

**AVALIAÇÃO TÉCNICA DE ÁREA PARA
IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DA CIDADE
DE UARINI (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 Valdemilton Gusmão

1 ANTECEDENTES

Os resíduos sólidos coletados pela Prefeitura Municipal de Uarini atualmente estão sendo depositados na lixeira municipal localizada na Estrada Uarini-Copacá, desde setembro do ano de 2013 (Figuras 1 e 2). Essa lixeira é o quinto local utilizado pelo município como depósito de resíduos 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 Uarini selecionaram 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. Tal área está situada a aproximadamente 20 km a oeste do centro da cidade de Uarini, com acesso somente fluvial (Figura 3).

Com vistas à elaboração de projeto e posterior implantação do aterro, a Secretaria Municipal do Meio Ambiente - SEMMA de Uarini, por meio do Ofício no. 010/2014 – SEMMA, solicitou apoio à CPRM – Serviço Geológico do Brasil para avaliar a aptidão técnica de uma área pré-selecionada em dar suporte a tal tipo de empreendimento no que diz respeito aos atributos geológicos, geomorfológicos e hidrológicos. Com esse objetivo, o 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 07 a 11 de abril de 2014.



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



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

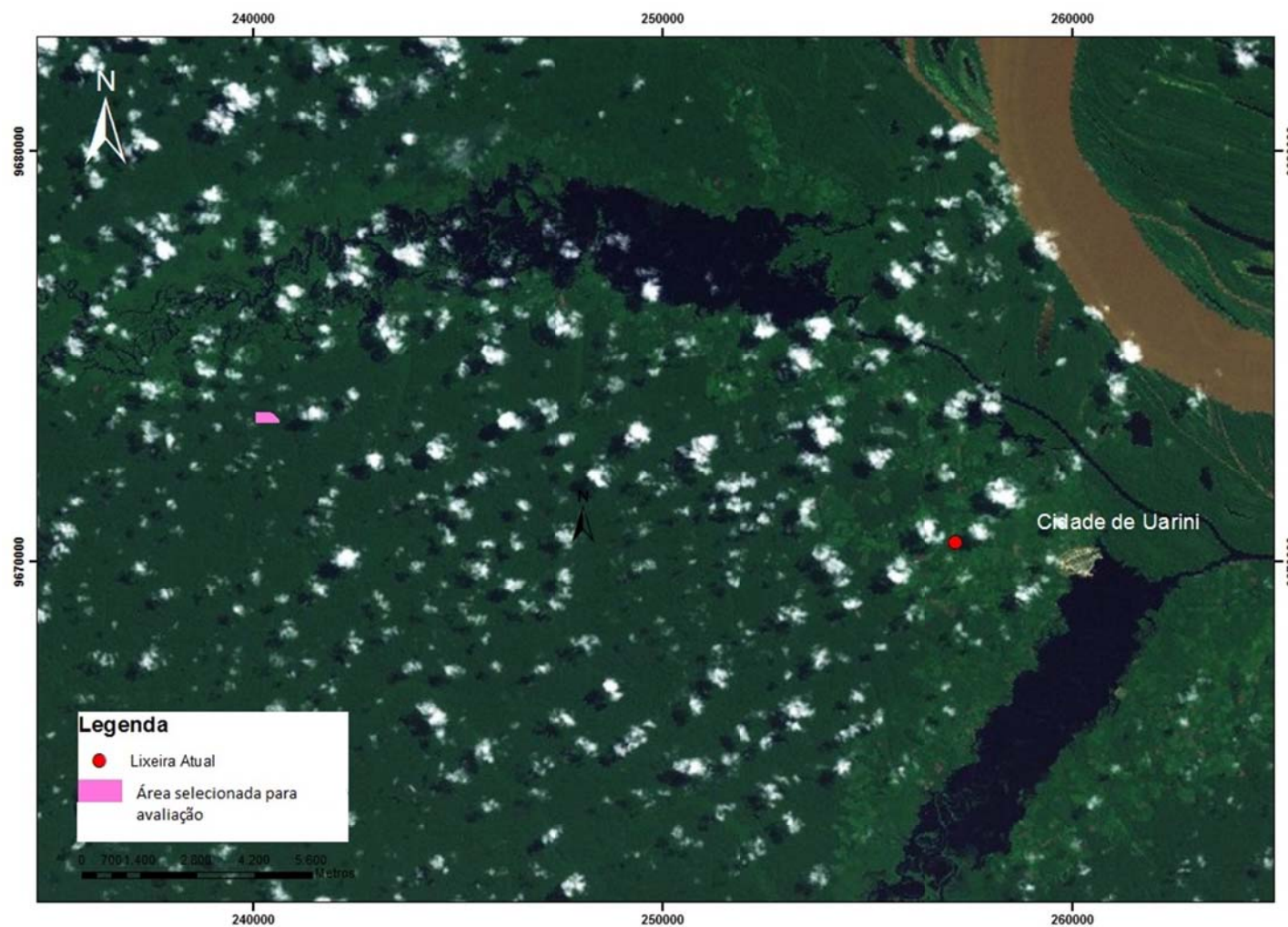


Figura 3: Imagem de satélite com a localização da área selecionada para o estudo de viabilidade técnica do aterro sanitário de Uarini.

2. CÁLCULO DA ÁREA NECESSÁRIA PARA IMPLANTAÇÃO DO ATERRO

Segundo informações da SEMMA, não é possível mensurar a quantidade média de resíduos sólidos coletados diariamente na cidade de Uarini, por isso este dado será extraído do Plano Municipal de Saneamento Básico publicado em novembro de 2012. Nessa publicação o valor informado é de 0,75kg/hab/dia. O parâmetro em questão é 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). Com isso, 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 Uarini (6.795 habitantes, de acordo com o censo do IBGE 2010) e a taxa média de crescimento anual dessa população (calculada em 9,1% quando se comparam os dados dos últimos 10 anos – censos IBGE de 2000 e de 2010). Portanto, de acordo com a informação obtida a partir do Plano Municipal de Saneamento Básico, a quantidade média de resíduos sólidos produzidos atualmente na zona urbana de Uarini (população de 9.625 habitantes em 2014) é de aproximadamente 7,2 toneladas/dia.

