

**AVALIAÇÃO TÉCNICA DE ÁREA PARA
IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DA CIDADE
DE NHAMUNDÁ (AM)**



Secretaria de Geologia,
Mineração e Transformação Mineral

Ministério de
Minas e Energia



Junho/2014

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 Valdemilton Gusmão

1 ANTECEDENTES

Os resíduos sólidos coletados na zona urbana de Nhamundá vêm sendo depositados há cerca de três anos, sem nenhum tipo de segregação ou tratamento, na lixeira municipal localizada em Matió, na margem direita do rio Nhamundá, sendo que os resíduos sólidos são transportados até lá por uma balsa. O local é caracterizado como uma lixeira a céu-aberto, já que os resíduos são despejados de forma desordenada (Figuras 1 e 2).

O terreno ocupado por essa lixeira, sem nenhuma cerca de proteção, tem superfície aproximada de 7 hectares. A área é limitada a sudeste pelo rio Nhamundá, a noroeste por uma escarpa de “serra” cujo desnível em relação ao nível da lixeira é de aproximadamente 70 metros, a sudoeste por um igarapé, e a nordeste por uma área de mata nativa (Figura 1).

Seja nos aspectos técnicos, legais ou operacionais, essa lixeira encontra-se numa situação inadequada, causando transtornos ao meio ambiente em seu entorno, principalmente pela potencial contaminação do rio Nhamundá e do lençol freático. 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 solução que culmine com o encerramento das atividades da lixeira atual, os gestores de Nhamundá tomaram iniciativa de selecionar três áreas 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 de Nhamundá - SEMMA, por meio do Ofício no. 006/2014, solicitou apoio à CPRM para avaliar a aptidão técnica das áreas 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 Valdemilton Gusmão foram destacados para a realização dos estudos, cujas atividades de campo (coleta de dados in situ) se desenvolveram no período de 12 a 17 de maio de 2014.

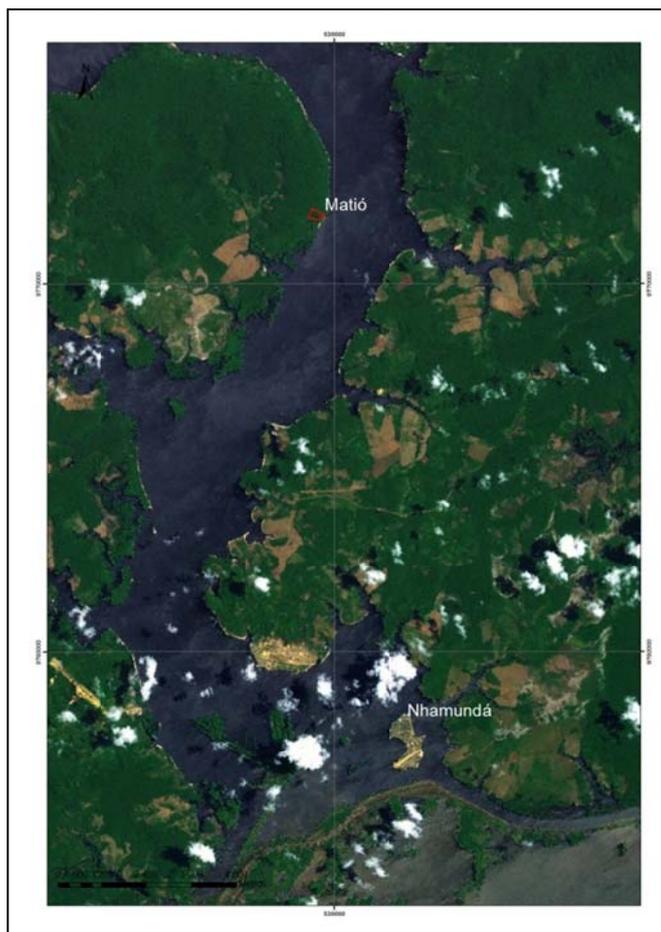


Figura 1: Imagem de satélite de alta resolução (Google Earth) da cidade de Nhamundá e proximidades, com a localização da lixeira atual.



