒ Olaria São José
- ▲ Aterro Sanitário em Implantação
- ♻ Depósito de Resíduos Sólidos



Anexo XVII

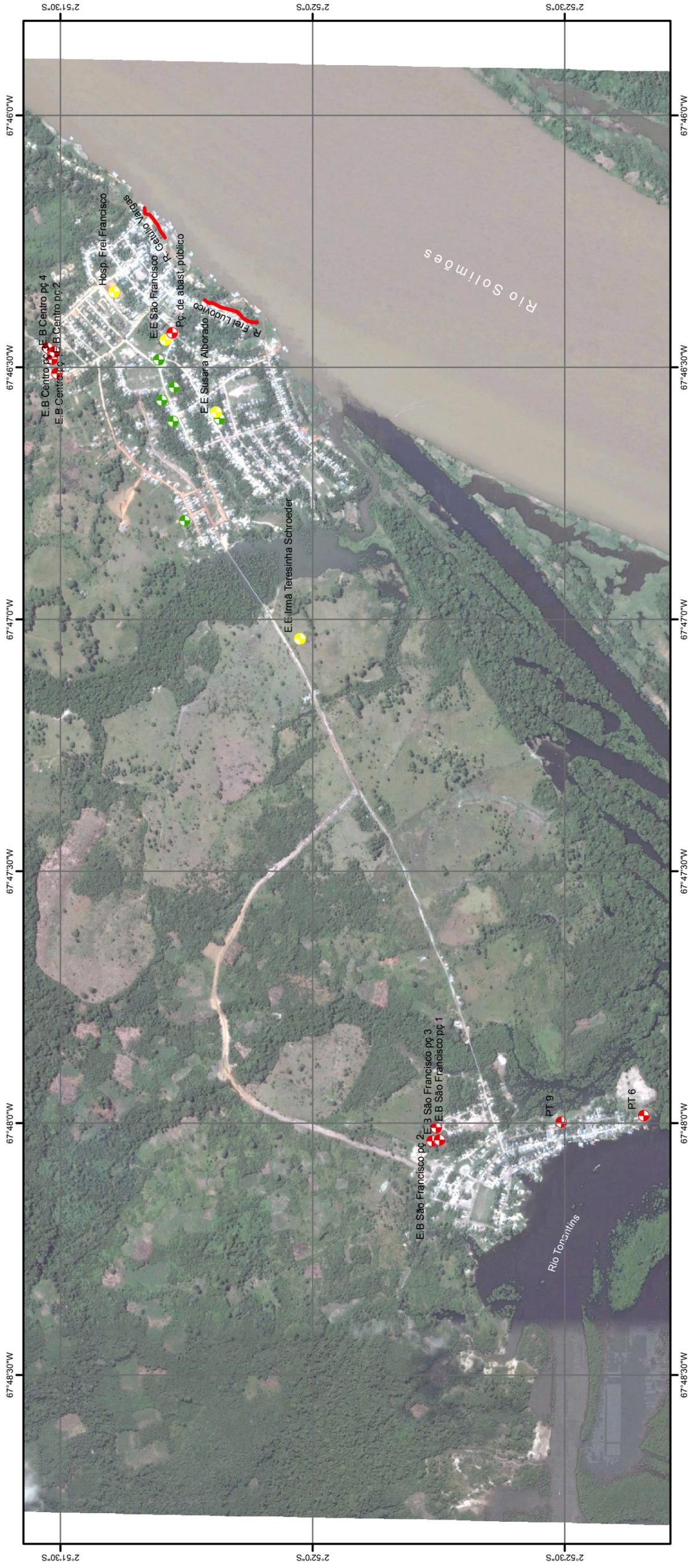
Imagem de satélite Landsat com a localização da zona urbana, da olaria, do depósito de resíduos sólidos e do aterro sanitário em implantação de Santo Antônio do Itá

Projeto: AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E DOS INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NAS SEDES DOS MUNICÍPIOS SITUADOS NA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES (AM)

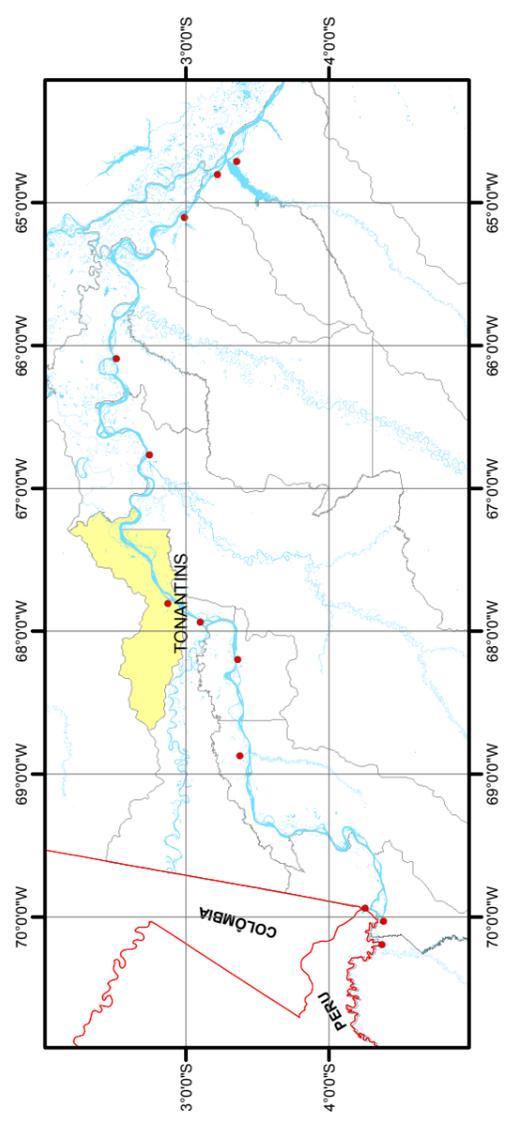


ANEXO XVIII

**Imagem de satélite de alta resolução da cidade de Tonantins,
com a localização dos poços tubulares visitados e das áreas
de risco mapeadas**



**Mapa de Situação
Municípios Visitados do Alto Solimões**



Legenda

- Poço de Abastecimento Público
- Poços de Hospitais e Escolas
- Poços Particulares
- Área de Risco Alto de Escorregamento



Anexo XVIII

Imagem de satélite de alta resolução da cidade de Tonantins, com a localização dos poços tubulares visitados e das áreas de risco mapeadas

Projeto: AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E DOS INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NAS SEDES DOS MUNICÍPIOS SITUADOS NA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES (AM)

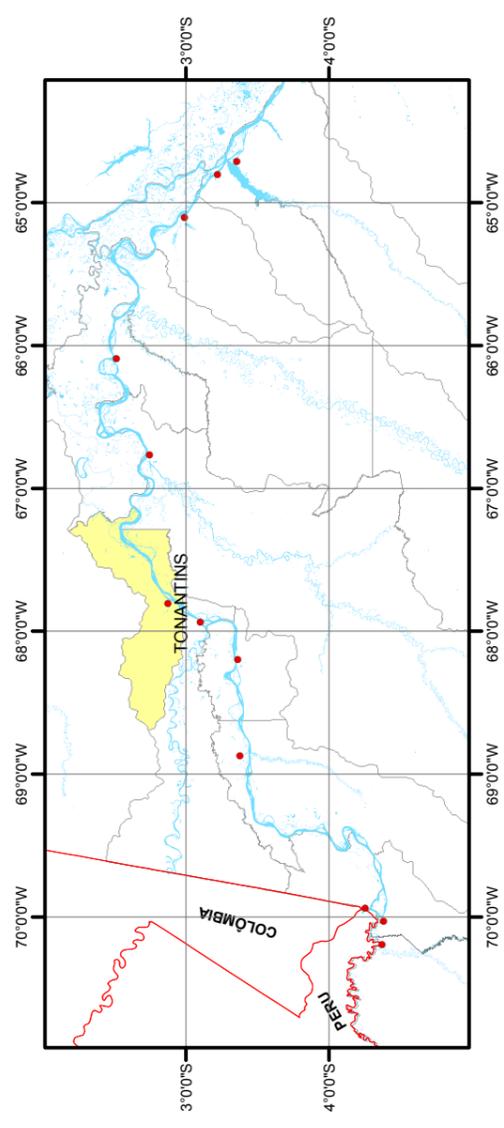
Ministério de Geologia,
 Secretaria de Geologia,
 Mineralogia e Transformação Mineral
 Minas e Energia

ANEXO XIX

Imagem de satélite de alta resolução com a localização da zona urbana, do areal, do depósito de resíduos sólidos e de uma área avaliada com vistas à implantação do futuro aterro sanitário de Tonantins

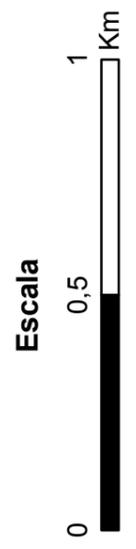


Mapa de Situação
Municípios Visitados do Alto Solimões



Legenda

- Sede Municipal
- ✂ Areal Quatro Irmãos
- ▲ Area Avaliada Para Implantação de Futuro Aterro Sanitário
- ↔ Depósito de Resíduos Sólidos



