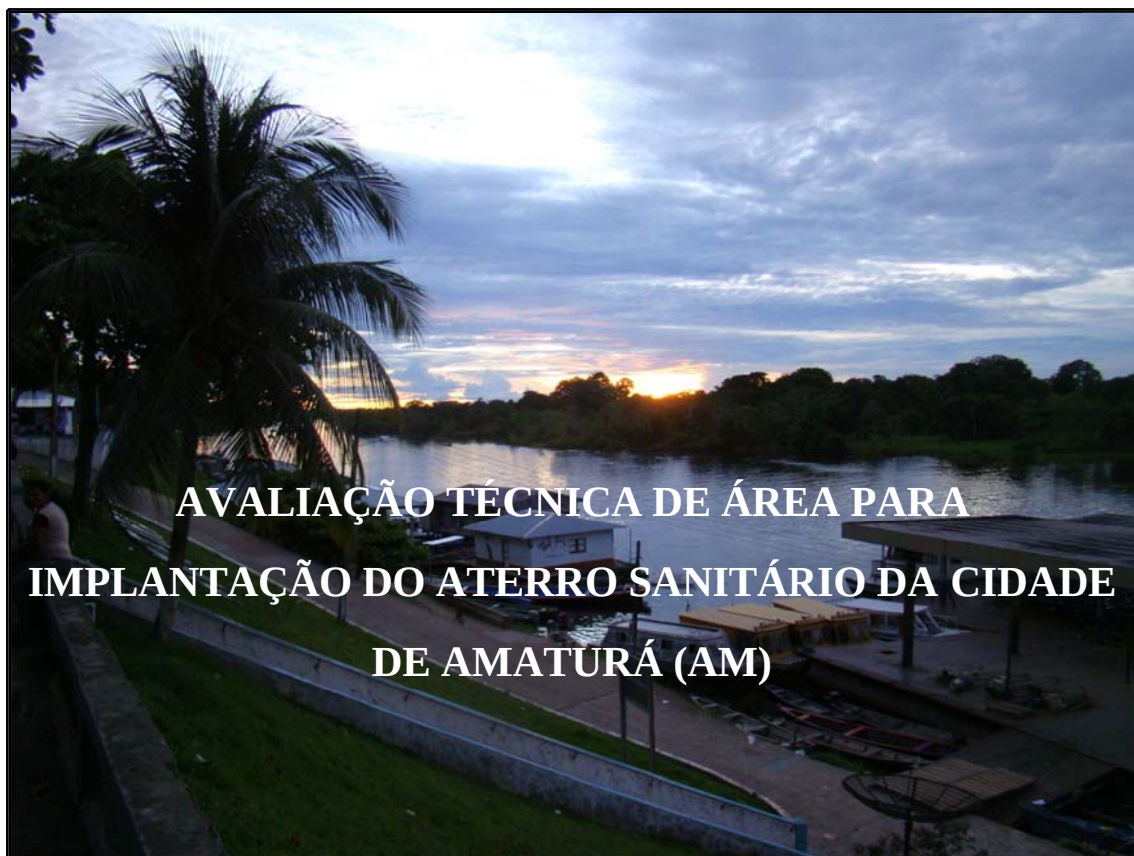




COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
Superintendência Regional de Manaus

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

Geólogo José Luiz Marmos

Geóloga Larissa Neves Lago

Sondador Valdemilton Gusmão

1 ANTECEDENTES

Os resíduos sólidos coletados na zona urbana de Amaturá vêm sendo depositados há mais de 15 anos, sem nenhum tipo de segregação ou tratamento, na lixeira municipal localizada na Estrada das Indústrias, bairro Cidade Nova, a apenas 800 metros do centro da cidade. O local é caracterizado como uma lixeira a céu-aberto, já que os resíduos aí despejados são recobertos somente a cada cinco ou seis meses por uma camada de argila (Figuras 1 e 2).

O terreno ocupado pela lixeira, sem nenhuma cerca de proteção, tem superfície aproximada de 2 hectares e bem próximo aos seus limites, a menos de 100 metros, ocorre uma drenagem intermitente denominada igarapé Ceará, afluente do rio Acuruí. Em trabalho anterior realizado pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil nesse local (CPRM, 2009) foram coletadas amostras de água do igarapé citado, as quais foram enviadas para análises químicas. Os resultados das análises evidenciaram a contaminação das águas do igarapé, claramente provocada pela decomposição e posterior drenagem superficial dos resíduos orgânicos (chorume) existentes na lixeira. De fato, em visita ao local, durante a realização deste estudo, foi observada a presença de chorume escorrendo na margem do ramal que ladeia a lixeira (Figura 2).

