

**AVALIAÇÃO TÉCNICA DE ÁREAS PARA
IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DA CIDADE
DE FONTE BOA (AM)**

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
Superintendência Regional de Manaus

Marco Antonio Oliveira
Superintendente Regional

André Luís M. Real dos Santos
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

José Luiz Marmos
Supervisor de Gestão Territorial

Equipe Técnica Responsável pelo Laudo
Geóloga Larissa Neves Lago
Sondador Nelinho Nunes da Silva

1 ANTECEDENTES

Os resíduos sólidos coletados pela Prefeitura Municipal de Fonte Boa estão sendo depositados, desde o ano de 2008 na lixeira municipal localizada em um ramal da estrada da Baré (Figuras 1 e 2), a uma distância de aproximadamente 1,5 km da sede urbana e 2 km do centro da pista do aeroporto local, e seja nos aspectos técnicos, legais ou operacionais, encontra-se numa situação inadequada. Nesse sentido, a atual administração municipal, levando em conta a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/10 e Decreto Federal 7404/10), se conscientizou da necessidade da construção de um aterro sanitário, que atenda às normas técnicas e à legislação vigente, de modo a minimizar os riscos ambientais.

Em busca de uma solução que culmine com o encerramento definitivo das atividades da citada lixeira, os gestores de Fonte Boa selecionaram quatro áreas para avaliação da viabilidade técnica da implantação do Aterro Sanitário Municipal, de modo a coletar, transportar e dar disposição final aos resíduos sólidos da cidade de maneira ambientalmente correta. As áreas foram assim denominadas: **área 01**, no km 12 da estrada do Tupé (12 km em linha reta do centro da cidade); **área 02**, na região do São Felipe, km 10/11 da estrada do Tupé (10 km do centro da cidade); **área 03**, nas imediações da comunidade do Tupé, no km 18 da estrada homônima, a aproximadamente 18 km do centro da cidade (Figura 3); e **área 04**, situada na estrada do Chinelo a 1,8 km do centro da cidade, a qual já tinha sido avaliada preliminarmente por uma equipe técnica da CPRM, no ano de 2008, durante os trabalhos do Projeto Alto Solimões (CPRM, 2009) (Figura 3). Das quatro áreas, apenas a primeira tinha limites previamente definidos, configurando uma superfície com cerca de 100 hectares.

Com vistas à elaboração de projeto e posterior implantação do aterro, a Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Fonte Boa solicitou apoio à CPRM – Serviço Geológico do Brasil para avaliar a aptidão técnica das áreas pré-selecionadas em dar suporte a tal tipo de empreendimento no que diz respeito aos atributos geológicos, geomorfológicos e hidrológicos. Com esse objetivo, a geóloga Larissa Neves Lago e o sondador Nelinho Nunes da Silva foram destacados para a realização dos estudos, cujas atividades de campo (coleta de dados in situ) se desenvolveram no período de 01 a 08 de outubro de 2014.