Anexo XIX

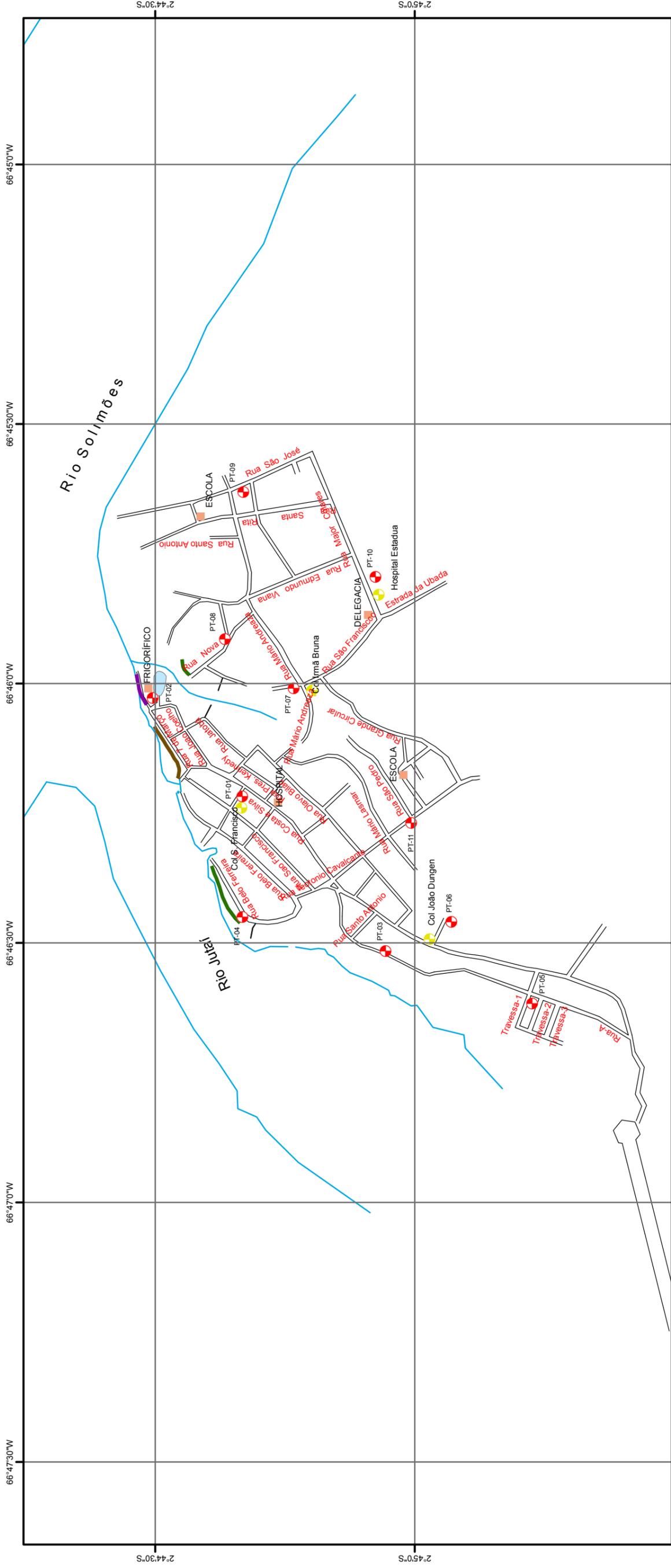
Imagem de satélite de alta resolução com a localização da zona urbana, do areal, do depósito de resíduos sólidos e de uma área avaliada com vistas à implantação do futuro aterro sanitário de Tomantins

Projeto: AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E DOS INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NAS SEDES DOS MUNICÍPIOS SITUADOS NA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES (AM)

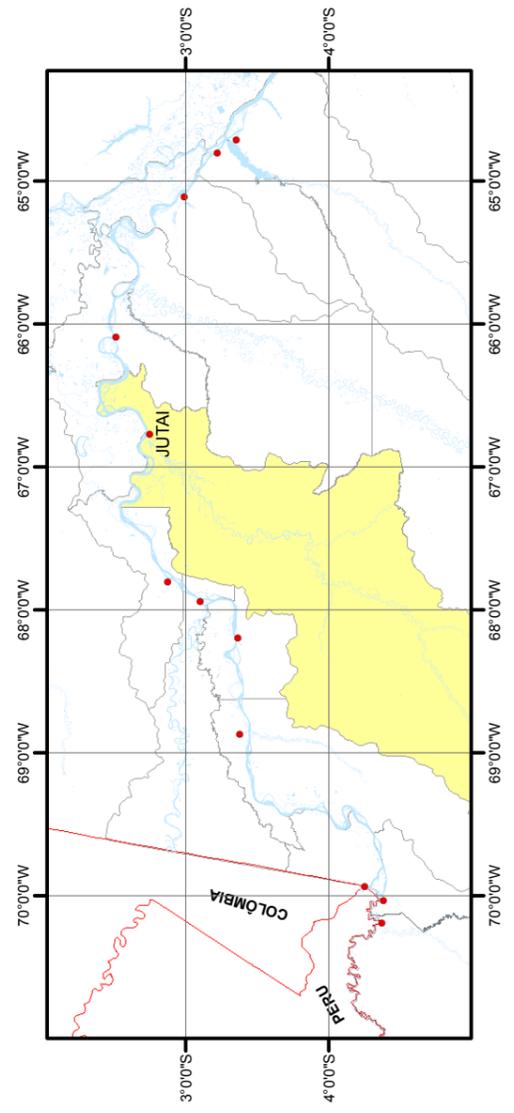


ANEXO XX

Mapa do sistema viário da cidade de Jutai, com a localização dos poços tubulares visitados e das áreas de risco mapeadas

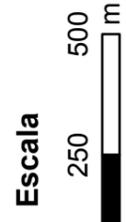


**Mapa de Situação
Municípios Visitados do Alto Solimões**



Legenda

-  Poços de Abastecimento Público
-  Poços de Hospitais e Escolas
-  Área de Risco Iminente de Escorregamento
-  Área de Risco Médio a alto de Escorregamento
-  Área de Risco Médio de Escorregamento
-  Área de Risco de Alagamento



Anexo XX

Mapa do sistema viário da cidade de Jutai, com a localização dos poços tubulares visitados e das áreas de risco mapeadas

Projeto: AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E DOS INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NAS SEDES DOS MUNICÍPIOS SITUADOS NA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES (AM)

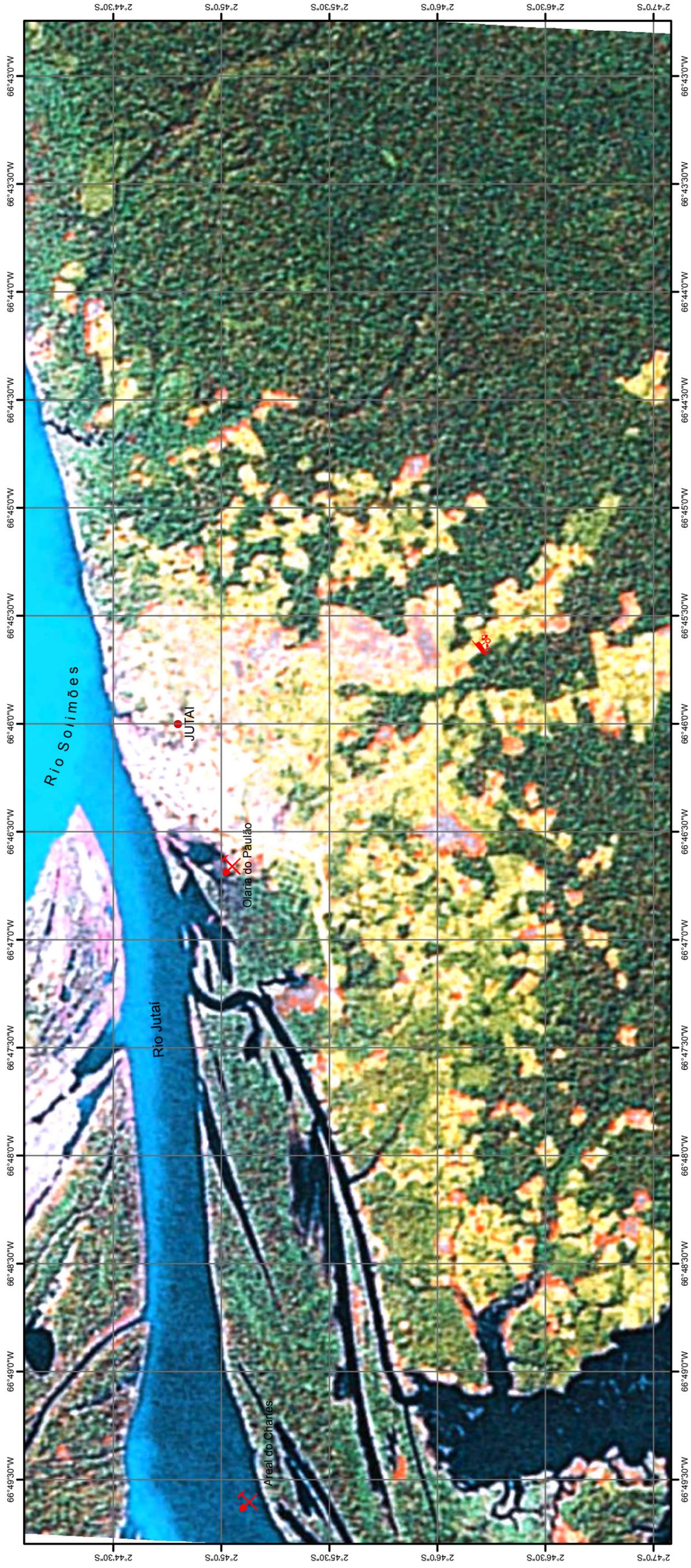
CPRM
Centro de Pesquisas e Pesquisas em Recursos Minerais



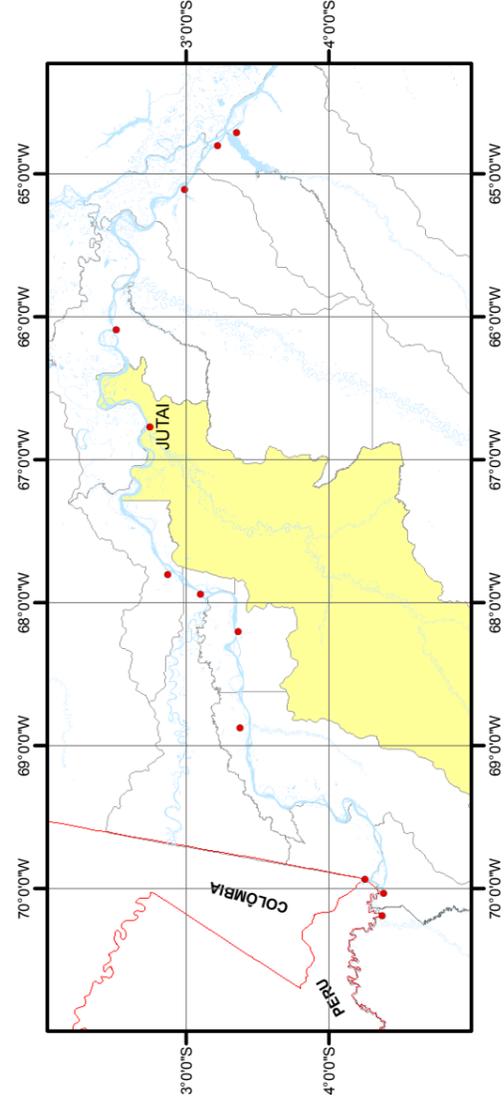
Secretaria de Geologia, Mineralogia e Transformação Mineral - Minas e Energia