Seja nos aspectos técnicos, legais ou operacionais, essa lixeira encontra-se numa situação inadequada, causando transtornos ao meio ambiente em seu entorno, principalmente pela contaminação dos recursos hídricos. 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 e preservar a saúde da população vizinha.

Em busca de solução que culmine com o encerramento das atividades da lixeira atual, os gestores de Amaturá tomaram iniciativa de selecionar uma área para implantação do Aterro Sanitário Municipal, de modo a coletar, transportar e dar disposição final aos resíduos sólidos da cidade de maneira ambientalmente correta.

Com vistas à elaboração de projeto e posterior implantação do aterro, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Turismo de Amaturá - SEMMAT, por meio do Ofício no. 001/2014, solicitou apoio à CPRM para avaliar a aptidão técnica da área selecionada em dar suporte a tal tipo de empreendimento no que diz respeito aos atributos geológicos, geomorfológicos e hidrológicos. Com esse objetivo, o geólogo José Luiz Marmos, a geóloga Larissa Neves Lago, e o sondador Valdemilton Gusmão foram destacados para a realização dos estudos, cujas atividades de campo (coleta de dados in situ) se desenvolveram no período de 21 a 28 de março de 2014.



Figura 1: Imagem de satélite de alta resolução (Google Earth) da cidade de Amaturá com a localização da lixeira atual e da área avaliada neste estudo.



Figura 2: Fotos da lixeira atual da cidade de Amaturá, com destaque para o lixo a céu-aberto e o chorume escorrendo na lateral da Estrada das Indústrias.

2. PROBLEMAS COM A LOCALIZAÇÃO DA ÁREA SELECIONADA E INDICAÇÃO DE UMA NOVA ÁREA PARA AVALIAÇÃO

A área selecionada pela SEMMAT para avaliação técnica, com cerca de 25 hectares, na bacia do igarapé Manaueri, está localizada 2,5 km após o final do Ramal Amaturá – Boia, a aproximadamente 7 km do centro da cidade de Amaturá. É um terreno coberto por floresta primária cujo acesso se faz pelo citado ramal, transitável por veículos somente no período seco, e por trilhas abertas na mata. O reconhecimento *in situ* dessa área constatou que a mesma não possui aptidão técnica para dar suporte a aterro sanitário devido à presença de inúmeros cursos d'água em seu interior e nas proximidades. Com isso, a área foi descartada para avaliações de detalhe e buscou-se, em conjunto, selecionar outro terreno, com acesso mais fácil e mais próximo da zona urbana, para os solicitados estudos de viabilidade técnica.

A seleção de uma nova área para avaliação foi balizada pelos estudos ambientais da CPRM realizados no município de Amaturá entre os anos de 2008 e 2009 (CPRM, 2009). Durante os trabalhos de campo desses estudos, os gestores municipais de então informaram à equipe da CPRM que havia uma área preliminarmente cogitada para implantação do aterro sanitário de Amaturá, pertencente ao Sr. Ivo dos Santos, mas que a mesma carecia de avaliações técnicas. Numa visita ao local, na época, foi verificado que o citado terreno situava-se nas proximidades do limite sudeste da zona urbana, a 1,5 km do centro, e possui cerca de 12 hectares de área plana.

Com objetivo de fazer uma breve avaliação do substrato dessa área, a equipe da CPRM na época executou uma sondagem a trado (AMT-01), com 10m de profundidade, na entrada do terreno, a qual não atingiu o nível da água subterrânea local e revelou um horizonte superficial de solo essencialmente argiloso com mais de 3m de espessura. Ou seja, essa avaliação preliminar já havia indicado dois fatores muito positivos quando se pensa na aptidão técnica de uma área em dar suporte a aterros sanitários: o caráter argiloso do solo superficial e o nível freático profundo.

No final do relatório referente àquele estudo recomendava-se a realização de sondagens adicionais para melhor definir a extensão lateral das camadas argilosas e verificar a profundidade do nível freático ao longo do terreno, além de reconhecimento em seu entorno para verificar a existência de cursos d'água, cuja proximidade é um fator limitante à escolha da área definitiva para avaliação. Assim, o terreno do Sr. Ivo dos Santos, que já possuía indicação preliminar positiva, foi selecionado para uma avaliação técnica detalhada, objeto deste relatório (Figura 1).