Figura 2: Fotos da lixeira atual da cidade de Nhamundá, com destaque para o lixo a céu-aberto.

2. AVALIAÇÃO PRELIMINAR DAS ÁREAS SELECIONADAS

Foram pré-selecionadas três áreas pela SEMMA para avaliação técnica. A primeira, com cerca de 12 hectares, contígua ao local da atual lixeira municipal. A segunda, com 9 hectares, cujo acesso é feito pelo Paraná do Aduacá. E a terceira área, com cerca de 80 hectares, na margem direita do igarapé do Daguari, afluente direito do rio Nhamundá.

Após o reconhecimento *in situ* da primeira área, foi constatado que a mesma não possui aptidão técnica para dar suporte ao aterro sanitário devido à topografia do local e às características de seus limites, no caso, o rio Nhamundá, um pequeno igarapé e uma escarpa íngreme. Com isso, tal área foi prontamente descartada para avaliações de detalhe.

O reconhecimento da segunda área indicou que ela também não possui aptidão para dar suporte ao aterro sanitário devido à presença de um curso d'água a menos de 120 metros de distância e ao fato de o nível d'água subterrânea local ser raso, a apenas 3 metros da superfície. Assim, esta área também foi descartada para avaliações de detalhe.

O reconhecimento preliminar da terceira área constatou que, apesar dos pontos negativos do local, no caso a presença de igarapés nas proximidades e de algumas vertentes/encostas íngremes no entorno, a mesma tem dimensões e potencial para ser avaliada com vistas à implantação do aterro sanitário de Nhamundá. Por isso, foi realizado estudo detalhado do local por meio da abertura de picadas de reconhecimento e da execução de dois furos de sondagem a trado, estes na parte da área com maior viabilidade técnica e legal, conforme explicado no item 4.

3. CÁLCULO DA ÁREA NECESSÁRIA PARA IMPLANTAÇÃO DO ATERRO

Segundo informações da SEMMA, a quantidade média coletada de resíduos sólidos diariamente na cidade de Nhamundá e depositada na atual lixeira é estimada em 10 a 12 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 Nhamundá (7.010 habitantes, de acordo com o censo do IBGE 2010) e a taxa média de crescimento anual dessa população (calculada em 1,1% 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 Nhamundá (população de 7.330 habitantes em 2014) pode ser calculada em cerca de 1,36 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 **59.058** toneladas a quantidade total de resíduos sólidos que seria coletada em Nhamundá ao longo dos próximos 15 anos (Tabela 1).

Ano	População Estimada	Total de lixo por dia*	Total de lixo por ano*
2014	7.330	10,0	3.650
2015	7.410	10,1	3.687
2016	7.492	10,2	3.723
2017	7.574	10,3	3.760
2018	7.660	10,4	3.796
2019	7.750	10,5	3.832
2020	7.835	10,7	3.906
2021	7.925	10,8	3.942
2022	8.015	10,9	3.978
2023	8.100	11,0	4.015
2024	8.190	11,1	4.052
2025	8.280	11,3	4.124
2026	8.370	11,4	4.161
2027	8.465	11,5	4.198
2028	8.560	11,6	4.234
Total de lixo recolhido em 15 anos			59.058

* em toneladas

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

$$59.058 \text{ ton} / 0,75 \text{ ton/m}^3 = 78.744 \text{ m}^3$$

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:

$$78.744 \text{ m}^3 / 2 = 39.372 \text{ m}^3$$

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

$$78.744 \text{ m}^3 + 39.372 \text{ m}^3 = 118.116 \text{ m}^3$$

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 a seguir.