Assim, com base nos números disponíveis, adotados e informados, e mantendo-se a situação observada, é possível estimar em 77.795 toneladas a quantidade total de resíduos sólidos que seria coletada em Uarini ao longo dos próximos 15 anos (Tabela 1).

Ano	População Estimada*	Total de lixo por dia**	Total de lixo por ano**
2014	9.625	7,2	2.628
2015	10.500	7,9	2.885
2016	11.455	8,6	3.140
2017	12.500	9,4	3.430
2018	13.625	10,2	3.725
2019	14.865	11,0	4.015
2020	16.220	12,0	4.380
2021	17.700	13,2	4.820
2022	19.310	14,5	5.290
2023	21.070	15,8	5.770
2024	22.990	17,2	6.280
2025	25.100	18,8	6.860
2026	27.390	20,5	7.480
2027	29.900	22,4	8.180
2028	32.620	24,4	8.910
Total de lixo recolhido em 15 anos			77.795

*Zona urbana de Uarini; ** em toneladas

Tabela 1 – Estimativa do total de resíduos sólidos coletados pelo serviço público de limpeza, na cidade de Uarini, 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:

$$77.795 \text{ ton} / 0,75 \text{ ton/m}^3 = 103.730 \text{ m}^3$$

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:

$$103.730 \text{ m}^3 / 2 = 51.865 \text{ m}^3$$

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

$$103.730 \text{ m}^3 + 51.865 \text{ m}^3 = 155.600 \text{ m}^3$$

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	155.600	15,5
2,0	77.800	7,8
3,0	51.900	5,1
4,0	38.900	4,0

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 Uarini, 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:

$$7,8 \text{ ha} + 7,8 \times 0,2 = \mathbf{9,4 \text{ hectares}}$$

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 Uarini, 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 DA ÁREA AVALIADA E ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

A área indicada para avaliação técnica, pertencente ao Sr. José Mendonça Maciel Flor, com mais de 20 hectares, está localizada cerca de 20 km a oeste do centro de Uarini e a 13 km do local onde será implantado o aeroporto da cidade. O acesso à área é realizado por via fluvial pelo rio Uarini (de voadeira) e terrestre a partir de trilhas no local. A área é limitada a norte, sul e leste por cursos d'água de pequeno porte afluentes do rio Uarini, os quais só apresentam água na época chuvosa (Figura 4).