3. CÁLCULO DA ÁREA NECESSÁRIA PARA IMPLANTAÇÃO DO ATERRO

Segundo informações da SEMMAT, a quantidade média coletada de resíduos sólidos diariamente na cidade de Amaturá e depositada na atual lixeira é estimada em 5 toneladas. Esse é um parâmetro essencial para o cálculo da área superficial necessária para instalação de aterro sanitário com uma 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 Amaturá (4.960 habitantes, de acordo com o censo do IBGE 2010) e a taxa média de crescimento anual dessa população (calculada em 2,6% quando se comparam os dados dos últimos 10 anos – censos IBGE de 2000 e de 2010). Portanto, de acordo com a informação obtida *in loco*, a quantidade média de resíduos sólidos produzidos atualmente na zona urbana de Amaturá (população de 5.510 habitantes em 2014) pode ser calculada em cerca de 0,91 kg/habitante/dia, valor utilizado nos cálculos.

Assim, com base nos números disponíveis, adotados e informados, e mantendo-se a situação observada, é possível estimar em **33.049** toneladas a quantidade total de resíduos sólidos que seria coletada em Amaturá ao longo dos próximos 15 anos (Tabela 1).

Ano	População Estimada	Total de lixo por dia*	Total de lixo por ano*
2014	5.510	5,00	1.825
2015	5.653	5,14	1.876
2016	5.800	5,28	1.927
2017	5.950	5,41	1.975
2018	6.105	5,56	2.029
2019	6.264	5,70	2.080
2020	6.427	5,85	2.135
2021	6.594	6,00	2.190
2022	6.765	6,16	2.248
2023	6.941	6,32	2.307
2024	7.121	6,48	2.365
2025	7.306	6,65	2.427
2026	7.496	6,82	2.489
2027	7.691	7,00	2.555
2028	7.891	7,18	2.621
Total de lixo recolhido em 15 anos			33.049

* em toneladas

Tabela 1 – Estimativa do total de resíduos sólidos a serem coletados na cidade de São Amaturá 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:

$$33.049 \text{ ton} / 0,75 \text{ ton/m}^3 = 44.065 \text{ m}^3$$

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:

$$44.065 \text{ m}^3 / 2 = 22.033 \text{ m}^3$$

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

$$44.065 \text{ m}^3 + 22.033 \text{ m}^3 = 66.098 \text{ m}^3$$

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	66.098	6,61
2,0	33.049	3,30
3,0	22.033	2,20
4,0	16.524	1,65

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 Amaturá, tomando como exemplo um aterro com valas de 2,0 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:

$$3,30 \text{ ha} + 3,30 \times 0,2 = \mathbf{3,96 \text{ ha}}$$

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 Amaturá, 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 sua instalação e operação. 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%.

4. DESCRIÇÃO DA ÁREA AVALIADA E ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

A área inicial selecionada para avaliação técnica, cujos terrenos, segundo informações locais, são de propriedade do Sr. Ivo dos Santos e da Sra. Graça Azevedo, tem cerca de 10 hectares e situa-se a 700 metros do limite sudeste da zona urbana (bairro Santa Etelvina), a 1,5 km do centro de Amaturá, e não apresenta nenhuma comunidade no entorno. O acesso ao local é realizado por via terrestre, a partir de dois ramais não pavimentados que se iniciam no final do bairro Santa Etelvina: ramal Francisco Braga (limite sul da área) e ramal Porto Novo (próximo ao limite norte da área). Fica no divisor de águas de dois pequenos igarapés sem nome e que fluem para sul: um a leste, que corta o ramal Francisco Braga, e outro a oeste/sudoeste, que cruza os dois ramais e tem trechos represados. Ao sul da área, esses dois igarapés se juntam para desaguar, provavelmente, em tributário do rio Acuruí. A cerca de 200m do limite norte da área há outro pequeno curso d'água que cruza o ramal Porto Novo e flui para leste, provavelmente para um tributário do rio Solimões (Figuras 1 e 3).

Tratam-se de terrenos planos, com cota altimétrica em torno de 70 metros, assentados sobre solos derivados, de acordo com o mapa geológico da região, dos sedimentos arenosos pleistocênicos da Formação Içá. No entanto, o que foi observado durante as sondagens é que o horizonte superior do solo (até 3 a 4 metros de profundidade) é essencialmente argiloso e, portanto, originado de sedimentos finos, talvez depositados em ambiente de planícies e terraços fluviais que poderiam ter se instalado, em tempos mais recentes, sobre os arenitos da Formação Içá. Esse caráter argiloso do horizonte superficial do solo, com baixíssima permeabilidade, aliado à topografia plana, faz com que os terrenos se tornem alagadiços nos períodos chuvosos, como se observou durante os trabalhos de campo. A cobertura vegetal dessa área é representada principalmente por floresta secundária (capoeirão e capoeira baixa), resultante da extração madeireira no local, com poucas “ilhas” de floresta primária preservada.

Como já mencionado, existem três cursos d'água de pequeno porte nas proximidades da área indicada: um a oeste/sudoeste, um a leste e outro a norte. 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 e suas adjacências, por meio de caminhadas nos dois ramais e em picadas abertas nas áreas de floresta. Esse reconhecimento permitiu a identificação mais precisa do traçado dos três igarapés e da topografia da região.