ANEXO XXI

**Imagem de satélite Landsat com a localização da zona urbana,
do areal, da olaria e do depósito de resíduos sólidos de Jutai**



Mapa de Situação
Municípios Visitados do Alto Solimões



Anexo XXI

Imagem de satélite Landsat com a localização da zona urbana, do areal, da olaria e depósito de resíduos sólidos de Jutai

Projeto: AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E DOS INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NAS SEDES DOS MUNICÍPIOS SITUADOS NA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES (AM)



Legenda

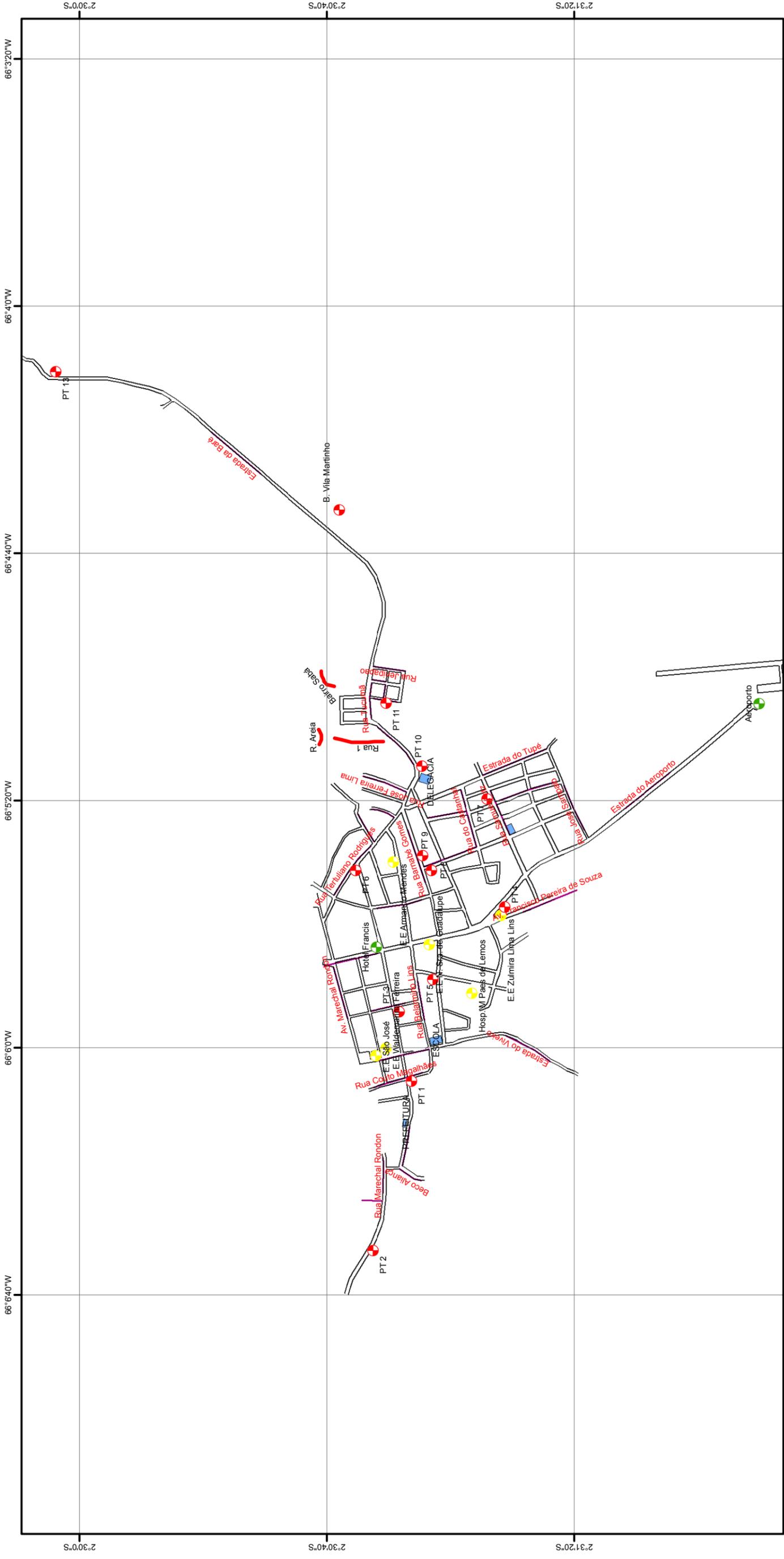
- Sede Municipal
- ⚒ Areal / Olaria
- 658 Depósito de Resíduos Sólidos

Escala



ANEXO XXII

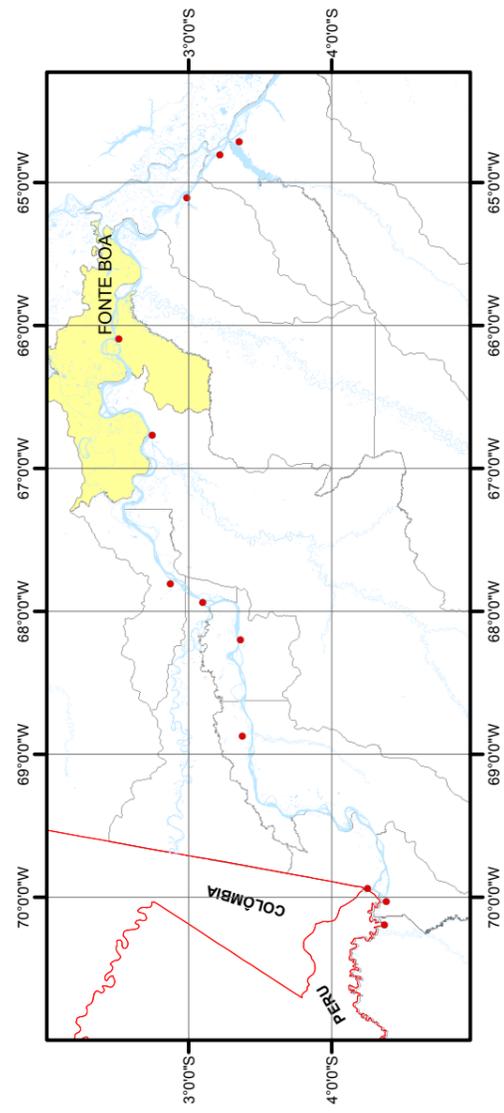
Mapa do sistema viário da cidade de Fonte Boa, com a localização dos poços tubulares visitados e das áreas de risco mapeadas



66°6'40"W 66°6'00"W 66°5'20"W 66°4'40"W 66°4'00"W

2°31'20"S 2°30'40"S 2°30'00"S

Mapa de Situação
Municípios Visitados do Alto Solimões



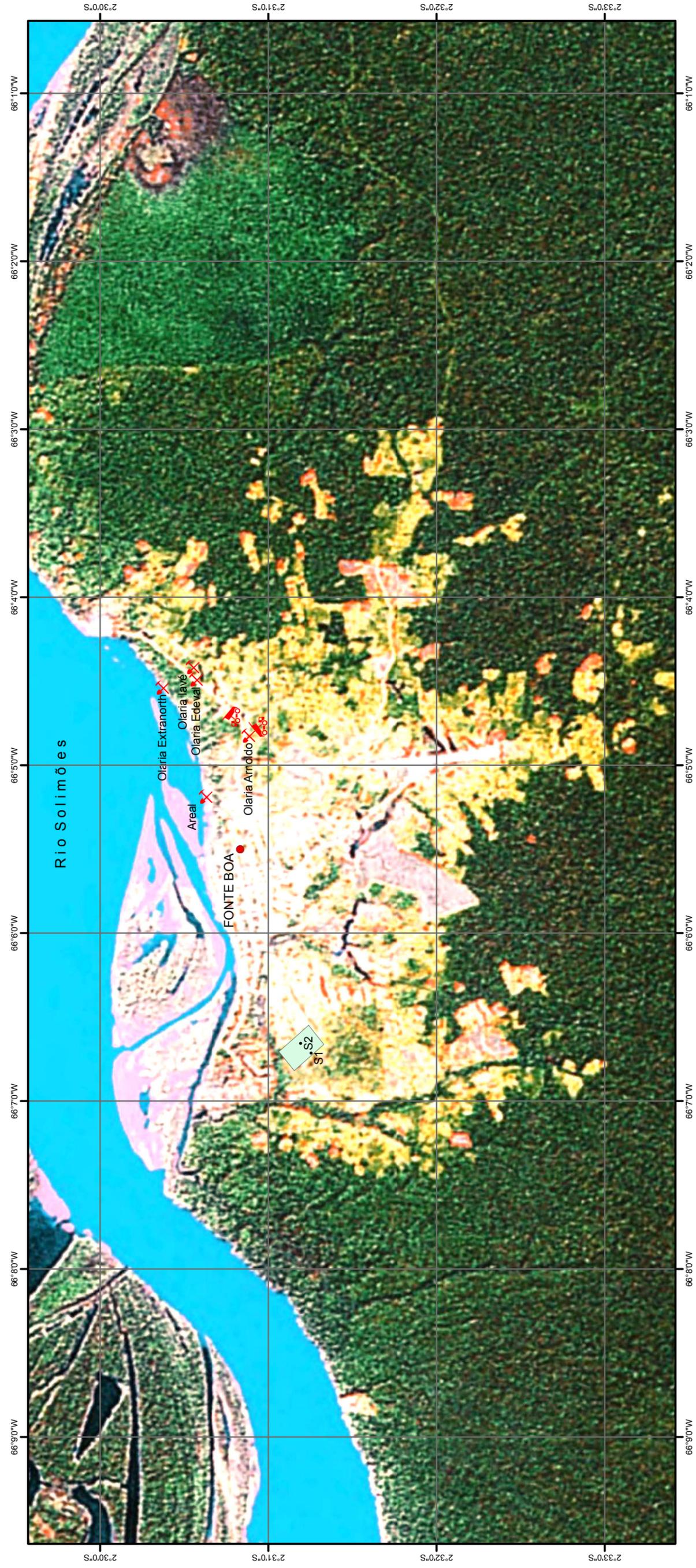
- Legenda**
-  Poços de Abastecimento Público
 -  Poços de Hospitais e Escolas
 -  Pocos Particulares
 -  Área de Risco Alto de Escorregamento