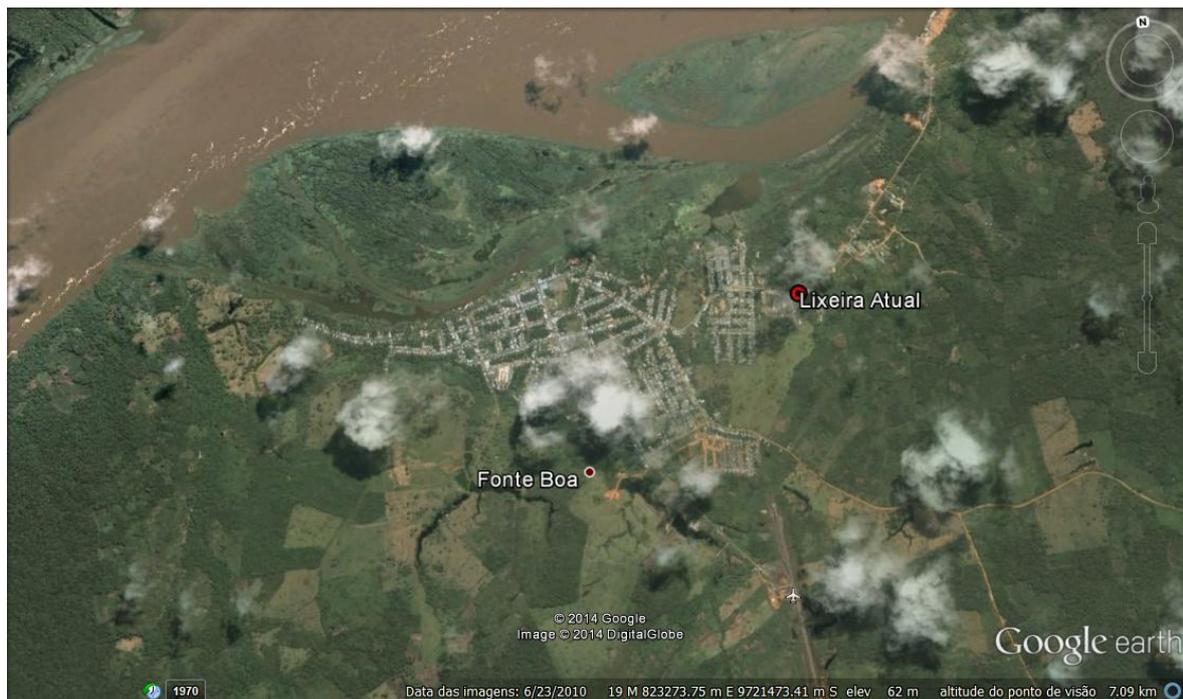


Figura 1: Imagem de satélite de alta resolução (Google Earth) da cidade de Fonte Boa e entorno com a localização da lixeira atual, na estrada da Baré, e do aeroporto local.



Figura 2: Fotos da lixeira atual da cidade de Fonte Boa, destacando o lixo a céu-aberto.