Trata-se de terreno plano com cota altimétrica em torno de 75 – 80 metros, assentado, segundo o mapa geológico da região, sobre depósitos aluvionares pleistocênicos sobrepostos à Formação Içá. Na área foi observado, durante as sondagens, que o horizonte superior do solo (até 3-4 metros de profundidade) é areno-argiloso, e abaixo desta profundidade é predominantemente areno-siltoso. A cobertura vegetal da área é representada principalmente por mata nativa, sendo que as porções de mata secundária estão próximas ao rio Uarini.

Como já mencionado, existem três cursos d'água de pequeno porte nas proximidades da área indicada: um a sul, 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 do terreno e suas adjacências, por meio de trilhas e picadas abertas nas áreas de mata nativa. Esse reconhecimento permitiu a identificação mais precisa do traçado dos 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 13 hectares, dominada por mata nativa (Figura 4).

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 13 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.

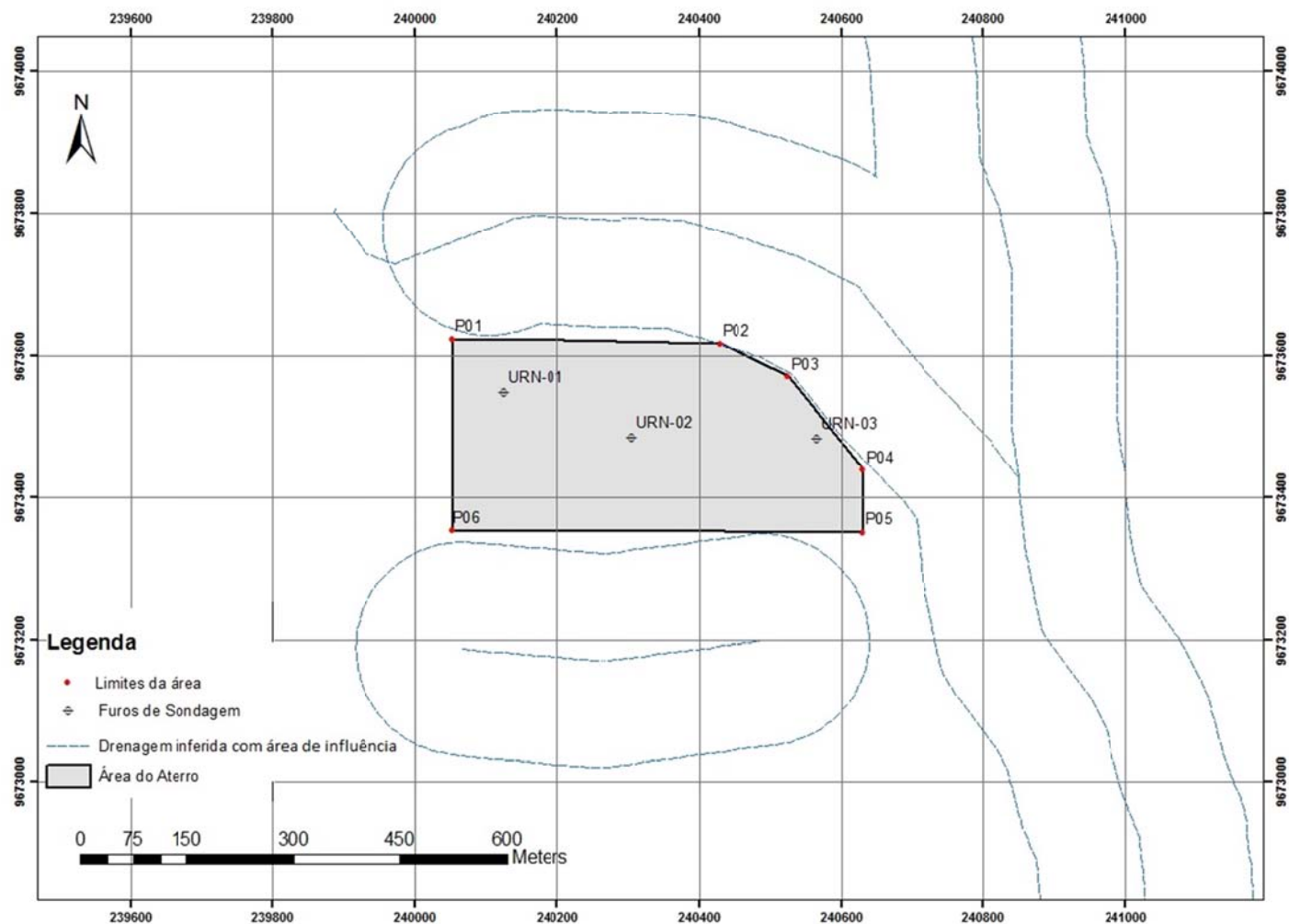


Figura 4: Mapa de detalhe da região de estudo com a situação da área selecionada (13 ha) para avaliação técnica de detalhe com a localização dos furos de trado realizados.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Foram feitas três perfurações a trado na área selecionada de 13 ha, cujas profundidades variaram de 7,0 a 10,0 metros (Figura 4 e Tabela 2), sendo que apenas uma delas (URN-01) atingiu o nível das águas subterrâneas (NA) a 9,7 metros.

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 Aproxim. (m)	Profund. Final (m)	Nível Freático (m)	Cobertura Vegetal