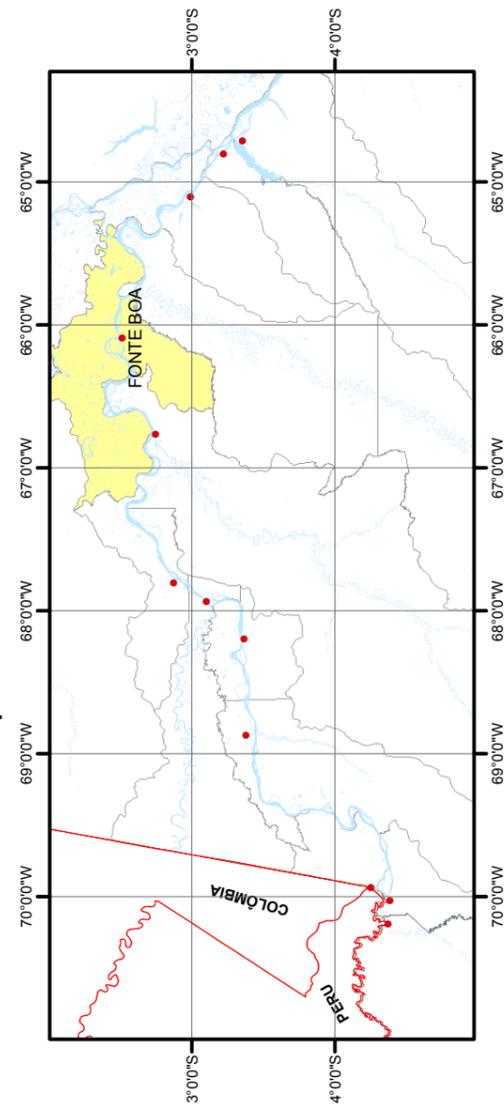
<h1>Anexo XXII</h1>
<p>Mapa do sistema viário da cidade de Fonte Boa, com a localização dos poços tubulares visitados e das áreas de risco mapeadas</p>
<p>Projeto: AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E DOS INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NAS SEDES DOS MUNICÍPIOS SITUADOS NA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES (AM)</p>
<p>Ministério de Minas e Energia CPRM Serviço Geológico do Brasil</p>

ANEXO XXIII

Imagem de satélite Landsat com a localização da zona urbana, do areal, das olarias, dos depósitos de resíduos sólidos e da área proposta para construção do aterro sanitário de Fonte Boa



Mapa de Situação
Municípios Visitados do Alto Solimões



Legenda

- Sede Municipal
- ☒ Depósito de Resíduos Sólidos Desativado
- ☒ Depósito de Resíduos Sólidos Atual
- ☒ Olaria / Areal
- Ponto de Sondagem
- Área Proposta Para Construção do Aterro Sanitário

Escala



Anexo XXIII

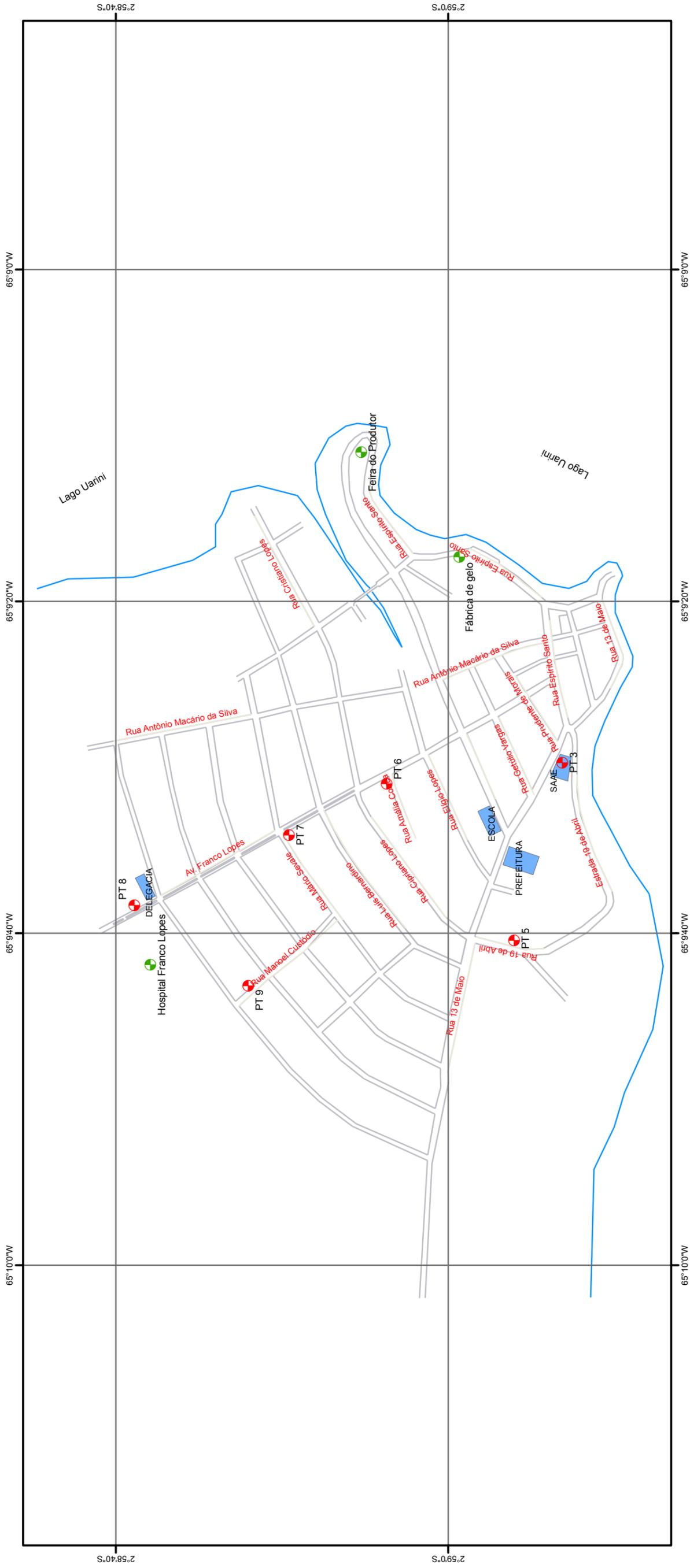
Imagem de satélite Landsat com a localização da zona urbana, do areal, das olarias, dos depósitos de resíduos sólidos e da área proposta para construção do aterro sanitário de Fonte Boa

Projeto: AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E DOS INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NAS SEDES DOS MUNICÍPIOS SITUADOS NA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES (AM)

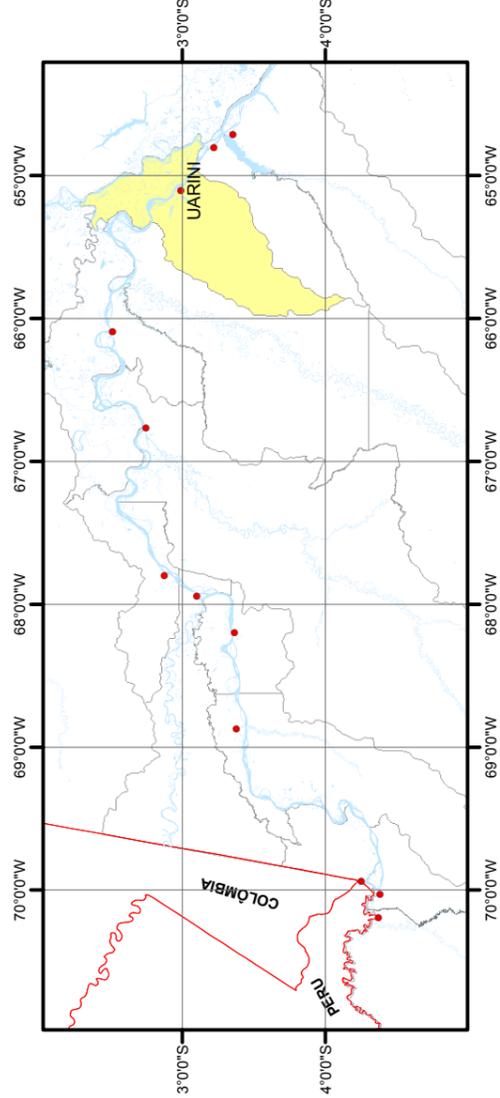


ANEXO XXIV

**Mapa do sistema viário da cidade de Uarini com a localização
dos poços tubulares visitados**



Mapa de Situação Municípios Visitados do Alto Solimões



Legenda

● Poços de Abastecimento Público

● Outros Poços

Escala



Anexo XXIV

Mapa do sistema viário da cidade de Uarini, com a localização dos poços tubulares visitados

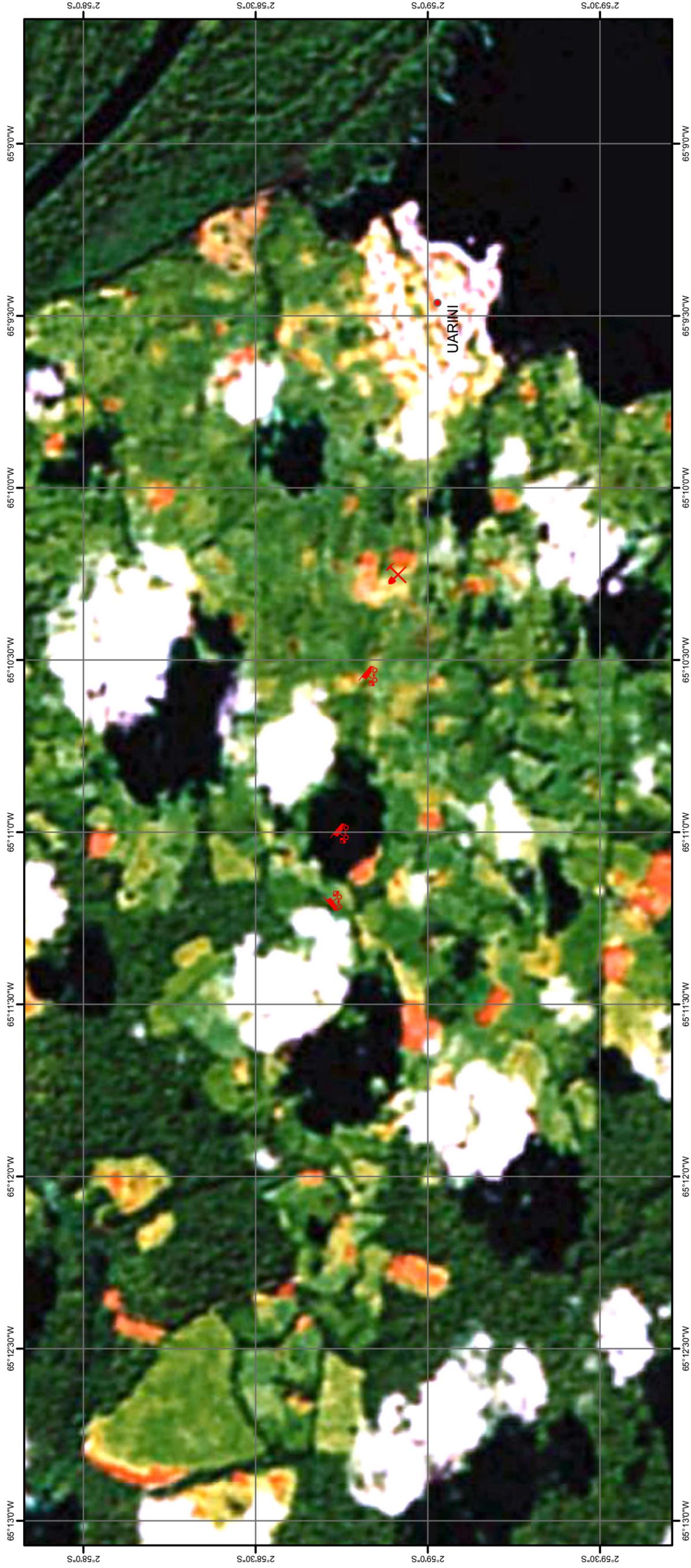
Projeto: AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E DOS INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NAS SEDES DOS MUNICÍPIOS SITUADOS NA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES (AM)