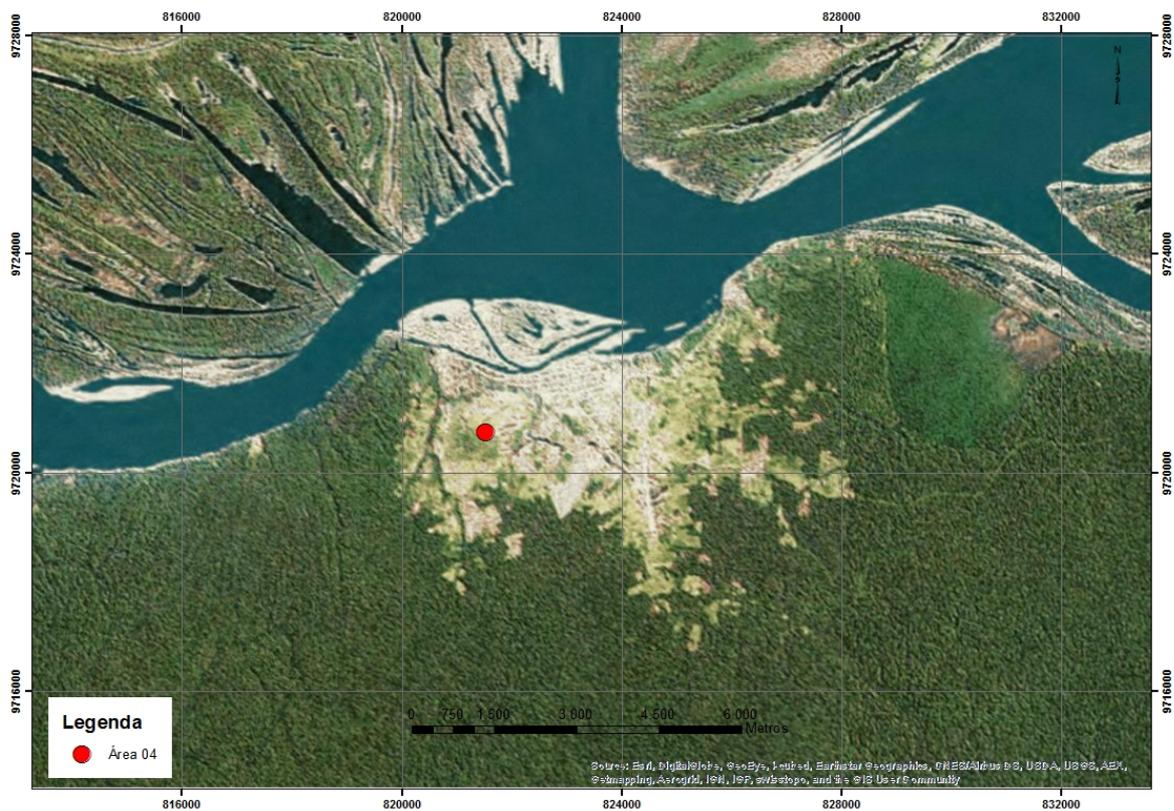
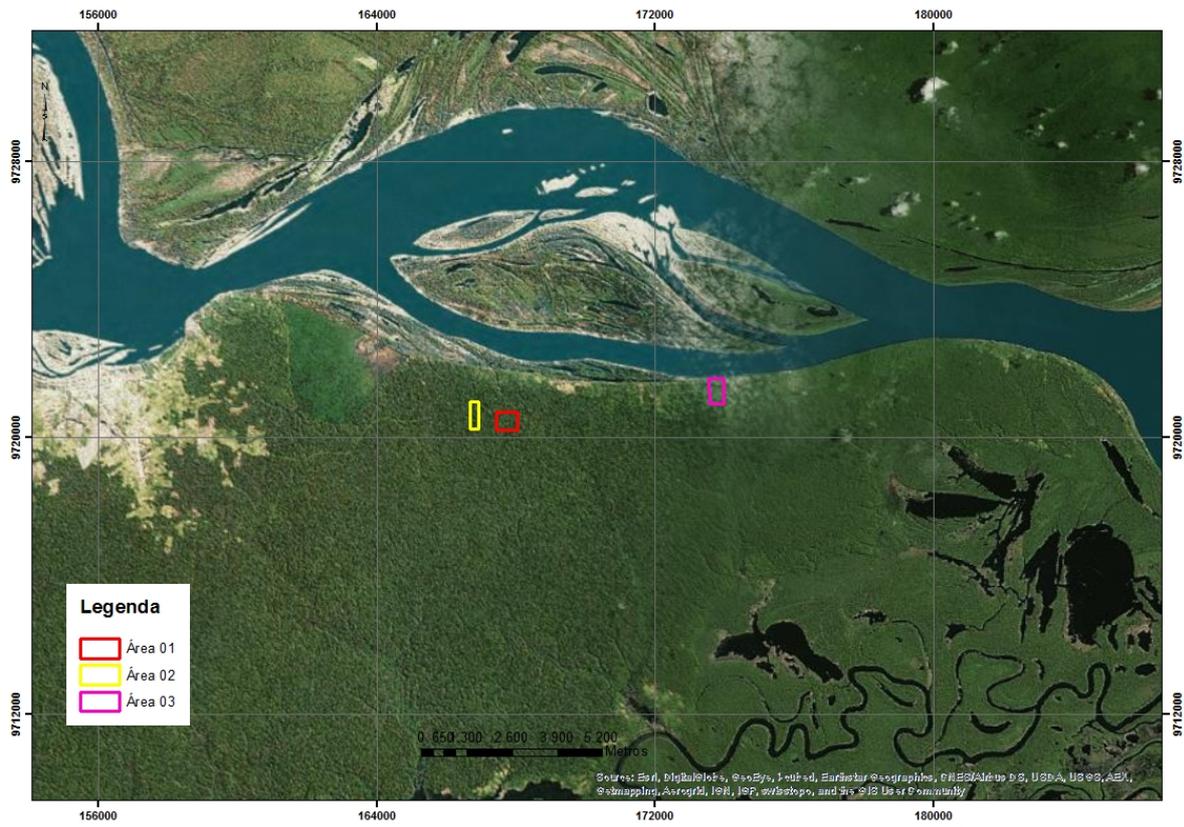


Figura 3: Imagens de satélite com a localização das quatro áreas selecionadas para o estudo de viabilidade técnica do aterro sanitário de Fonte Boa.