URN-01	2°57'5.77"S 65°20'2.03"O	77	10,0	9,7	Mata Nativa
URN-02	2°57'5.76"S 65°20'10.48"O	79	7,2	Não atingido	Mata Nativa
URN-03	2°57'3.63"S 65°20'16.30"O	78	7,0	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 URN-01 (Figura 5):

- 0,00 a 0,50m: solo orgânico argiloso de cor marrom escura;
- 0,50 a 3,00m: solo areno-argiloso (cerca de 45-50% de areia e 30-35% de argila) de cor marrom e vermelha, seco;
- 3,00 a 6,00m: areia fina-média siltosa vermelha (cerca de 70% de areia e 20% de silte) com muscovita, seca;
- 6,00 a 7,50m: areia fina-média siltosa (75% de areia e 20% de silte) vermelha e amarela com muscovita, úmida;
- 7,50 a 9,00m: areia média siltosa (85% de areia e 10% de silte) vermelha, amarela e branca, estratificada, com muscovita, úmida;
- 9,00 a 10,00m: areia siltosa rosa, vermelha e amarela, úmida.

* O nível d'água foi encontrado a 9,7 metros de profundidade.

FURO URN-02 (Figura 6):

- 0,00 a 0,50m: solo orgânico argiloso de cor marrom escura;
- 0,50 a 3,50m: solo areno-argiloso (cerca de 45-50% de areia e 35% de argila) de cor marrom- avermelhada, com muscovita;
- 3,50 a 7,00m: areia fina-média siltosa (65-70% de areia e 20% de silte) vermelha e amarela com muscovita;
- 7,00 a 7,20m: argila branca e vermelha estratificada.

FURO URN -03 (Figura 7):

- 0,00 a 0,50m: solo orgânico argiloso de cor marrom escura;
- 0,50 a 3,00m: solo areno-argiloso (cerca de 45% de areia e 35% de argila) de cor marrom e vermelha;
- 3,00 a 4,00m: solo areno-argiloso (45% de areia e 30% de argila) marrom e vermelho com muscovita;
- 4,00 a 5,00m: areia siltosa vermelha com muscovita;
- 5,00 a 7,00m: areia fina-média siltosa (75% de areia e 20% de silte) vermelha e amarela com muscovita.