Prof. das valas (m)	Área necessária (m ²)	Área necessária (ha)
1,0	118.116	11,8
2,0	59.058	5,9
3,0	39.372	3,9
4,0	29.529	3,0
5,0	23.623	2,4

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 Nhamundá, 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:

$$3,9 \text{ ha} + 3,9 \times 0,2 = \mathbf{4,7 \text{ ha}}$$

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 Nhamundá, 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, com 80 hectares e cujos terrenos pertencem ao Sr. Sebastião Machado e outros proprietários, situa-se na margem direita do igarapé do Daguari, a aproximadamente 15 km em linha reta do centro da ilha de Nhamundá. O acesso ao local, a partir da zona urbana, é realizado por via fluvial, pelo rio Nhamundá e igarapé do Daguari. Confronte à área, na margem esquerda desse igarapé, a cerca de 700m existe uma pequena comunidade (Figura 3).

No local, os terrenos apresentam relevo de baixas colinas com topo plano, que são limitadas por igarapés, sendo que cerca de 100-200 metros antes da margem desses cursos d'água há desníveis altimétricos representados por vertentes íngremes, com variação de altitude entre o topo e a base (nível dos igarapés) podendo chegar a 30 metros. As cotas mais elevadas estão em torno de 60 metros.

A maior parte da área encontra-se assentada sobre solos derivados da Formação Alter do Chão, composta principalmente por arenitos caulínicos e subordinados argilitos depositados em ambiente fluvial no período Cretáceo. Nas partes mais rebaixadas do terreno, nas margens do igarapé Daguari e afluentes, ocorrem depósitos aluvionares

recentes. A cobertura vegetal local é representada predominantemente por mata nativa com manchas de pasto e capoeirão.

Como já mencionado, a área é limitada pelo igarapé Daguari e alguns afluentes deste. 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 nessa área de 80 ha se iniciaram com o reconhecimento preliminar do terreno e suas adjacências, por meio de caminhadas em trilhas já existentes e em picadas abertas nas áreas florestadas. Esse reconhecimento permitiu a identificação mais precisa do traçado de todos os cursos d'água 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 maior porção do terreno, inserida no interior desses “buffers” e, assim, os estudos de detalhe se concentraram numa área de apenas 5,9 hectares, dominada por mata nativa, conforme se observa na Figura 4. Apesar da reduzida dimensão dessa área, conforme exposto no item anterior, ela é mais do que suficiente para suportar o aterro sanitário de Nhamundá por uma vida útil de mais de 15 anos.

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 5,9 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, caso do período dos trabalhos de campo para este laudo.