Essas informações foram plotadas no mapa-base, com auxílio de aparelho GPS, e serviram para orientar a locação das sondagens a partir da criação de “buffers” (zonas de proteção) de 150 a 200m no entorno desses cursos d'água limítrofes. Desse modo, foi descartada para avaliação a porção dos terrenos inserida no interior desses “buffers” e,

assim, os estudos de detalhe se concentraram numa área de 7 hectares, dominada por capoeirão, conforme se observa na Figura 3.

Na sequência, com vistas a atender à legislação pertinente (normas técnicas da ABNT) e à obtenção de subsídios para elaboração de um laudo técnico mais conciso, foi programada uma campanha de perfurações na área selecionada de 7 ha, 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.

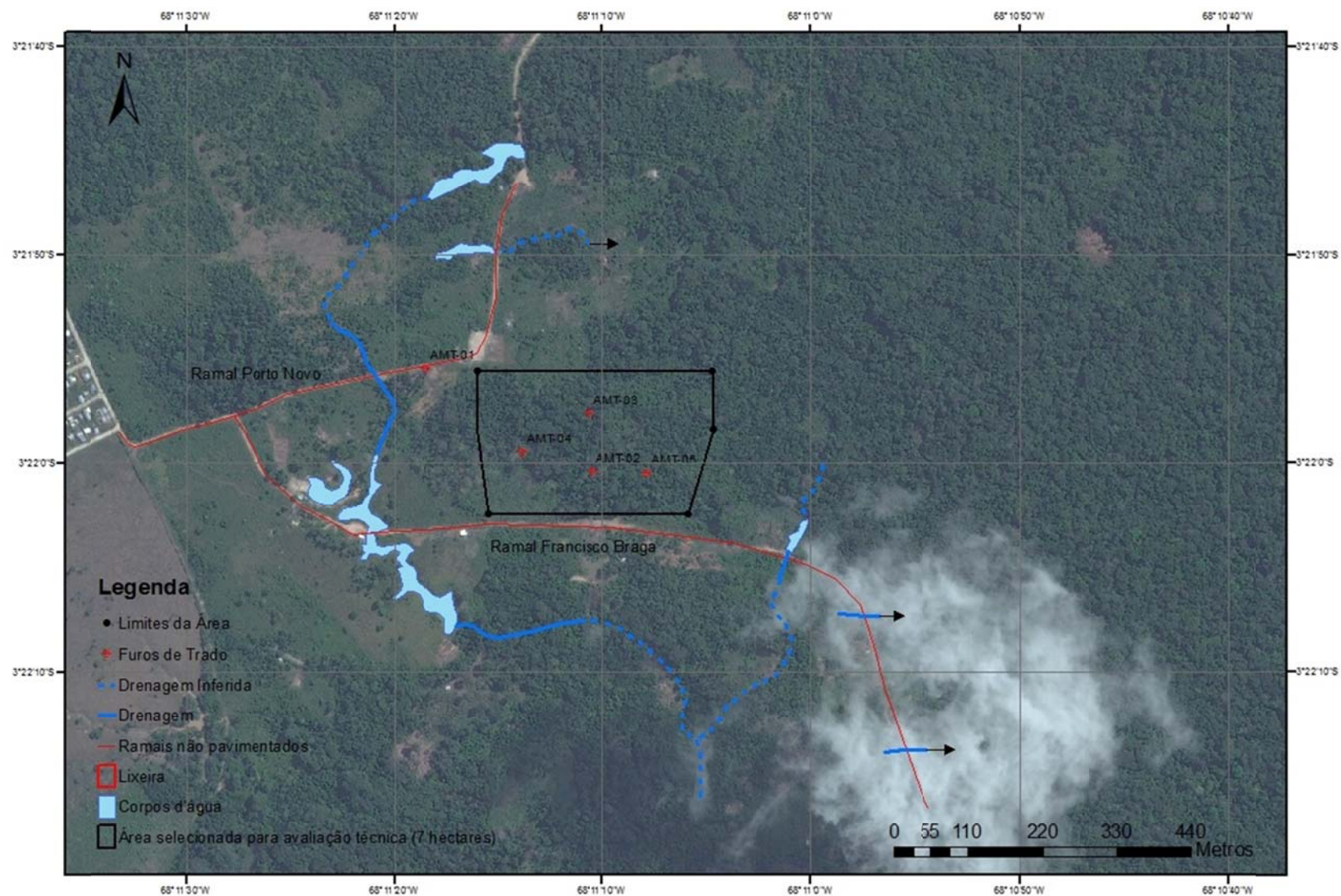


Figura 3: Mapa de detalhe da região de estudo com a situação da área selecionada (7 ha) para avaliação técnica de detalhe com a localização dos furos de trado realizados. Ao fundo, imagem de alta resolução extraída do Google Earth.