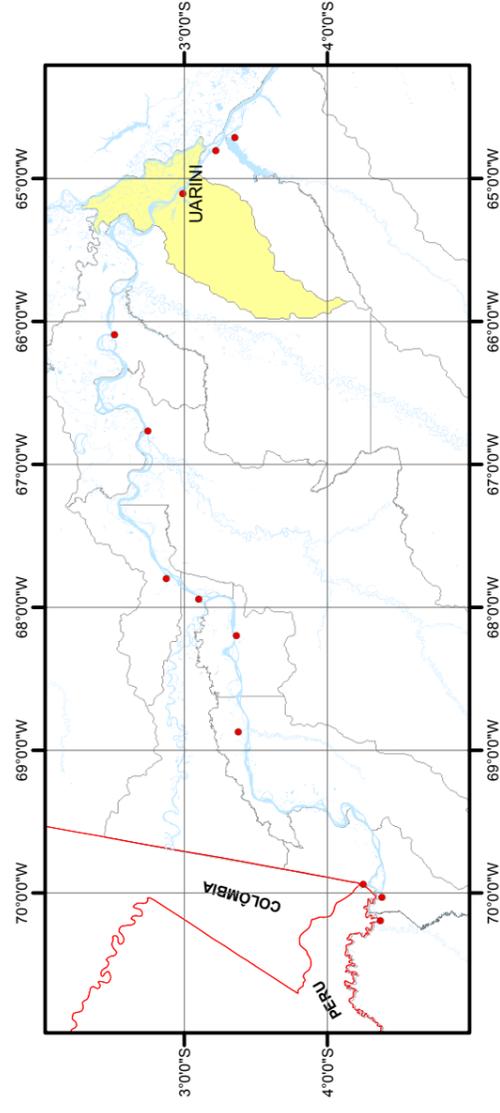
Ministério de Geologia,
Mineração e Transformação Mineral e Energia

ANEXO XXV

**Imagem de satélite Landsat com a localização da zona urbana,
da olaria e dos depósitos de resíduos sólidos de Uarini**



Mapa de Situação
Municípios Visitados do Alto Solimões



Legenda

- Sede Municipal
- 🚚 Depósito de Resíduos Sólidos em Atividade
- 🚚 Depósitos de Resíduos Sólidos Desativados
- ⚒️ Olaria Irmãos Marcos

Escala



Anexo XXV

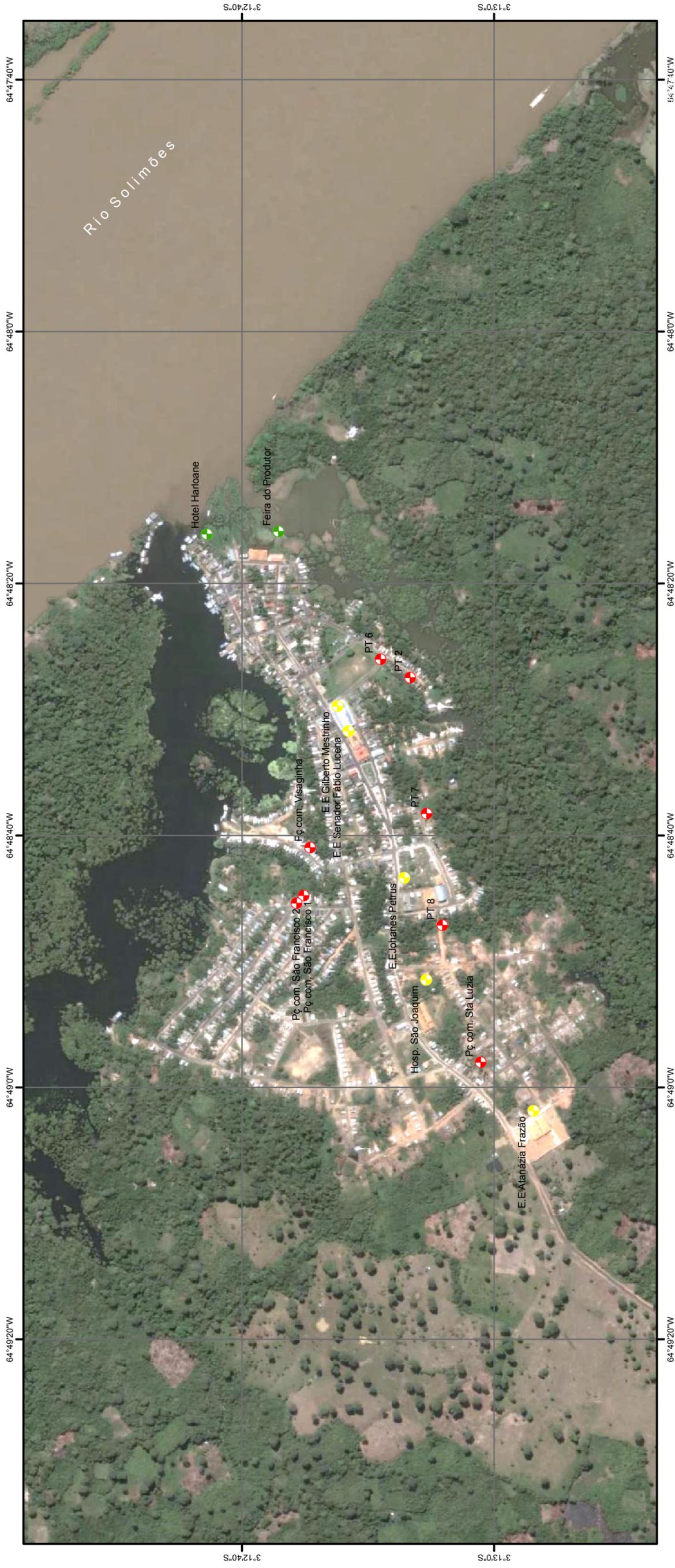
Imagem de satélite Landsat com a localização da zona urbana, da olaria, e dos depósitos de resíduos sólidos de Uarini

Projeto: AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E DOS INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NAS SEDES DOS MUNICÍPIOS SITUADOS NA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES (AM)