2. CÁLCULO DA ÁREA NECESSÁRIA PARA IMPLANTAÇÃO DO ATERRO

Para este cálculo, devido à falta de informações precisas sobre a quantidade de resíduos sólidos coletados diariamente na cidade de Fonte Boa, optou-se por utilizar o valor médio estimado para o Estado do Amazonas, obtido dos estudos de Andrade (1999), que é de 0,8 kg/habitante/dia. O parâmetro em questão é essencial para o cálculo da área superficial necessária para instalação de aterro sanitário com vida útil mínima de 10 anos, conforme recomendado nas normas técnicas pertinentes (NBR 10157/87 e NBR 13896/97 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT) e nos manuais de gerenciamento de resíduos sólidos (IPT, 2000). Neste laudo, no entanto, levando-se em consideração a Política Nacional de Resíduos Sólidos, para efeitos de cálculo irá se considerar um aterro sanitário com vida útil mínima de 15 anos.

Outros dois parâmetros a serem levados em conta são a população urbana de Fonte Boa (15.115 habitantes, de acordo com o censo do IBGE 2010) e a taxa média de crescimento anual dessa população (calculada em 2,9% quando se comparam os dados dos últimos 10 anos – censos IBGE de 2000 e de 2010). Portanto, utilizando-se a informação contida no estudo de Andrade (1999), a quantidade média de resíduos sólidos produzidos atualmente na zona urbana de Fonte Boa (população de 17.357 habitantes em 2014) é de aproximadamente 13.886 kg por dia.

Assim, com base nos números disponíveis, adotados e informados, e mantendo-se a situação observada, é possível estimar em **96.288** toneladas a quantidade total de resíduos sólidos que seria coletada em Fonte Boa ao longo dos próximos 15 anos (Tabela 1).

Ano	População Estimada*	Total de lixo por dia**	Total de lixo por ano**
2015	17.860	14,29	5.215
2016	18.378	14,70	5.366
2017	18.911	15,13	5.522
2018	19.459	15,57	5.682
2019	20.024	16,02	5.847
2020	20.604	16,48	6.016
2021	21.202	16,96	6.191
2022	21.817	17,45	6.371
2023	22.450	17,96	6.555
2024	23.100	18,48	6.745
2025	23.770	19,02	6.941
2026	24.460	19,57	7.142
2027	25.170	20,14	7.350
2028	25.900	20,72	7.563
2029	26.650	21,32	7.782
Total de lixo recolhido em 15 anos			96.288

*Zona urbana de Fonte Boa; ** em toneladas

Tabela 1 – Estimativa do total de resíduos sólidos coletados pelo serviço público de limpeza, na cidade de Fonte Boa, ao longo dos próximos 15 anos.

De acordo com IPT (2000), a densidade do lixo depois de compactado e aterrado está em torno de $0,75 \text{ ton/m}^3$. Assim, o volume total de lixo aterrado em 15 anos será:

$$96.288 \text{ ton} / 0,75 \text{ ton/m}^3 = 128.384 \text{ m}^3$$

Nos cálculos há que se levar em conta também o volume do material de cobertura (argila) das camadas de lixo. Considerando-se uma relação de 1:2 entre cobertura e lixo, o volume total do material de cobertura ao longo de 15 anos será:

$$128.384 \text{ m}^3 / 2 = 64.192 \text{ m}^3$$

Assim, o volume total de material aterrado, para uma vida útil de 15 anos, será:

$$128.384 \text{ m}^3 + 64.192 \text{ m}^3 = 192.576 \text{ m}^3$$

Caso o processo de aterramento do lixo seja executado pelo método *da trincheira ou vala*, que consiste na escavação de diversas valas e posterior preenchimento das mesmas com lixo e material de cobertura até ao nível da superfície do terreno, a área necessária para a vida útil pretendida dependerá da profundidade das valas, conforme expresso no quadro abaixo:

Prof. das valas (m)	Área necessária (m^2)	Área necessária (ha)
1,0	192.576	19,3
2,0	96.288	9,6
3,0	64.192	6,4
4,0	48.144	4,8