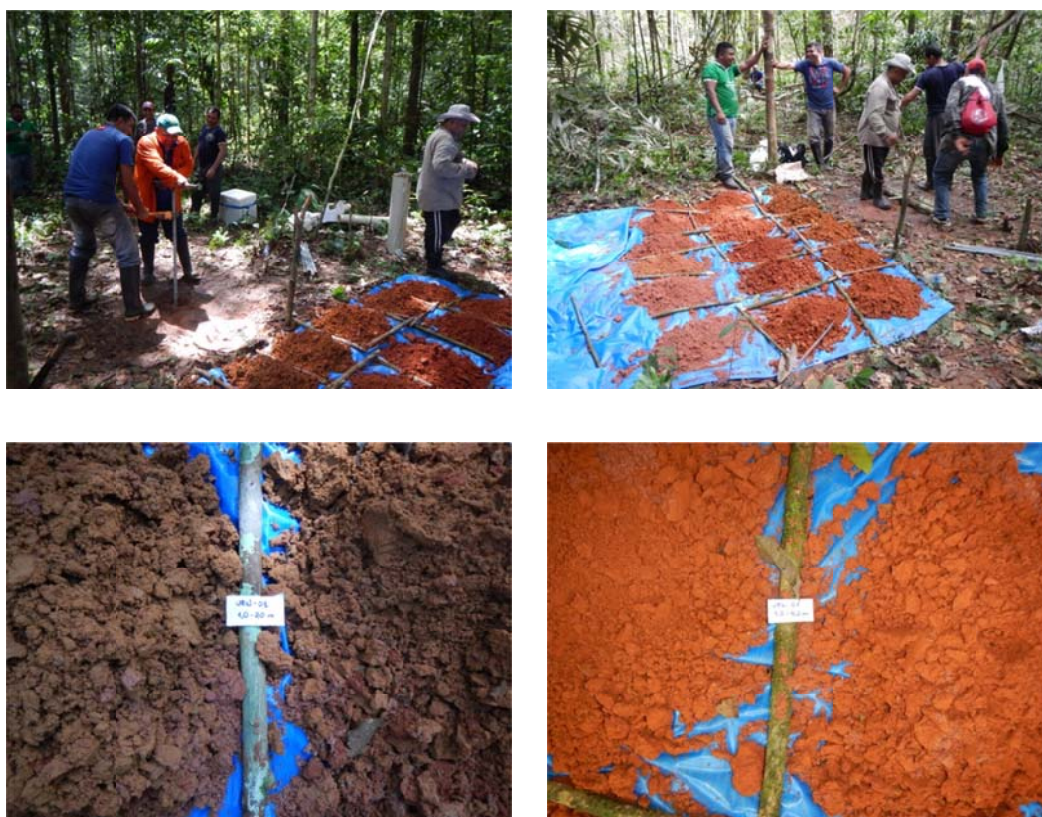


Figura 5: Aspectos da perfuração e do material atravessado em dois intervalos do furo URN-01.

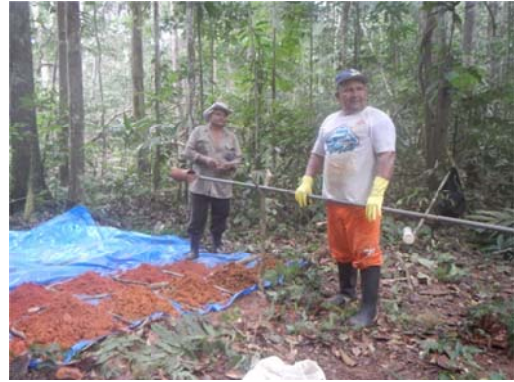


Figura 6: Aspectos da perfuração e do material atravessado em dois intervalos do furo URN-02.



Figura 7: Aspectos da perfuração e do material atravessado pelo furo URN-03.

Assim, pelas descrições acima, e conforme observado na Figura 8, se comprova que a área selecionada de 13 hectares apresenta até os 3 a 4 metros de profundidade um perfil de solo areno-argiloso (conteúdo de argila variando de 30 a 35% e o de areia variando de 45 a 50%), o que não é o mais recomendado para dar suporte a um aterro sanitário. Abaixo desse horizonte superior o material apresenta caráter areno-siltoso (60 - 80% de areia e 15 - 20% de silte).

Outra constatação importante das sondagens é que o nível das águas subterrâneas (NA) é relativamente profundo na área avaliada, tendo sido detectado somente no furo URN-01, a uma profundidade de 9,7 metros.