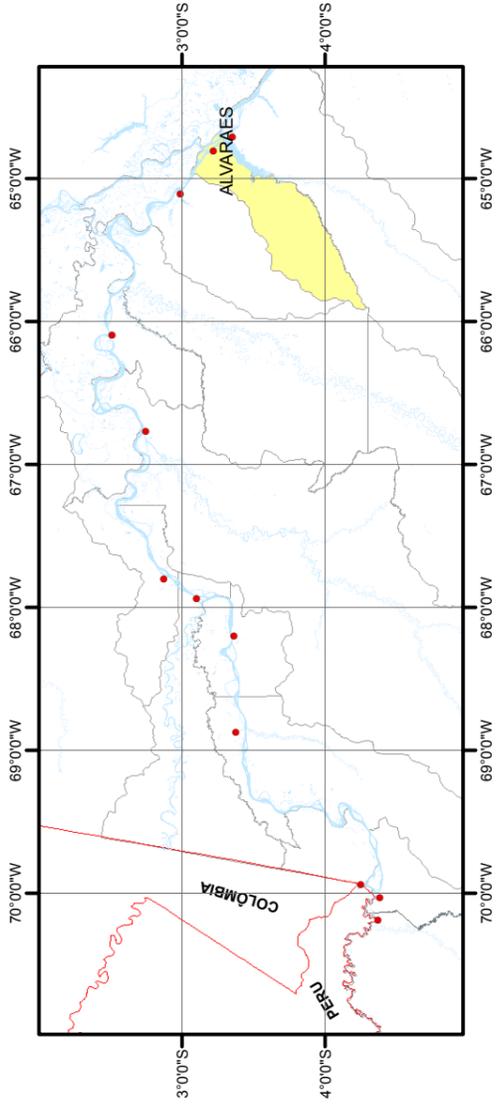


ANEXO XXVI

**Imagem de satélite de alta resolução da cidade de Alvarães
com a localização dos poços tubulares visitados**



**Mapa de Situação
Municípios Visitados do Alto Solimões**



Legenda

- Poços de Abastecimento Público
- Poços de Hospitais e Escolas
- Outros Poços



Anexo XXVI

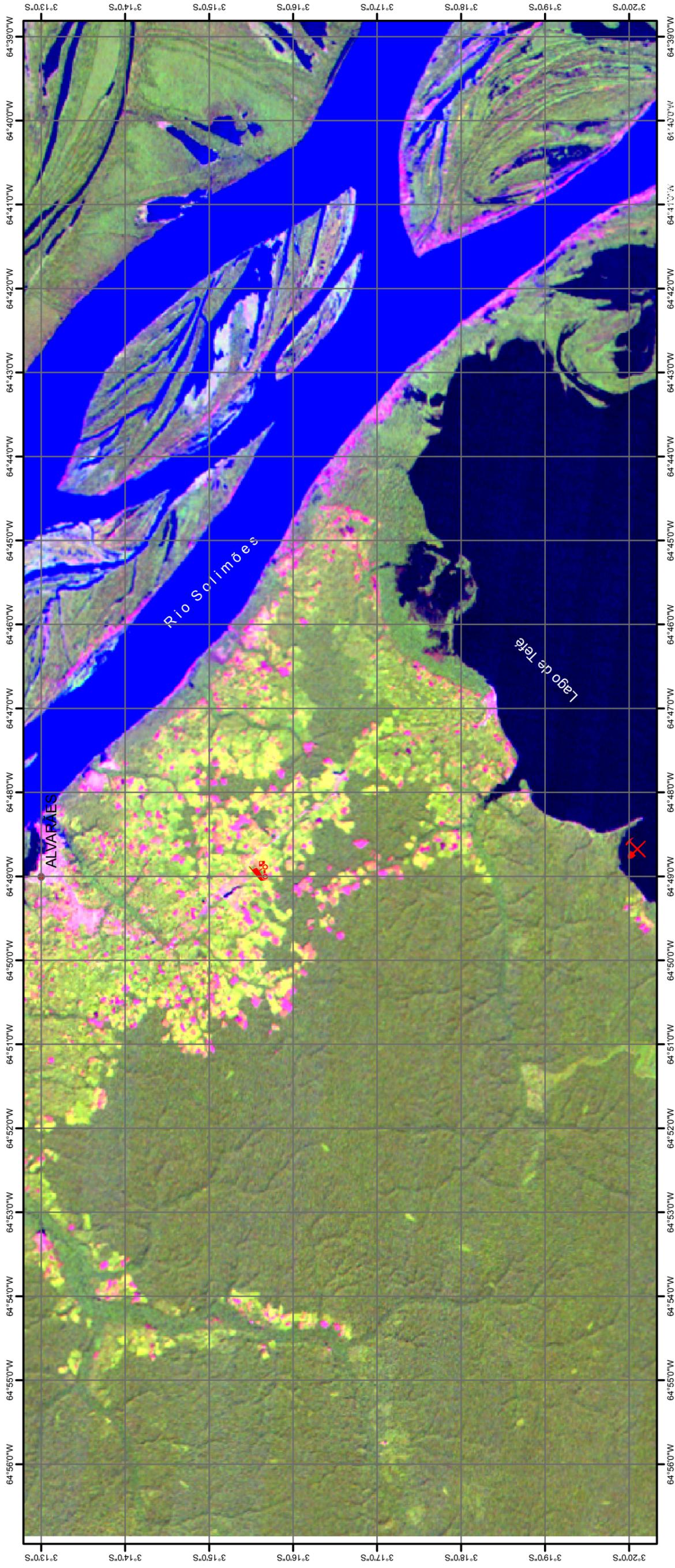
Imagem de satélite de alta resolução da cidade de Alvarães, com a localização dos poços tubulares visitados

Projeto: AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E DOS INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NAS SEDES DOS MUNICÍPIOS SITUADOS NA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES (AM)

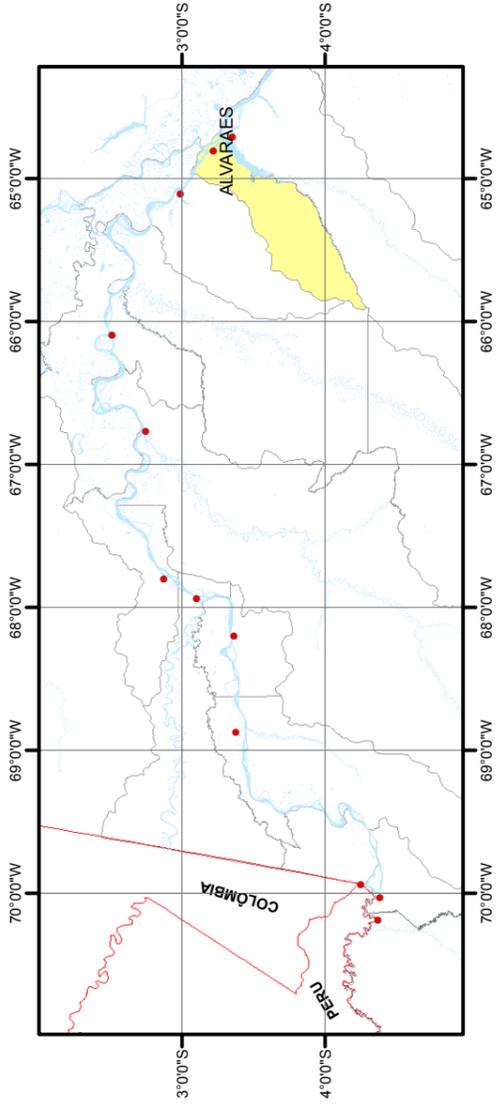
Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral - Minas e Energia
 Ministério de Minas e Energia

ANEXO XXVII

**Imagem de satélite Landsat com a localização da zona urbana,
do areal e do depósito de resíduos sólidos de Alvarães**



**Mapa de Situação
Municípios Visitados do Alto Solimões**



Legenda

- Sede Municipal
- ✕ Areal do Jânio
- 6-5 Depósito de Resíduos Sólidos



Anexo XXVII

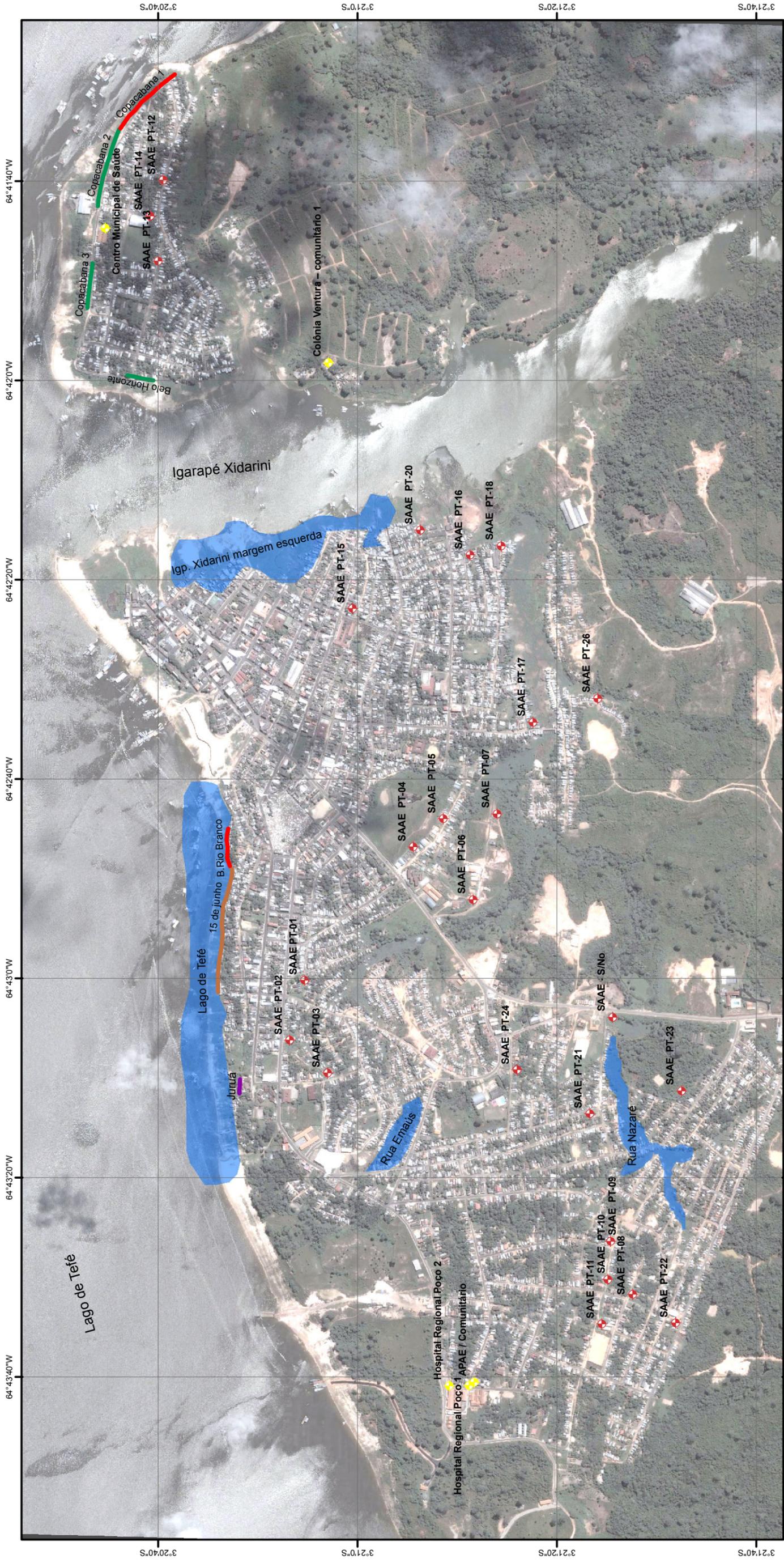
Imagem de satélite Landsat com a localização da zona urbana, do areal, e do depósito de resíduos sólidos de Alvarães

Projeto: AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E DOS INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NAS SEDES DOS MUNICÍPIOS SITUADOS NA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES (AM)



ANEXO XXVIII

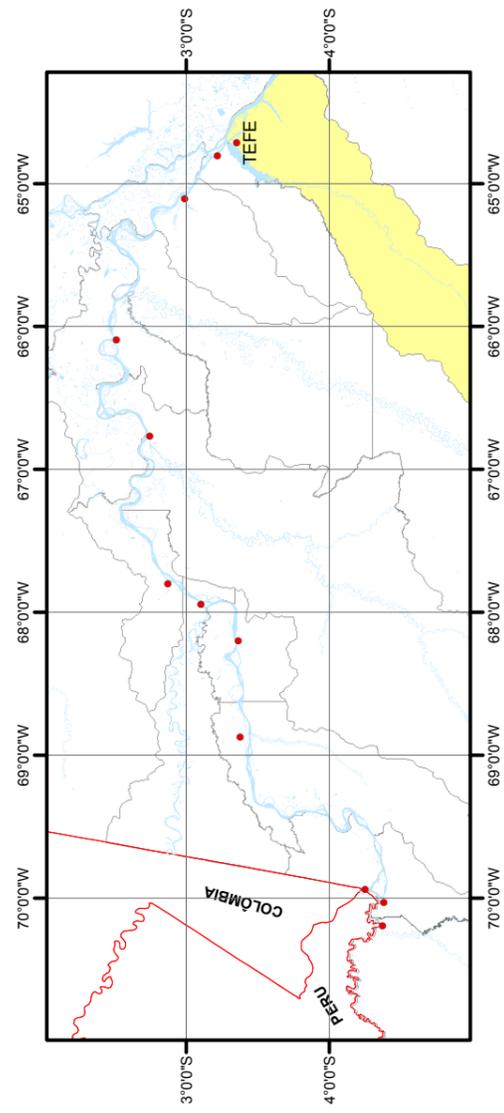
Imagem de satélite de alta resolução com a localização dos poços tubulares visitados e das áreas de risco mapeadas na cidade de Tefé