Além da área destinada às valas há que se acrescentar no cálculo o espaço para as áreas de servidão (cinturão de vegetação, estradas internas, galpões, instalações de escritório e balança, etc), que não receberão despejo de lixo. Estima-se que as áreas de servidão ocupem cerca de 20% do terreno total do aterro. Assim, para Fonte Boa, tomando como exemplo um aterro com valas de 3,0 metros de profundidade média, plenamente factível no local avaliado conforme se verá adiante, para uma vida útil de 15 anos o terreno deverá apresentar aproximadamente a seguinte área:

$$6,4 \text{ ha} + 6,4 \times 0,2 = \mathbf{7,7 \text{ hectares}}$$

Por outro lado, se no projeto do aterro, após o fechamento das valas, for feita a opção de se elevar pilhas dos resíduos alguns metros acima da superfície do terreno (rampas), a área necessária para o empreendimento será bastante reduzida. De modo semelhante, se for implantado em Fonte Boa, conforme planejado pelos atuais gestores municipais, um programa intensivo de coleta seletiva, triagem, reciclagem e compostagem, o volume de resíduos descartados no aterro sanitário será significativamente reduzido, o que representará redução na área necessária para a instalação e operação do aterro. Recomenda-se trabalhar para que a diferença entre o volume de resíduos produzidos e o volume de resíduos destinados ao aterro seja a máxima possível, não menos que 50%.

3. DESCRIÇÃO DAS ÁREAS AVALIADAS E ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

As áreas indicadas para avaliação técnica estão todas inseridas na bacia hidrográfica do rio Solimões. As áreas 01, 02 e 03, a leste da sede municipal, estão localizadas ao longo da estrada do Tupé, que é a principal via acesso. Já a área 04, a oeste da sede urbana, está localizada na estrada do Chinelo, a qual é sua principal via de acesso (Figura 3).

Áreas 01, 02 e 03: Tratam-se de terrenos desenvolvidos sobre tabuleiros dissecados, com cota altimétrica em torno de 64 – 76 metros, assentados, segundo o mapa geológico da região, sobre depósitos arenosos marginais derivados de sedimentação flúvio-lacustre da Formação Içá. As três áreas apresentam uma grande densidade de drenagens de pequeno porte, e o desnível entre o topo dos terrenos e o fundo dos vales varia de 4-6 metros. Foram executadas duas sondagens na área 01 e foi observado que o horizonte superior do solo (até 3-5 metros de profundidade) é argiloso, e abaixo desta profundidade predominantemente arenoso. A cobertura vegetal dessas áreas é representada principalmente por mata nativa. A área 01 está a 10,5 km do centro da pista do aeroporto de Fonte Boa, a área 02 a 9,8 km, e a área 03 a 16,8 km.

Área 04: Foi feita uma visita à área 04 e constatado que de fato o terreno é plano, assentado sobre depósitos arenosos marginais derivados de sedimentação flúvio-lacustre da Formação Içá. De acordo com as sondagens realizadas pela CPRM anteriormente (CPRM, 2009), o solo é argilo-arenoso até 3 metros e a partir desta profundidade predominantemente areno-argiloso. Esta área situa-se a cerca de 3 km de distância do centro da pista de pouso do aeroporto de Fonte Boa.

Segundo o Relatório referente ao Projeto Alto Solimões, executado pela CPRM nos anos 2008/2009, A cidade de Fonte Boa dispunha de uma área, pré-selecionada com auxílio do Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas - IPAAM, para a construção do aterro sanitário municipal. O terreno está situado ao longo da estrada do Chinelo, na região do divisor de águas entre o igarapé Chinelo e o igarapé que corta o bairro São Francisco. Segundo informações do então secretário de limpeza pública, a área toda possui em torno de 15 ha. Na visita à área, foi constatado que a área era plana e coberta por campos de pasto, e que a mesma se localizava a 3km do aeroporto da cidade e a 500m das residências mais próximas. Para melhor caracterização da área foram realizadas duas sondagens a trado que serão relatas mais a frente.

É importante destacar que, de acordo com o documento PCA 3-2/2011 – Plano Básico de Gerenciamento do Risco Aviário - PBGRA, publicado pelo Comando da Aeronáutica, não está autorizada a implantação de aterros sanitários em um raio de 9 km a partir do centro geométrico da pista de pouso de aeroportos e aeródromos. Portanto a área 04, apesar de ter requisitos técnicos favoráveis à implantação do aterro sanitário de Fonte Boa, como ser verá adiante, não está de acordo com a norma do Comando da Aeronáutica.