Essa área de 13 hectares é delimitada pelos seguintes vértices em coordenadas UTM da zona 20S (Figura 4):

Vértice	Latitude	Longitude
P1	9673625	240052
P2	9673617	240430
P3	9673571	240525
P4	9673440	240630
P5	9673352	240630
P6	9673354	240052

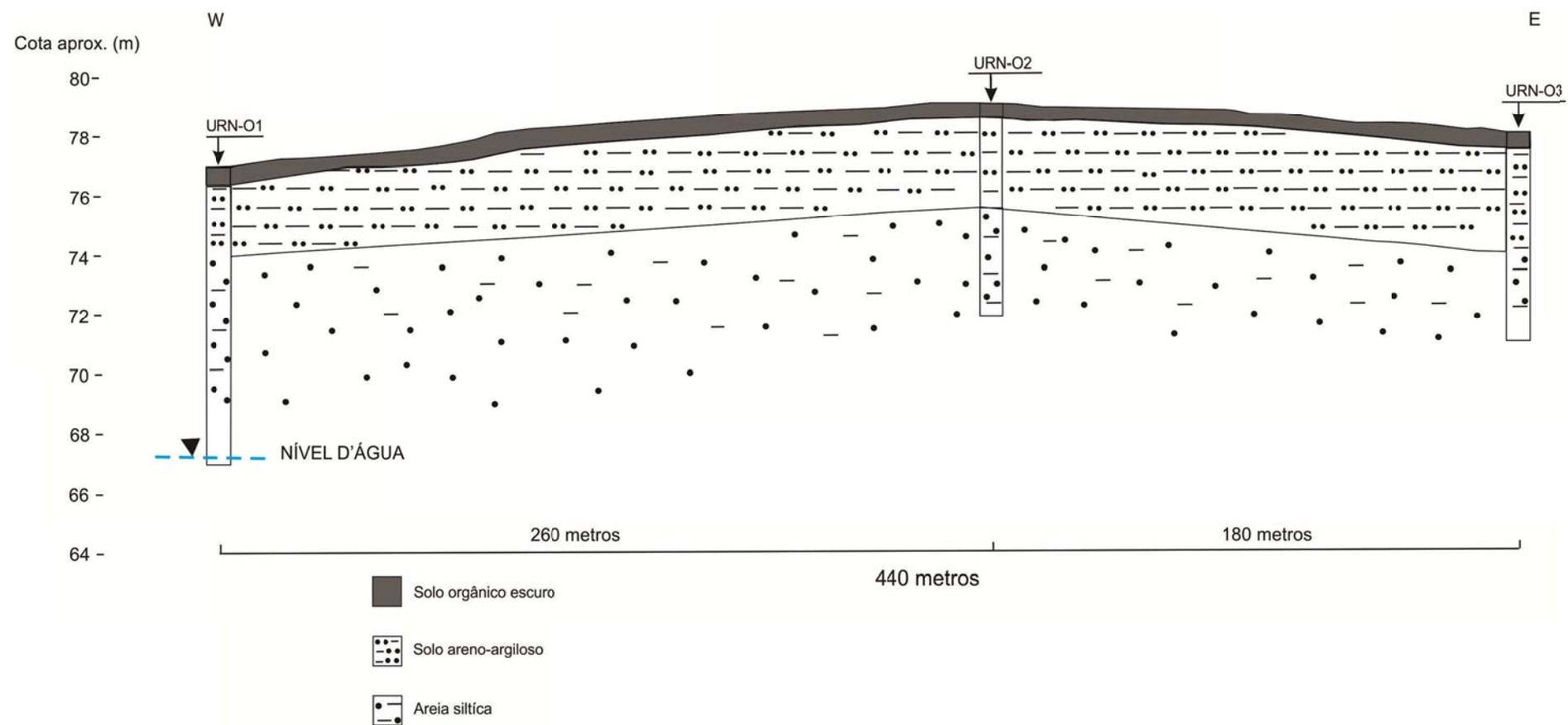


Figura 8: Perfil W-E do solo/subsolo na área avaliada para implantação do aterro sanitário de Uarini com base nos furos URN-01, 02 e 03.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Pelo exposto acima, e conforme apresentado nas figuras 4 e 8, os estudos realizados definiram uma área com 13 hectares que possui **aptidão técnica apenas regular** para servir como local de implantação do aterro sanitário de Uarini. que, se operar de maneira racional, deverá ter vida útil de mais de 15 anos.