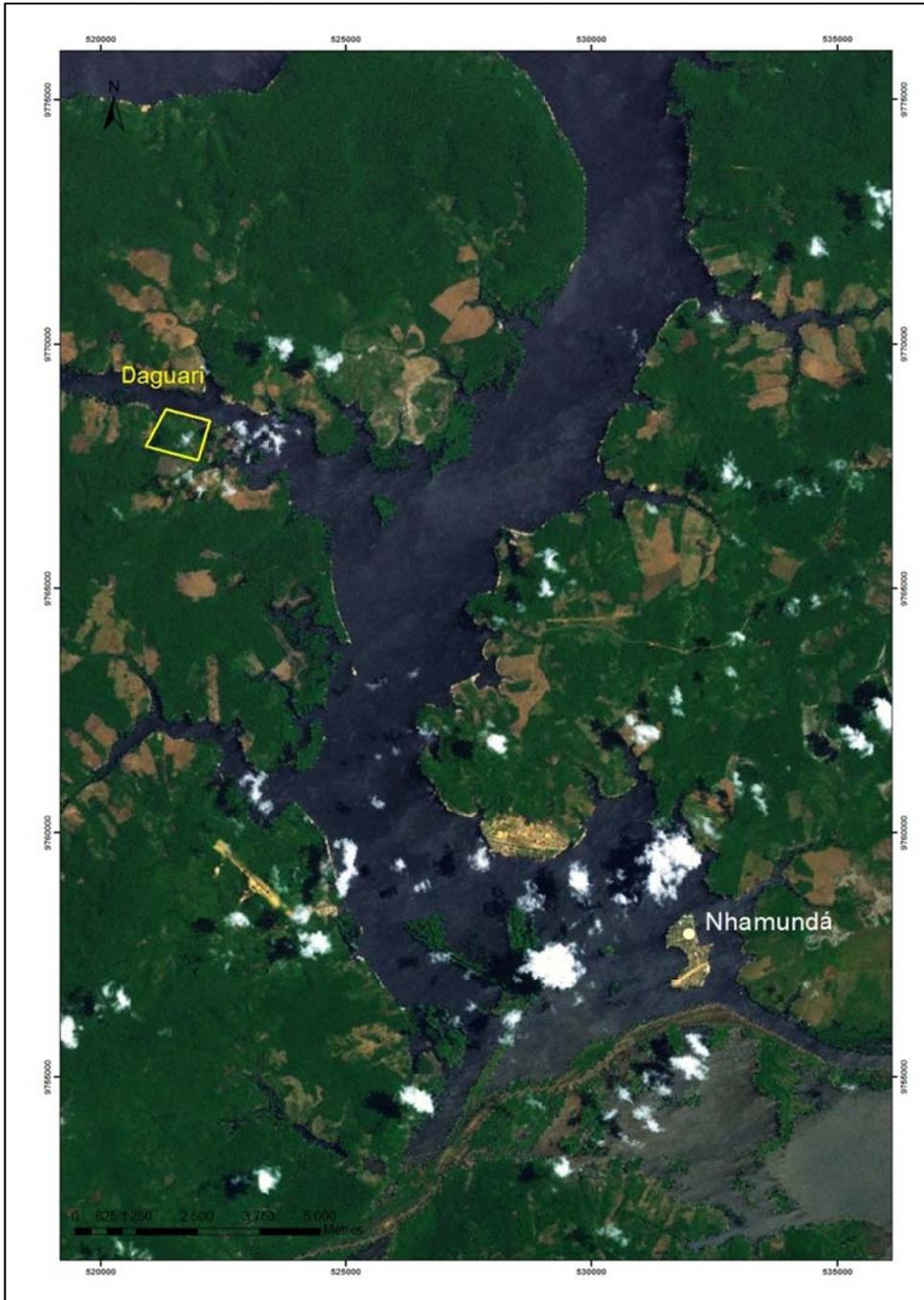


Figura 3: Imagem de satélite de alta resolução (Google Earth) da cidade de Nhamundá e proximidades, com localização da área avaliada de 80 hectares na margem direita do igarapé Daguari.