Segundo as normas NBR 10157/87 e 13896/97 da ABNT, que tratam dos critérios para projeto, construção e operação de aterro de resíduos perigosos e não perigosos, o empreendimento deve estar localizado a uma distância mínima de 200m de cursos d'água, *ressalvando, porém, que o órgão estadual de meio ambiente poderá alterar essa distância.*

Os trabalhos de campo se iniciaram com o reconhecimento preliminar dos terrenos das áreas 01, 02 e 03 e suas adjacências, por meio de trilhas e picadas abertas nas áreas de mata virgem. Esse reconhecimento permitiu a constatação de que nas três áreas e seus entornos há uma grande densidade de cursos d'água, fator que impossibilita a implantação do aterro sanitário nesses locais devido ao alto risco de contaminação a que a região ficaria suscetível.

De qualquer modo, com objetivo de caracterizar melhor as três áreas, foi usado como modelo a situação da área 01, que é semelhante às outras duas. Para isso, as informações referentes à localização dos cursos d'água foram plotadas no mapa-base, com auxílio de aparelho GPS, e serviram para orientar a locação das sondagens na área 01, cujos resultados podem ser extrapolados para as áreas 02 e 03 (Figura 4).

Na sequência, foram realizadas as perfurações na área 01, com auxílio de trado manual. Neste caso, os principais objetivos das sondagens a trado foram:

- avaliação visual e coleta de amostras do solo e subsolo para ensaios granulométricos;
- definição da profundidade do nível local da água subterrânea (NA ou nível freático).

Lembra-se que, do ponto de vista geológico-ambiental, para dar suporte a um aterro sanitário é fortemente recomendado que o terreno apresente subsolo argiloso a argilo-arenoso, o que dificulta a infiltração dos contaminantes, e o nível freático afastado da superfície. Segundo as normas supracitadas, entre a superfície inferior do aterro e o mais alto nível do lençol freático deve haver uma camada de espessura mínima de 1,5m de solo insaturado, sendo que o nível deve ser medido logo após a época de maior precipitação pluviométrica na região.