5. RESULTADOS OBTIDOS

Foram feitas quatro perfurações a trado na área selecionada de 7 ha, cujas profundidades variaram de 8,0 a 9,5 metros (Figura 3 e Tabela 2), sendo que apenas uma delas (AMT-05) atingiu o nível das águas subterrâneas (NA). Para a avaliação da área também foram levadas em conta as informações obtidas pelo furo AMT-01 (vide item 2), executado para o projeto desenvolvido pela CPRM em Amaturá no ano de 2009 (CPRM, 2009) e cujas características também constam da Tabela 2.

O desenvolvimento das perfurações foi acompanhado pelo geólogo responsável, com descrição detalhada do perfil de solo atravessado e seleção de diversas amostras para ensaios físicos (análises de granulometria) no Laboratório de Análises de Solos e Plantas da Embrapa Amazônia Ocidental - Manaus, cujos resultados se encontram em boletim anexo a este laudo.

Furo	Coorden. Geográficas	Cota Aprox. (m)	Profund. Final (m)	NA (m)	Cobertura Vegetal
AMT-01	3°21'55.5"S 68°11'18.5"O	68	10,0	Não atingido	Limite Capoeira Baixa - Ramal
AMT-02	3°22'00.4"S 68°11'10.5"O	67	9,0	Não atingido	Capoeirão (Floresta Secundária)
AMT-03	3°21'57.3"S 68°11'10.6"O	67	8,0	Não atingido	Limite Capoeira Baixa - Mandiocal
AMT-04	3°21'59.5"S 68°11'13.8"O	67	8,5	Não atingido	Capoeirão (Floresta Secundária)
AMT-05	3°22'00.2"S 68°11'08.3"O	68	9,5	9,30	Floresta Primária

Tabela 2: Características das sondagens a trado executadas na área selecionada.

As observações “ao pé das sondagens” e os resultados dos ensaios promovidos pela Embrapa definiram os seguintes perfis de solo/subsolo:

FURO AMT-01 (fonte: CPRM, 2009)

- 0,00 a 0,50m: argila bege;
- 0,50 a 2,90m: argila branca-avermelhada;
- 2,90 a 3,20m: argila arenosa branca e vermelha;
- 3,20 a 3,50m: areia argilosa marrom-claro;
- 3,50 a 5,00m: areia argilosa vermelho-claro;
- 5,00 a 5,10m: areia fina-média com argila amarelada;
- 5,10 a 5,70m: areia fina-média com argila avermelhada;
- 5,70 a 7,80m: areia fina-média com argila marrom-claro;
- 7,80 a 8,30m: areia fina-média branca;
- 8,30 a 10,00m: areia fina-média com pouca argila bege.

FURO AMT-02 (Figura 4):

- 0,00 a 0,05m: solo orgânico, de cor marrom-escuro a preta, com muitos restos de raízes;
- 0,05 a 4,30m: solo argilo-siltoso, consistente, de cor branca a cinza-clara, com manchas vermelhas, plástico e úmido, conhecido como “tabatinga” na região;
- 4,30 a 5,30m: horizonte silto-argiloso, cinza-escuro, com presença de muscovita fina e lente de areia fina amarelada, com 5cm de espessura, no nível 4,90m;
- 5,30 a 5,50m: argila arenosa amarelada a amarronzada com seixos centimétricos de laterita (?). Provável discordância erosiva entre o horizonte arenoso abaixo e o silto-argiloso acima deste nível;
- 5,50 a 7,90m: areia fina siltosa, pouco argilosa, de cor rósea-clara a avermelhada, com alguma muscovita. Abaixo de 7,0m o material adquire tonalidade amarelada-clara com manchas cinzentas e entre 7,50 e 7,70m ocorrem vênulas milimétricas escuras (carvão?);
- 7,90 a 9,00m: areia fina siltosa, cinza-clara.

FURO AMT-03 (Figura 5):

- 0,00 a 0,15m: solo orgânico, de cor marrom-escuro, com muitos restos de raízes;
- 0,15 a 3,00m: solo argilo-siltoso, de cor branca a cinza-clara, com poucas vênulas róseas e avermelhadas, plástico e úmido, conhecido como “tabatinga”. Abaixo de 2,30m ocorre maior quantidade de vênulas e manchas avermelhadas e amareladas e boa porcentagem (> 30%) de areia fina.
- 3,00 a 4,20m: solo areno-silto-argiloso, plástico, de cor branca a cinza-clara, com poucas vênulas róseas e avermelhadas.
- 4,20 a 8,00m: areia fina siltosa, por vezes estratificada, de coloração rósea-clara a avermelhada, com vênulas e manchas amareladas e com presença de muscovita. Abaixo de 6,0m predomina a coloração amarelada e o material torna-se mais siltoso.