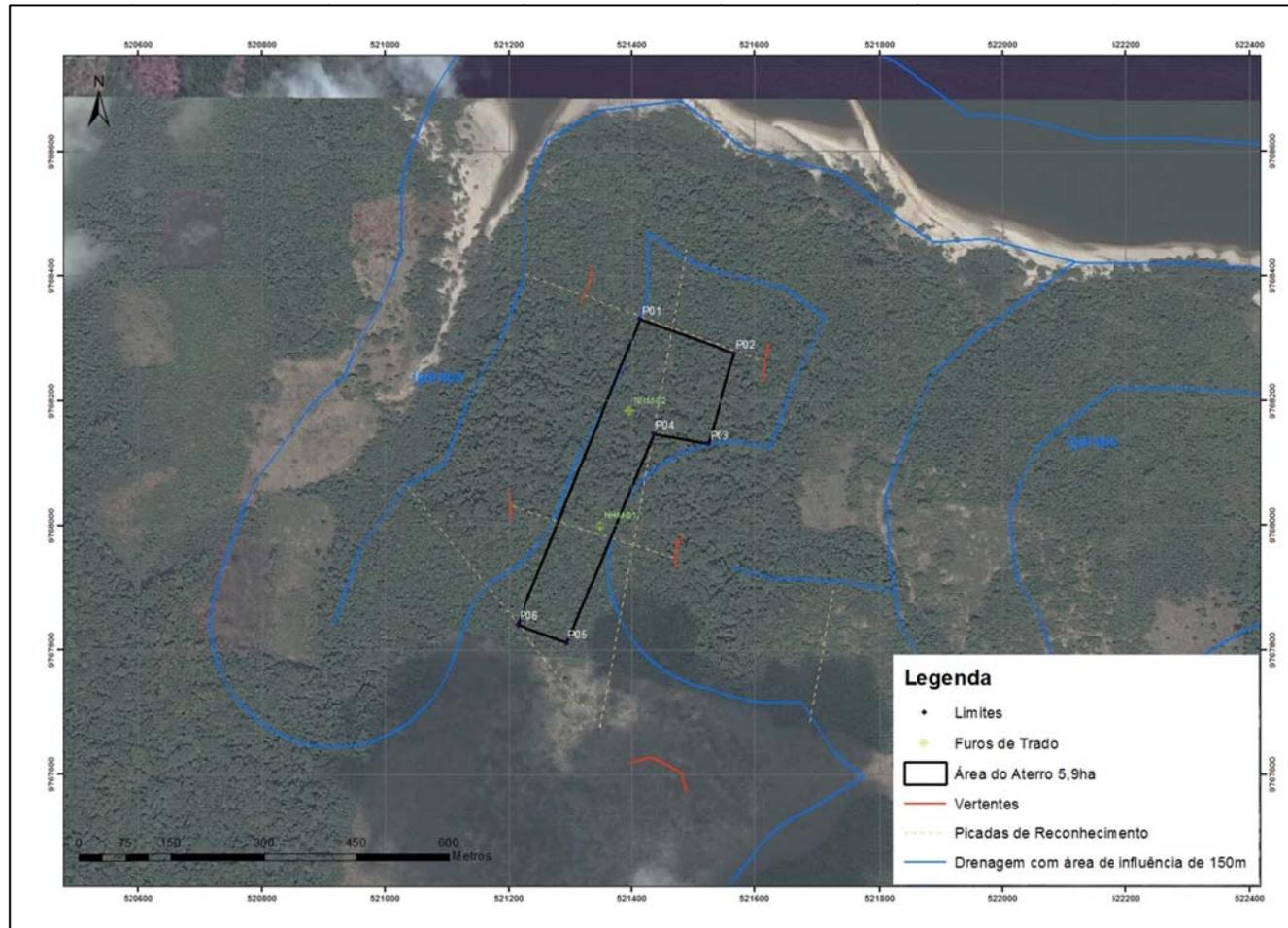


Figura 4: Mapa de detalhe da região de estudo com a situação da área selecionada (5,9 ha) para avaliação técnica de detalhe com a localização dos furos de trado realizados. Ao fundo, imagem de satélite de alta resolução extraída da base de dados do ArcMap.

5. RESULTADOS OBTIDOS

Foram feitas duas perfurações a trado na área selecionada de 5,9 ha, com profundidades de 7,0 e 6,8 metros (Figura 4 e Tabela 2), sendo que nenhuma atingiu o nível das águas subterrâneas (NA). O furo NHM-02 foi paralisado a 6,8 metros de profundidade pois o material nesse nível tornou-se impenetrável ao trado.

O desenvolvimento das perfurações foi acompanhado pela geóloga 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	Coordenadas Geográficas	Cota Aprox. (m)	Profund. Final (m)	NA (m)	Cobertura Vegetal
NHM-01	2°5'56.27"S 56°48'28.85"O	61	7,0	Não atingido	Mata Nativa
NHM-02	2°5'50.28"S 56°48'27.33"O	62	6,8	Não atingido	Mata Nativa

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 NHM-01 (Figura 5):

- 0,00 a 0,50m: solo orgânico, de cor marrom-escuro a preto, com restos de raízes;
- 0,50 a 6,50m: argila siltosa de cor marrom-clara;
- 6,50 a 7,00m: argila siltosa marrom-clara com seixos de laterita (?).