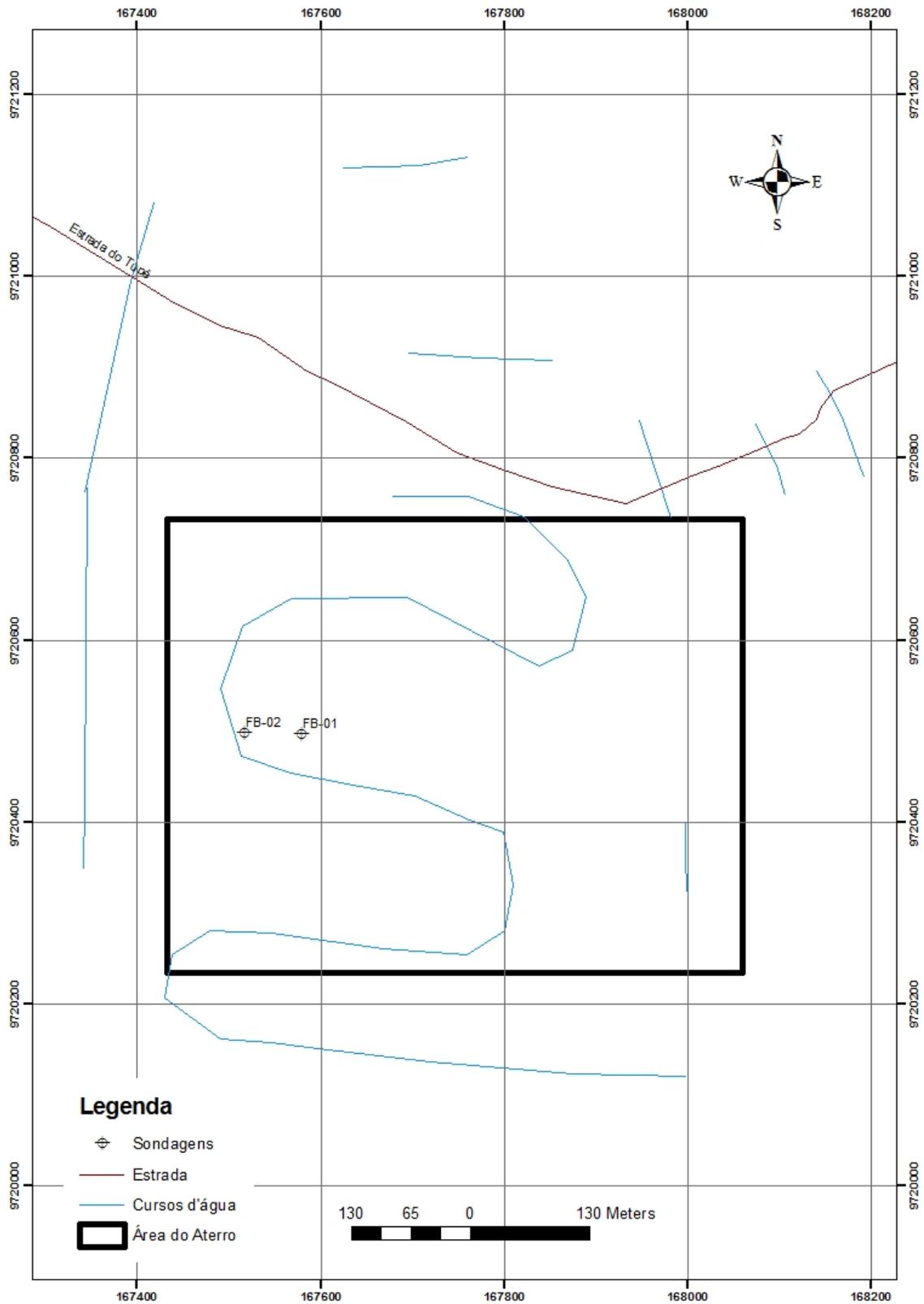


Figura 4: Mapa de detalhe da área 01 com a localização dos furos de trado realizados e dos cursos d'água existentes no seu interior e nas vizinhanças da mesma.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Foram feitas duas perfurações a trado na área 01, com profundidades de 6,0 e 7,0 metros (Figura 4 e Tabela 2), sendo que o nível das águas subterrâneas (NA) não foi atingido em nenhuma delas. No âmbito do Projeto Alto Solimões (CPRM, 2009), para avaliação preliminar da área 04, haviam sido feitas também duas perfurações a trado e em ambas foi atingido o NA (tabela 3).

Furo	Coordenadas UTM (Zona 20S)	Cota Aproxim. (m)	Profund. Final (m)	Nível Freático (m)	Cobertura Vegetal
FB-01	167583 E 9720461 S	74	7,0	-	Mata Nativa
FB -02	167517 E 9720498 S	76	6,0	-	Mata Nativa

Tabela 2: Características das sondagens a trado executadas neste estudo na área 01.

Furo	Coordenadas UTM (Zona 21S)	Cota Aproxim. (m)	Profund. Final (m)	Nível Freático (m)	Cobertura Vegetal
FBO-03 S1	821195 O 9720977 S	-	8,5	8,5	Mata Secundária
FBO-03 S2	821316 O 9721121 S	-	8,5	8,5	Mata Secundária

Tabela 3: Características das sondagens a trado executadas na área 04 (CPRM, 2009).

As observações “ao pé das sondagens” definiram os seguintes perfis de solo/subsolo na área 01:

FURO FB-01 (Figura 5):

- 0,00 a 0,50m: solo orgânico argiloso de cor marrom;
- 0,50 a 1,00m: argila siltosa cinza e vermelha;
- 1,00 a 4,00m: argila cinza com manchas vermelhas e amarelas;
- 4,00 a 6,00m: argila cinza e marrom;
- 6,00 a 7,00m: argila siltosa cinza e marrom.

FURO FB-02 (Figura 6):

- 0,00 a 0,50m: solo orgânico argiloso de cor marrom;
- 0,50 a 1,00m: argila siltosa marrom;
- 1,00 a 3,00m: argila siltosa cinza e vermelha;
- 3,00 a 5,00m: argila siltosa cinza e marrom;
- 5,00 a 5,50m: areia argilosa cinza e vermelha;

- 5,50 a 6,00m: areia vermelha.

Os estudos do Projeto Alto Solimões (CPRM, 2009) descrevem os seguintes perfis de solos para a área 04:

FURO FBO-03 S1:

- 0,0m a 0,5m: argila arenosa marrom (solo orgânico);
- 0,5m a 2,5m: argila arenosa alaranjada;
- 2,5m a 3,0m: argila arenosa alaranjada (mais arenosa);
- 3,0m a 5,5m: areia fina argilosa alaranjada;
- 5,5m a 6,0m: areia fina argilosa amarelada;
- 6,0m a 8,5m: areia fina argilosa avermelhada.