Essa consideração decorre do fato de as investigações de campo e de as perfurações executadas revelarem um **fator técnico positivo** e um **negativo** no que diz respeito à aptidão dessa área em dar suporte ao aterro sanitário:

- o fator positivo é a constatação de que o terreno apresenta 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 metro mais elevado, ainda assim estará num nível totalmente compatível com a implantação de aterro sanitário no local;

- o fator negativo, que pesa muito na avaliação técnica, é o caráter areno-argiloso do horizonte mais superficial do solo (3,0 a 4,0m de espessura) em toda a área investigada, o que significa um substrato de permeabilidade média que não terá capacidade selante adequada na base do aterro, favorecendo a infiltração e dispersão dos contaminantes aí gerados (chorume, metais pesados, etc);

Pelas considerações acima, recomenda-se que sejam selecionadas e avaliadas outras áreas para o aterro sanitário de Uarini, mais próximas da zona urbana. Essa seleção pode ser balizada, por exemplo, pelos estudos realizados pela CPRM entre os anos de 2008 e 2009 na cidade de Uarini (CPRM, 2009). Esses estudos indicaram que a área do entorno da lixeira utilizada na época (margem da estrada do Copacá a 4km do centro da cidade) atendia aos principais requisitos estabelecidos pelas normas técnicas competentes para instalação de aterros sanitários, ou seja: distâncias em relação a cursos d'água, ao lençol freático e a núcleos populacionais e tipo de substrato (argiloso).

No entanto, se a área avaliada neste laudo realmente for escolhida para implantação do aterro de Uarini, no projeto de concepção do mesmo 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 Uarini, 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 Uarini deverá ser construído e operado conforme as normas de engenharia preconizadas para um aterro sanitário e não como uma lixeira.

Com relação à profundidade das valas do possível aterro instalado nesse local, toma-se como parâmetro a espessura do horizonte de solo areno-argiloso e, assim, recomenda-se que essas valas tenham no máximo, a depender da porção do terreno que será utilizada, 2,0 a 3,0 metros de profundidade, o que manterá uma camada de média permeabilidade de pelo menos 1 metro de espessura abaixo da base do aterro.

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. 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 se Recurso Minerais

Data de Entrada: 17/04/2014

Endereço: Prefeitura de Uarini

Data de Saída: 05/05/2014

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)					
1210	1,00-2,00 m-URN-01	155,45	317,09	472,53	181,47	346,00	Franco Argilosa
1211	2,00-3,00 m-URN-01	169,70	322,55	492,25	192,25	315,50	Franco Argilo Arenoso
1212	5,00-6,00 m-URN-01	367,66	319,09	686,75	217,75	95,50	Franco Arenosa
1213	6,00-7,00 m-URN-01	476,62	268,06	744,68	183,82	71,50	Franco Arenosa
1214	8,00-9,00 m-URN-01	687,38	144,05	831,43	112,07	56,50	Areia Franca
1215	1,00-2,00 m-URN-02	165,73	308,29	474,02	183,98	342,00	Franco Argilosa
1216	2,00-3,00 m-URN-02	163,80	293,06	456,85	204,65	338,50	Franco Argilosa
1217	3,00-4,00 m-URN-02	294,14	338,30	632,44	200,56	167,00	Franco Arenosa
1218	5,00-6,00 m-URN-02	363,45	337,85	701,29	206,21	92,50	Franco Arenosa
1219	1,00-2,00 m-URN-03	105,56	300,72	406,28	212,72	381,00	Franco Argilosa
1220	3,00-4,00 m-URN-03	97,80	342,19	439,99	242,51	317,50	Franco Argilosa
1221	6,00-7,00 m-URN-03	469,32	281,93	751,25	179,75	69,00	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