FURO NHM-02 (Figura 6):

- 0,00 a 0,50m: solo orgânico, de cor marrom-escuro, com restos de raízes;
- 0,50 a 5,00m: argila siltosa marrom-clara;
- 5,00 a 6,50m: argila siltosa marrom clara com grãos fração areia de laterita(?);
- 6,50 a 6,80m: argila siltosa com seixos centimétricos de laterita (?);
- 6,80m: impenetrável ao trado.



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



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

Assim pelas descrições acima, e conforme observado na Figura 7, se constata que a área avaliada de 5,9 hectares apresenta todo o perfil de solo mais superficial, até cerca de 6,0 a 6,5m de profundidade, com caráter argilo-siltoso (65-70% de argila e 20% de silte). Abaixo desse horizonte, o material apresenta-se ainda argilo-siltoso, porém com grãos e seixos de laterita. A 6,8m de profundidade, na sondagem NHM-02, foi encontrado um horizonte impenetrável ao trado, provável crosta laterítica muito consolidada.

Outra constatação importante das perfurações é que o nível das águas subterrâneas (NA) é relativamente profundo na área, levando em consideração que as sondagens foram executadas até aproximadamente 7m de profundidade e o NA não foi atingido.

A área avaliada de 5,9 hectares é delimitada pelos seguintes vértices (Figura 4):

Vértice	Latitude	Longitude
P1	2°5'45,43''S	56°48'26,76''W
P2	2°5'47,21''S	56°48'21,80''W
P3	2°5'51,99''S	56°48'23,21''W
P4	2°5'51,44''S	56°48'26,06''W
P5	2°6'2,42''S	56°48'30,60''W
P6	2°6'1,44''S	56°48'33,19''W