FURO AMT-04 (Figura 6):

- 0,00 a 0,15m: solo orgânico, de cor marrom-escuro, com muitos restos de raízes;
- 0,15 a 3,70m: solo argilo-siltoso, consistente, de cor branca a cinza-clara, por vezes com manchas e pintas vermelhas e róseas, plástico e úmido, conhecido como “tabatinga”. Abaixo de 2,80m a tonalidade é mais escura;
- 3,70 a 4,00m: solo argilo-siltoso, amarronzado a amarelado-escuro, com seixos angulosos centimétricos de material marrom-escuro endurecido (laterita?);
- 4,00 a 4,20m: solo argilo-siltoso, consistente, com textura mosqueada nas tonalidades rósea/amarelada/cinza-clara;
- 4,20 a 8,00m: areia fina siltosa, por vezes estratificada, de coloração rósea-clara a avermelhada, com manchas amareladas e vênulas esbranquiçadas. Presença de muscovita fina e de partículas sub-milimétricas pretas, quebradiças (carvão?);
- 8,00 a 8,50m: areia fina siltosa, amarelada-clara a amarronzada, com muscovita.

FURO AMT -05 (Figura 7):

- 0,00 a 0,20m: solo orgânico, argiloso, marrom-escuro, com muitos restos de raízes;
- 0,20 a 4,70m: solo argilo-siltoso, consistente, de cor branca a cinza-clara, com manchas e pintas vermelhas e róseas na parte superior do intervalo, plástico e úmido, conhecido como “tabatinga”;
- 4,70 a 5,50m: areia fina siltosa, de cor branca a cinza-clara, com vênulas argilo-arenosas de cor marrom;
- 5,50 a 5,70m: argila siltosa amarela-escura, plástica, com grânulos milimétricos de material endurecido amarronzado (laterita ?). Provável discordância erosiva.
- 5,70 a 7,00m: horizonte silte-argiloso, por vezes estratificado, róseo/amarelado/cinzentos;
- 7,00 a 9,50m: areia fina siltosa, cinzenta/amarelada, solta, pouco argilosa.



Figura 4: Aspectos da perfuração e do material atravessado em dois intervalos do furo AMT-02.



Figura 5: Aspectos da perfuração e do material atravessado em dois intervalos do furo AMT-03.



Figura 6: Aspectos da perfuração e do material atravessado em dois intervalos do furo AMT-04.



Figura 7: Aspectos da perfuração e do material atravessado em dois intervalos do furo AMT-05

As perfurações foram executadas logo após um período prolongado de chuvas na região. Assim, deve-se ressaltar que, nas quatro sondagens, com menos de 1m perfurado observava-se intensa infiltração, pelas paredes dos furos, das águas acumuladas na superfície do entorno, principalmente no contato entre o solo orgânico e o solo argiloso plástico. Tal fato, que gerava a produção de uma contínua coluna d'água no furo (Figura 8), dificultou a detecção do nível freático real no terreno, mas como o material amostrado pelo trado continuava seco em seu interior, até o final dos furos, pôde-se constatar que o nível freático não tinha sido atingido. Exceção foi o furo AMT-05, que cortou uma camada arenosa a partir dos 7m de profundidade, a qual começou a desmoronar no nível 9,30m e aterrar o furo. Como as amostras coletadas abaixo desse nível mostravam-se muito úmidas em seu interior, pode-se concluir que o NA nesse ponto encontra-se a 9,30m.

Cerca de 1.200 metros a oeste da área avaliada, e aproximadamente na mesma cota topográfica do terreno em questão, encontra-se o poço de abastecimento público do bairro Santa Etelvina. De acordo com o perfurador desse poço, o NA do mesmo, nesta época do ano, está em torno de 12m de profundidade, fato que comprova o que se concluiu com as cinco perfurações na área avaliada: o NA nessa região é relativamente profundo, aspecto muito positivo para definir a aptidão da área em dar suporte ao aterro sanitário.