64°43'40"W 64°43'20"W 64°43'00"W 64°42'40"W 64°42'20"W 64°42'00"W 64°41'40"W

3°21'40"S 3°21'20"S 3°21'00"S 3°20'40"S

Mapa de Situação
Municípios Visitados do Alto Solimões



Legenda

- ◆ Poços do SAAE
- ◆ Outros Poços
- Área de Risco Iminente de Escorregamento
- Área de Risco Alto de Escorregamento
- Área de Risco Médio a Alto de Escorregamento
- Área de Risco Médio de Escorregamento
- Área de Risco de Alagamento

Escala



Anexo XXVIII

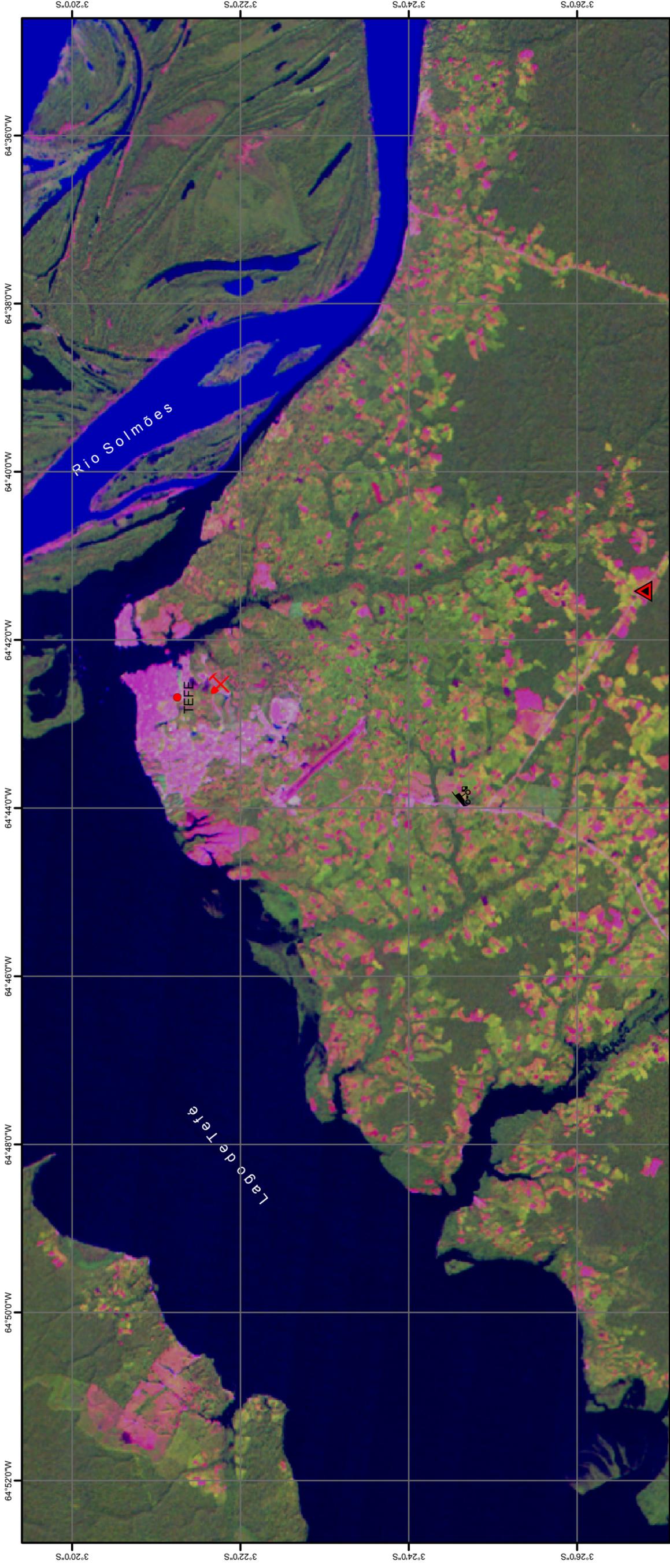
Imagem de satélite de alta resolução com a localização dos poços tubulares visitados e das áreas de risco mapeadas na cidade de Tefé

Projeto: AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E DOS INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NAS SEDES DOS MUNICÍPIOS SITUADOS NA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES (AM)

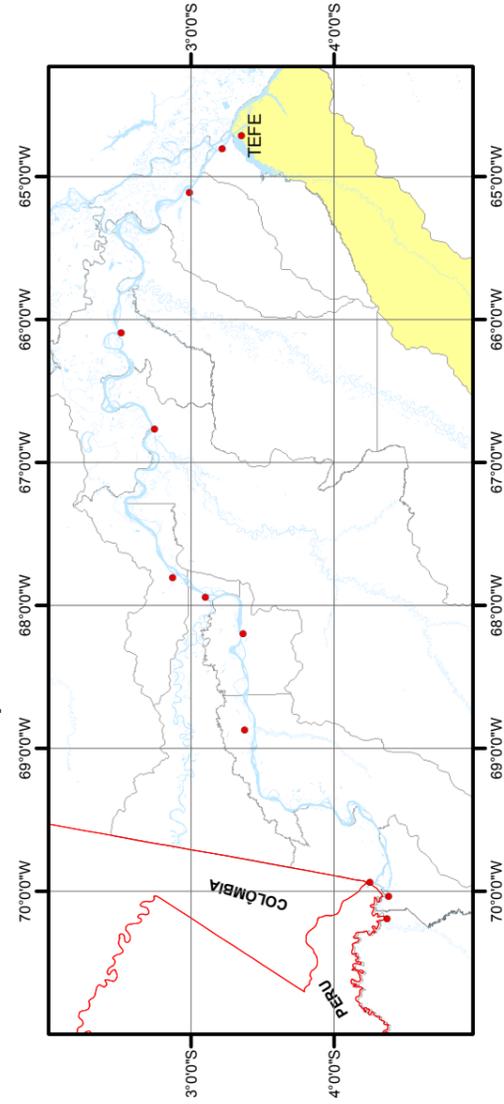


ANEXO XXIX

**Imagem de satélite Landsat com a localização da zona urbana,
da olaria, do depósito de resíduos sólidos e do aterro sanitário
em implantação de Tefé**



Mapa de Situação
Municípios Visitados do Alto Solimões



Legenda

- Sede Municipal
- ▲ Aterro Sanitário em Implantação
- ♣ Depósito de Resíduos Sólidos
- ✕ Olaria

Escala



Anexo XXIX

Imagem de satélite Landsat com a localização da zona urbana, da olaria, do depósito de resíduo sólidos e do aterro sanitário em implantação de Tefé

Projeto: AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO E DOS INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NAS SEDES DOS MUNICÍPIOS SITUADOS NA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES (AM)



ANEXO XXX

**Projeto de construção de poços tubulares nas cidades de
Tabatinga, Amaturá, Santo Antonio do Içá, Tonantins, Jutuí, Fonte
Boa, Uarini, Alvarães e Tefé**

PROJETO DE CONSTRUÇÃO DE POÇOS TUBULARES NAS
CIDADES DE TABATINGA, AMATURÁ,
SANTO ANTONIO DO IÇÁ, TONANTINS, JUTAÍ, FONTE
BOA, UARINI, ALVARÃES E TEFÉ

Neste documento, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM apresenta uma proposta para captação dos recursos hídricos subterrâneos (construção de poços tubulares) nas cidades do Alto Solimões assentadas sobre o aquífero Içá ou terraços aluvionares (Tabatinga, Amaturá, Santo Antônio do Içá, Tonantins, Jutai, Fonte Boa, Uarini, Alvarães e Tefé), os quais possuem vazões suficientes para atender à demanda urbana. São apresentadas as técnicas previstas na Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (Perfuração, completação, desenvolvimento, cimentação e teste de vazão em poços tubulares).

As zonas urbanas de Atalaia do Norte, Benjamin Constant e São Paulo de Olivença estão assentadas sobre a Formação Solimões, composta essencialmente por sedimentos argilo-siltosos, com baixo potencial para exploração de águas subterrâneas.

Vale salientar que neste trabalho não foi possível fazer testes de vazão em alguns poços visitados para se saber o potencial de vazão de cada um. Também se deve destacar que a perfilagem geofísica e a perfilagem ótica são de vital importância para um melhor conhecimento dos poços existentes, desde o vazamento de tubulações, quanto à metragem de filtro e revestimentos, incluindo incrustações nas paredes internas de luvas, filtros e revestimentos. Para o melhor dimensionamento de poços tubulares, além do conhecimento hidrogeológico da área selecionada, o técnico responsável deverá elaborar o projeto com os seguintes objetivos:

- Maior descarga, para um menor rebaixamento;
- Menor custo de produção;
- Boa qualidade da água prevenindo-se de contaminações;
- Longa vida útil (pelos menos 25 anos).

Normas técnicas para perfuração de poços tubulares nos Municípios do Alto Solimões

Perfuração:

Pelo método rotativo ou rotary, com circulação direta, com brocas tricônicas, comandos e tubos de perfuração.

Tipo de fluido:

À base de polímero (Cmc bonial h100, polisafe, polygel, cmc bv, soda cáustica, mica etc).

Amostragem:

As amostras de calha deverão ser coletadas a intervalos de 2 em 2 metros, durante a perfuração ou quando houver mudança de litologia, destinando-se à análise granulométrica, para dimensionamento do pré-filtro e dos filtros.

Perfilagem geofísica:

Deverá ser corrido o perfil de raio rama (Rg), potencial espontâneo (Sp) e resistência elétrica (Rs) para determinar: Topo e base do aquífero, níveis mais permeáveis, qualidade da água e os locais mais propícios para a colocação dos filtros e revestimentos.

Perfilagem Ótica:

Deverá ser corrido o perfil para determinar seções filtrantes, revestimentos, vazamento de roscas revestimentos e incrustações.

Tempo de retorno:

Deverá ser medido e anotado o tempo de retorno que o fluido leva para carrear o material perfurado do fundo do poço até a superfície durante toda perfuração (Tanques de fluido).