NHAMUNDÁ-AM

SW

NE

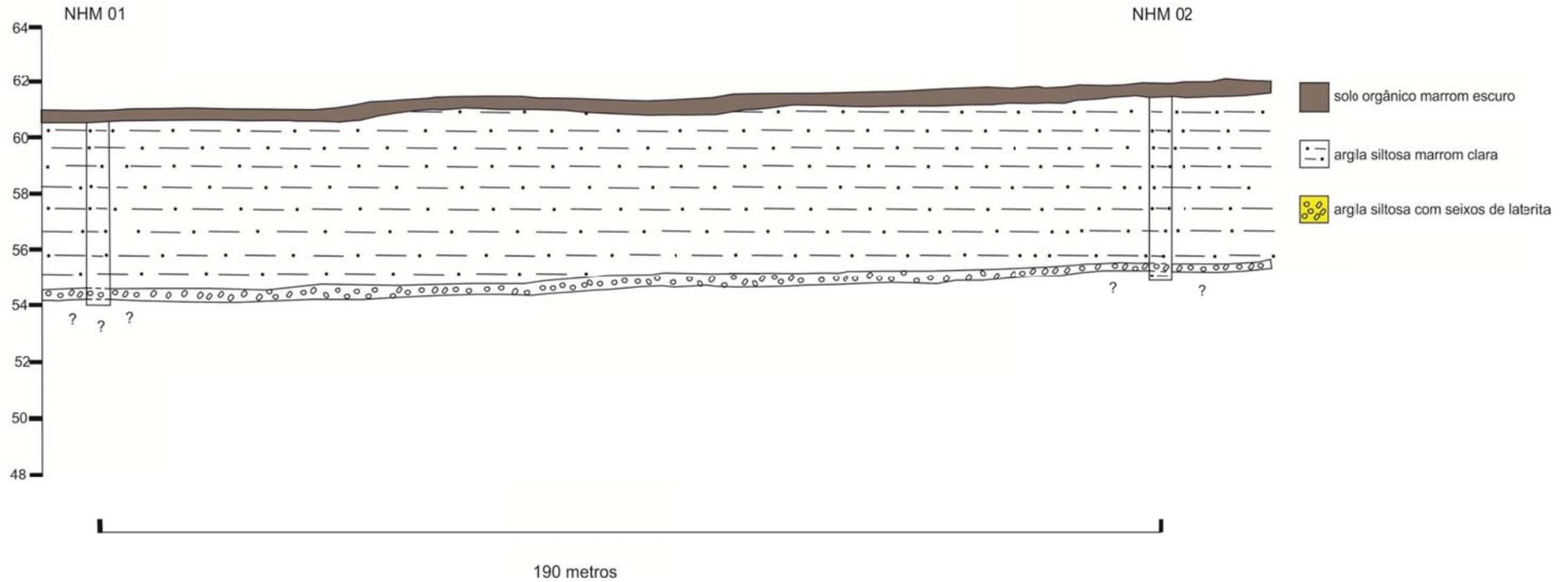


Figura 7: Perfil SW-NE do solo/subsolo na área avaliada para implantação do aterro sanitário de Nhamundá com base nos furos NHM-01 e NHM-02.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Pelo exposto acima, e conforme apresentado nas figuras 4 e 7, os estudos realizados definiram uma área com 5,9 hectares que possui **boa aptidão técnica** para servir como local de implantação do aterro sanitário de Nhamundá, 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 (aproximadamente 6m 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) relativamente profundo, abaixo de 7m de profundidade.

Com relação à profundidade das valas do futuro aterro, como o NA está abaixo de 7m e o perfil argilo-siltoso se estende até o final das perfurações, as valas poderão ter até pelo menos 5m de profundidade sem problema nenhum, o que poderá aumentar em muito a vida útil do local.

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 Nhamundá, 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 Nhamundá deverá ser construído e operado conforme as normas de engenharia preconizadas para um aterro sanitário e não como uma lixeira.

Vale ressaltar que, segundo o próprio titular da SEMMA, na época da vazante na região não é possível chegar ao local com a balsa que transporta os resíduos sólidos a partir da ilha de Nhamundá. Portanto, apesar da boa aptidão técnica desta área, o eventual aterro nela construído não poderá receber os resíduos de Nhamundá durante todo o ano e, assim, recomenda-se que a SEMMA encontre um local alternativo para ser utilizado, ainda que provisoriamente, durante as vazantes. Passada a vazante, os resíduos depositados nesse local provisório seriam transportados, pela balsa, até o aterro sanitário.

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.

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.

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

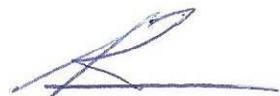
Data de Entrada: 21/05/2014

Endereço: Nhamundá

Data de Saída: 02/06/2014

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)					
1442	1,00-2,00 -m	72,21	23,85	96,05	138,44	765,50	Muito Argiloso
1443	2,00-3,00-m	71,51	34,17	105,68	211,32	683,00	Muito Argiloso
1444	3,00-4,00-m	67,65	40,71	108,36	179,64	712,00	Muito Argiloso
1445	5,00-6,00-m	116,93	64,57	181,50	230,01	588,50	Muito Argiloso
1446	6,00-7,00-m	77,66	67,05	144,71	195,30	660,00	Muito Argiloso
1447	2,00-3,00-m	85,01	42,63	127,64	180,36	692,00	Muito Argiloso
1448	3,00-4,00-m	77,42	52,75	130,17	182,83	687,00	Muito Argiloso
1449	5,00-6,00-m	84,17	75,91	160,08	182,92	657,00	Muito Argiloso
1450	6,00-6,80-m	92,46	64,51	156,97	181,03	662,00	Muito Argiloso

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