Com relação à textura dos solos, conforme se observa na descrição dos furos, no laudo de análises granulométricas (anexo) e na Figura 9, a área de 7 ha selecionada assenta-se sobre um perfil de solo/subsolo composto basicamente por três horizontes, do topo para a base:

- solo argilo-siltoso (75 - 80% de argila e 20 - 25% de silte), plástico, esbranquiçado, com espessura de 3,0 a 4,7m, conhecido como “tabatinga” e ideal para dar suporte ao aterro sanitário de Amaturá;
- argila arenosa a siltosa, amarelada/amarronzada, com seixos e grânulos de material marrom-escuro endurecido (laterita?). Esta camada possui apenas 20 a 30cm de espessura e representa provável discordância erosiva entre o horizonte arenoso abaixo e o argilo-siltoso acima deste nível. Não foi detectada no furo AMT-03;
- areia fina siltosa (60 – 70% de areia e 25 – 30% de silte), rósea/amarelada/cinza, por vezes estratificada e com presença de mica fina.

Destaca-se também a ocorrência, apenas no furo AMT-02, de um horizonte silto-argiloso (60% de silte e 30% de argila), cinza-escuro, entre 4 e 5m de profundidade, acima da estreita camada que contém seixos (Figura 9).



Figura 8: Coluna d'água no furo AMT-04 gerada a partir da infiltração contínua, pelas paredes do furo, das águas de chuva acumuladas na superfície do terreno.

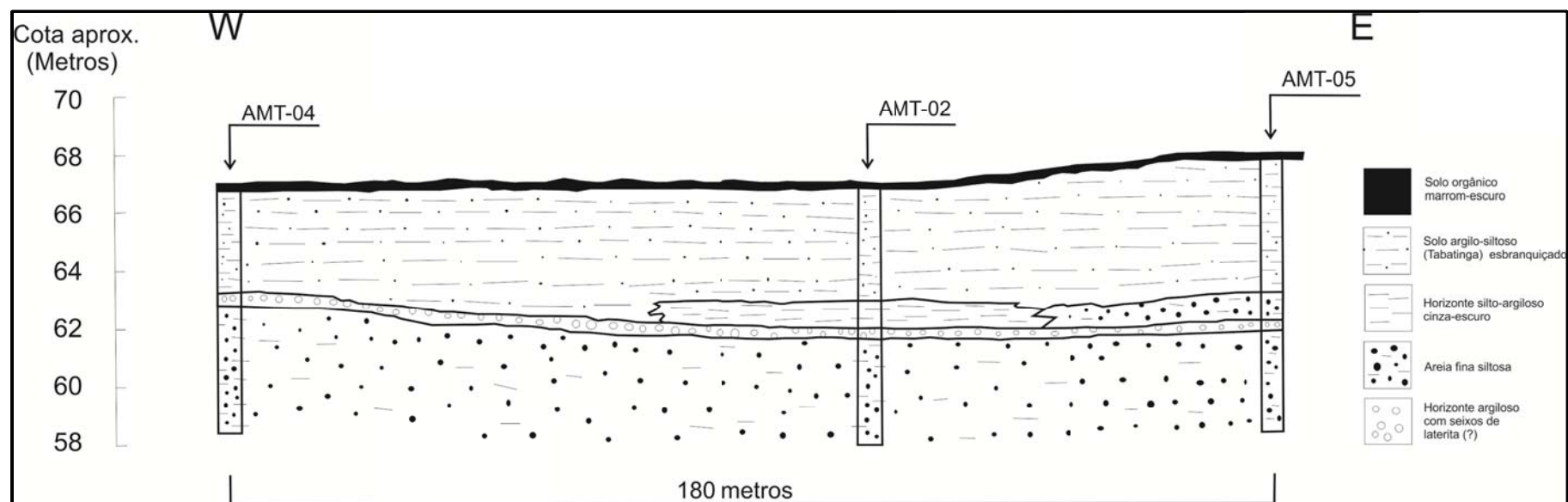


Figura 9: Perfil E-W do solo/subsolo na área avaliada para implantação do aterro sanitário de Amaturá com base nos furos AMT-02, 04 e 05.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Pelo exposto acima, e conforme apresentado nas figuras 3 e 9, os estudos realizados definiram uma área com 7 hectares que possui **boa aptidão técnica** para servir como local de implantação do aterro sanitário de Amaturá, que, se operar de maneira racional, deverá ter vida útil de mais de 20 anos.

Os resultados das investigações de campo e das perfurações executadas revelaram dois **fatores técnicos bastante positivos** no que diz respeito à aptidão dessa área em dar suporte ao aterro sanitário:

- o primeiro é o caráter argiloso a argilo-siltoso do horizonte mais superficial do solo (3,0 a 4,7m de espessura) em toda a área investigada, o que significa um substrato pouco permeável que poderá funcionar como selante ou filtro da base do aterro, dificultando sobremaneira a infiltração e dispersão dos contaminantes aí gerados (chorume, metais pesados, etc);

- o segundo é o fato de o terreno apresentar o nível das águas subterrâneas (NA) abaixo de 9m de profundidade. Mesmo considerando que, no final do período chuvoso na região (maio-junho), o NA poderá estar até um a dois metros mais elevado, ainda assim estará num nível totalmente compatível com a implantação de aterro sanitário no local.