Tempo total de circulação:

Deverá ser medido e anotado o tempo total de circulação durante toda perfuração cuja finalidade é de medir o tempo que o fluido leva para percorrer dos tanques de fluidos (Superfície), passando pela broca (Fundo do poço) até atingir a superfície.

Filtro:

Deverão ser instalados filtros geomecânico fortilit diâmetro de abertura de 0,75mm.

Revestimento:

Deverão ser instalados revestimentos geomecânico fortilit e cap geomecânico fortilit (satélite) de acordo com sua demanda de água na sua extremidade inferior.

Centralizadores:

A colocação dos centralizadores é de vital importância em todos os intervalos das seções de revestimentos e filtros para melhor verticalização e centralização da coluna.

Tubulação de recarga:

Será instalada “uma tubulação em pvc de 1 ½” para completção do pré-filtro, que ficará localizado entre as paredes do poço e do revestimento a uma profundidade de 5 metros após a cimentação pré-estabelecida.

Tubulação de observação:

Será instalada uma tubulação em pvc de 3/4” para medição dos níveis dinâmico e estático do poço, que ficará localizado dentro da tubulação geomecânica fortilit. A coluna não deverá passar sua profundidade final do conjunto moto bomba.

Pré-filtro:

O pré-filtro deverá ser colocado, no poço, entre o diâmetro da perfuração e o diâmetro externo da tubulação para evitar o carreamento das partículas finas da formação. Este pré-filtro deverá ser livre de impureza, ter grãos arredondados e, constituir-se de 90 a 95% de grãos de quartzo. Sua granulometria dependerá das análises granulométrica para determinar a abertura do filtro.

Injeção de Água:

Após o encascalhamento e antes de colocar o poço em desenvolvimento pelo sistema “Air Lift”, injetar água limpa até a retirada de todo fluido existente no poço. A partir daí, injeta-se uma solução fluidificante (Hexametáfosfato de sódio ou similar) e aguarda-se por um período de 12 horas em repouso para sua reação.

Desenvolvimento - Sistema Air Lift

Após a injeção de água limpa, colocar o poço em desenvolvimento pelo sistema Air Lift, para retirada de todos os grãos que porventura apresente durante a fase de desenvolvimento. Só parar o desenvolvimento quando houver total isenção de areia no desenvolvimento e estabilização do nível dinâmico e vazão.

Jateamento nas Zonas Produtoras:

Caso o poço venha a apresentar vazão abaixo do esperado, recomenda-se fazer o jateamento em frente às seções filtrantes (Tubulação geomecânica), através de bomba de pistão com alta vazão. Caso a tubulação seja galvanizada ou inoxidável fazer um pistoneio acima das seções filtrantes.

Cimentação:

A cimentação deverá ser feita para fixar a coluna de revestimento e filtro geomecânico fortilit e evitar a contaminação superficial, devendo ocupar o espaço anular entre a parede do poço e a coluna de revestimento geomecânico, com uma pasta de cimento (Água + cimento), de densidade próxima de 14 lb/galão.

Laje de proteção superficial

Deverá ser feita uma laje de proteção sanitária em volta do poço (0,3m x 1,0m x 1,0m) ou dependendo da topografia do terreno e declividade de 2%, no sentido do poço para a borda.

Desinfecção:

A desinfecção do poço deverá ser realizada após o teste de vazão.

Aparelhos necessários para análises de fluido:

Para um melhor controle das características reológicas do fluido de perfuração, deverá ser utilizado no canteiro de obras um mini-laboratório com os seguintes equipamentos: Reometro, funil marsh, caneco marsh, balança, pHmetro, filtro prensa e medidor de areia.

Aparelhos necessários para controle de sólidos:

Poderá fazer parte dos equipamentos extratores de sólidos desareador, dessiltador e a peneira vibratória.

Teste de produção:

Deverá ser realizado com bomba submersa, durante um período de pelo menos 24 horas, ou dependendo da estabilização do nível dinâmico e vazão devendo ser registrados: Nível estático, nível dinâmico, rebaixamento, vazão, vazão específica, tempo de recuperação e rebaixamento residual.

Controle de Qualidade da Água:

De acordo com os dados analíticos da água que abastece as cidades sugere-se um monitoramento mensal da captação e dos pontos de distribuição. Este procedimento não se destina apenas à determinação da potabilidade, mas também à identificação de possíveis fontes de contaminação desde o poço tubular (aqüífero) ou da rede de distribuição. A quantidade de parâmetros pode ser reduzida, na medida em que a administração pública tenha amplo conhecimento da qualidade da água servida à população.

Análise de Água:

Concluídas as etapas anteriores, deverá ser coletadas amostras da água para as análises físico-químicas e bacteriológicas.

Manutenção Preventiva

Este é um fator primordial para manter o poço em pleno funcionamento. A cada ano de trabalho retirar a bomba e trocar a tubulação de recalque afetada juntamente com as luvas. O conjunto moto-bomba deverá passar por uma revisão.

Relatório Final:

Após a conclusão dos trabalhos a contratada deverá apresentar um relatório detalhado de todas as atividades realizadas no campo, que deverá constar: Coordenadas geográficas profundidade do poço, diâmetro de perfuração, aquífero explorado, geologia e hidrogeologia da área, diâmetro do revestimento, diâmetro do filtro, diâmetro e metragem da tubulação de recarga, metragem do filtro, metragem do revestimento, seções dos filtros, seções dos revestimentos, tipo e diâmetro de tubulação de recalque, metragem de pré - filtro, tipo e granulometria do pré - metragem da cimentação, volume cubado da cimentação, intervalo da cimentação, densidade da pasta utilizada, tipo de bomba, potencia, perfil geofísico, tipo de quadro, capacidade do quadro de comando onde deverá constar: Relé falta de fase, para raios, posição dos sensores de níveis (Superiores e inferiores) vazão, vazão específica, nível estático, nível dinâmico, rebaixamento, rebaixamento residual, teor de areia, altura da boca do poço, descrição litológica, endereço constando sigla do poço, empresa, rua, bairro e cidade.

Município de Tabatinga - Sugestões para Perfuração

Os poços na área urbana de Tabatinga deverão ter profundidade média de 25 metros, devido estarem assentados em depósitos aluvionares de pequena espessura, que estão situados sobre camadas de carvão, indesejáveis para exploração de água. Deverão ser utilizados revestimentos e filtros geomecanico fortilit de diâmetro 150 mm ou similar.

A perfuração deverá ser com diâmetro de 12 ¼". A cimentação deverá ser feita com água e cimento, cuja densidade será de 14 libras/galão, através de pressão de bombeio entre a tubulação geomecanico fortilit de 150 mm de diâmetro externo e o diâmetro de perfuração de 12 ¼", não podendo exceder a profundidade de 5 metros. Esta projeção solucionará em definitivo o processo construtivo de poços residenciais, empresas privadas e órgãos públicos, deixando o aquífero superficial a cargo do gestor regional para captação e distribuição.

Na comunidade de Belém do Solimões, no poço desativado localizado no centro de saúde recomenda-se cimentar o mesmo com água e cimento devido à presença de gosto de ferro; motivo este de sua não utilização. Na comunidade Palmares deve-se retirar o grupo gerador das proximidades do poço, para evitar contaminação do mesmo, que apresenta alto teor de areia, gosto de ferro, água salobra e presença de coliformes. Na comunidade de Umariçu 1 deve-se clorar as águas de todos os poços antes do consumo pela população.

Município de Amaturá - Sugestões para Perfuração

Os poços na área urbana de Amaturá deverão ter profundidade média de 45 metros, devido estar assentado sobre a Formação Içá, onde deverá utilizar revestimentos e filtros geomecanico fortilit de diâmetro 200 mm de tecnologia alemã.

A perfuração deverá ser de diâmetro de 15". A cimentação deverá ser feita com água e cimento, cuja densidade será de 12 libras/galão, através de pressão de bombeio entre a tubulação geomecanico fortilit de 200 mm de diâmetro externo e o diâmetro de perfuração de 15", não podendo exceder a profundidade de 10 metros. Esta projeção solucionará em definitivo o processo construtivo de poços para atender a população.

Municípios de Santo Antônio Içá, Tonantins, Jutaí e Fonte Boa - Sugestões para Perfuração

Os poços na área urbana desses quatro municípios deverão ter profundidade média de 60 metros, devido estarem assentados na Formação Içá. Deverão ser utilizados revestimentos e filtros geomecanico fortilit de diâmetro 200 mm de tecnologia alemã.

A perfuração deverá ser de diâmetro de 15". A cimentação deverá ser feita com água e cimento, cuja densidade será de 12 libras/galão através de pressão de bombeio entre a tubulação geomecanico fortilit de 200 mm de diâmetro externo e o diâmetro de perfuração de 15", não podendo exceder a profundidade de 20 metros.

Município de Uarini - Sugestões para Perfuração

Os poços na área urbana de Uarini deverão ter profundidade média de 50 metros. Deverão ser utilizados revestimentos e filtros geomecanico fortilit de diâmetro 200 mm ou similar.

A perfuração deverá ser com diâmetro de 15". A cimentação deverá ser feita com água e cimento, cuja densidade será de 12 libras/galão, através de pressão de bombeio entre a tubulação geomecanico fortilit de 200 mm de diâmetro externo e o diâmetro de perfuração de 15", não podendo exceder a profundidade de 10 metros.

Município de Alvarães - Sugestões para Perfuração

Os poços na área urbana desses quatro municípios deverão ter profundidade média de 60 metros, devido estarem assentados na Formação Içá. Deverão ser utilizados revestimentos e filtros geomecanico fortilit de diâmetro 200 mm de tecnologia alemã.

A perfuração deverá ser de diâmetro de 15". A cimentação deverá ser feita com água e cimento, cuja densidade será de 12 libras/galão através de pressão de bombeio entre a tubulação

geomecânico fortilit de 200 mm de diâmetro externo e o diâmetro de perfuração de 15", não podendo exceder a profundidade de 20 metros.

Município de Tefé - Sugestões para Perfuração

Os poços na área urbana de Tefe deverão ter profundidade média de 100 a 120 metros. Deverão ser utilizados revestimentos e filtros geomecânico fortilit de diâmetro 200 mm ou similar.

A perfuração deverá ser de diâmetro de 15". A cimentação deverá ser feita com água e cimento, cuja densidade será de 12 libras/galão através de pressão de bombeio entre a tubulação geomecânico fortilit de 200 mm de diâmetro externo e o diâmetro de perfuração de 15", não podendo exceder a profundidade de 30 metros.