FURO FBO-03 S2:

- 0,0m a 0,7m: argila arenosa marrom (solo orgânico);
- 0,7m a 2,2m: argila arenosa alaranjada;
- 2,2m a 3,4m: argila arenosa alaranjada (mais arenosa);
- 3,4m a 5,8m: areia fina argilosa alaranjada;
- 5,8m a 6,3m: areia fina argilosa amarelada;
- 6,3m a 8,5m: areia fina argilosa avermelhada.





Figura 5: Aspectos da perfuração e do material atravessado em dois intervalos do furo FB-01.



Figura 6: Aspectos da perfuração e do material atravessado em dois intervalos do furo FB-02.

Assim, por tudo já descrito, fica comprovado que a área 01, usada como modelo representativo para as áreas 02 e 03, apesar do caráter argiloso do horizonte mais superficial do solo, não apresenta aptidão técnica para a implantação do aterro sanitário do município de Fonte Boa devido à grande densidade de pequenos cursos d'água presentes nas mesmas. Já a área 04, numa avaliação preliminar, apresenta boa aptidão técnica para a implantação do aterro no que diz respeito às características dos solos e do NA, porém há que se definir o tamanho desse terreno e verificar a eventual existência de cursos d'água em seu interior e vizinhanças. Além disso, a área não obedece à norma do Comando da Aeronáutica que exige uma distância mínima de 9km do aterro sanitário até o centro da pista do aeroporto da cidade, sendo que essa distância, na área em questão, é de apenas 3 km.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Pelo exposto acima, e conforme apresentado na Figura 4, as áreas pré-selecionadas na estrada do Tupé, e avaliadas neste estudo, **não possuem aptidão técnica** para servir como local de implantação do aterro sanitário de Fonte Boa. Essa constatação foi obtida após as investigações de campo, onde foi registrada uma alta densidade de cursos d'água no interior e nos entornos das três áreas em questão. Com isso, não foi encontrada em nenhuma delas área útil suficiente para o aterro sanitário, considerando que o empreendimento deve estar localizado, segundo os critérios das normas NBR 10157/87 e 13896/97 da ABNT, a uma distância mínima de 200m de cursos d'água.

Os estudos anteriormente elaborados pela CPRM na região (CPRM, 2009) indicaram, numa avaliação preliminar, que a área sondada na estrada do Chinelo apresenta **boa aptidão técnica** para a implantação do aterro sanitário de Fonte Boa. Contudo, há necessidade de estudos mais detalhados nessa área, com definição dos limites do terreno, investigação da presença de cursos d'água nas proximidades do mesmo e execução de mais duas ou três sondagens a trado. Ademais, há a questão de que essa área está situada a apenas 3 km do aeroporto local enquanto, como já citado, a norma do Comando da Aeronáutica determina uma distância mínima de 9 km entre aterros sanitários e o centro da pista de aeroportos e aeródromos, restrição que dificilmente será abrandada pelo órgão responsável pela segurança aeroportuária.

Desse modo, recomenda-se que sejam selecionadas, com auxílio de imagens de satélite e breves visitas de campo, áreas alternativas, a uma distância mínima de 9 km do aeroporto local e distância máxima de 15 km do centro urbano de Fonte Boa, que não possuam cursos d'água nas proximidades, para que se possam proceder a novas avaliações de detalhe com vistas à definição da viabilidade técnica das mesmas em dar suporte ao aterro sanitário de Fonte Boa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, J. B. L. 1999. *Diagnóstico da situação atual do sistema de limpeza urbana no município de Parintins (AM)*. Relatório Interno. Parintins, 16p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 1987. *Aterros de resíduos perigosos – Critérios para projeto, construção e operação*. NBR 10157. Rio de Janeiro, 13p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 1997. *Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação*. NBR 13896. Rio de Janeiro, 12p.

CPRM. 2009. *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: CPRM, 358p.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 2000. *Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado*. Coordenação: Maria Luiza Otero D’Almeida, André Vilhena. 2^a. ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 370p.