Com relação à profundidade das valas do futuro aterro, toma-se como parâmetro, neste caso de Amaturá, a espessura do horizonte de solo argilo-siltoso e, assim, recomenda-se que essas valas tenham no máximo, a depender da porção do terreno que será utilizada, entre 2,0 e 3,5 metros de profundidade, o que manterá uma camada de baixa permeabilidade de pelo menos 1 metro de espessura abaixo da base do aterro.

Mesmo com esses aspectos positivos, enfatiza-se que, no projeto de implantação do futuro aterro, é indispensável e obrigatória a instalação de mantas impermeabilizantes espessas e resistentes na base de toda a área a ser utilizada para despejo dos resíduos sólidos coletados em Amaturá, de modo a garantir que os contaminantes fiquem isolados e não migrem para os aquíferos locais. Do mesmo modo, é fundamental a instalação de drenos verticais e horizontais para captação de gás e chorume, o qual deverá ser conduzido para tanques de tratamento. Em outras palavras, o depósito de resíduos sólidos de Amaturá deverá ser construído e operado conforme as normas de engenharia preconizadas para um aterro sanitário e não como uma lixeira.

Com relação à drenagem superficial da área, o caráter argiloso do solo mais raso, com baixíssima permeabilidade, aliado à topografia muito plana, faz com que o terreno se torne alagadiço nos períodos chuvosos, como observado durante os trabalhos de campo. Isso dificultará sobremaneira as operações no local, ensejando soluções eficientes de engenharia para a drenagem pluvial de modo que as águas de precipitação sobre o aterro escoem rapidamente para os igarapés do entorno sem comprometer a qualidade de suas águas, fator que também contribuirá para a redução da infiltração das águas pluviais no corpo do aterro e a consequente redução na geração de chorume.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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. 2ª. ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 370p.

ANEXO

**LAUDO DAS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS REALIZADAS NA
EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL**



EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL
LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE SOLOS E PLANTAS - LASP
Resultados analíticos - Física do Solo

Remetente: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

Data de Entrada: 02/04/2014

Endereço: Amaturá

Data de Saída: 25/04/2014

Número 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)					
873	1,00-2,00 m-AMT-02	0,28	0,89	1,17	201,34	797,50	Muito Argiloso
874	2,00-3,00 m-AMT-02	0,17	1,88	2,05	173,96	824,00	Muito Argiloso
875	3,00-4,00 m-AMT-02	0,40	31,35	31,75	480,25	488,00	Argila Siltosa
876	4,30-5,00 m-AMT-02	1,05	91,44	92,50	581,00	326,50	Franco Argilo Siltoso
877	5,50-6,00 m-AMT-02	2,63	611,82	614,45	265,55	120,00	Franco Arenosa
878	6,00-7,00 m-AMT-02	2,85	615,14	617,99	283,01	99,00	Franco Arenosa
879	8,00-9,00 m-AMT-02	54,51	626,22	680,73	244,27	75,00	Franco Arenosa
880	1,00-2,00 m-AMT-03	0,66	2,62	3,28	232,21	764,50	Muito Argiloso
881	2,00-3,00 m-AMT-03	8,41	313,88	322,29	322,21	355,50	Franco Argilosa
882	3,00-4,00 m-AMT-03	3,45	427,48	430,94	310,56	258,50	Franca
883	4,50-6,00 m-AMT-03	7,09	652,89	659,98	226,52	113,50	Franco Arenosa
884	6,00-7,00 m-AMT-03	24,95	567,12	592,07	277,44	130,50	Franco Arenosa
885	1,50-2,50 m-AMT-04	-0,03	10,74	10,71	254,79	734,50	Muito Argiloso
886	4,50-5,50 m-AMT-04	2,10	543,04	545,14	320,36	134,50	Franco Arenosa
887	5,50-6,50 m-AMT-04	16,04	547,63	563,67	276,83	159,50	Franco Arenosa
888	6,50-7,50 m-AMT-04	15,75	567,03	582,78	275,22	142,00	Franco Arenosa
889	2,00-3,50 m-AMT-05	0,18	3,20	3,38	170,12	826,50	Muito Argiloso
890	4,50-5,50 m-AMT-05	5,33	631,88	637,21	259,79	103,00	Franco Arenosa
891	6,00-7,00 m-AMT-05	3,83	109,08	112,91	538,59	348,50	Franco Argilo Siltoso
892	7,00-8,00 m-AMT-05	29,19	657,17	686,36	221,64	92,00	Franco Arenosa

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).


Dra Maria do Rosário Lobato Rodrigues
Responsável - LASP