

**AVALIAÇÃO TÉCNICA DE UMA ÁREA DESTINADA À
IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DA CIDADE
DE ITACOATIARA (AM)**

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

Marco Antonio Oliveira
Superintendente Regional

Daniel de Oliveira
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

José Luiz Marmos
Supervisor de Gestão Territorial

Equipe Técnica Responsável pelo Laudo
Geólogo José Luiz Marmos
Sondador Valdemilton Gusmão
Auxiliar de Campo Valdir Ferreira Nogueira

1 ANTECEDENTES

Os resíduos sólidos recolhidos pelo Serviço de Limpeza Pública da Prefeitura de Itacoatiara vêm sendo depositados, há mais de uma década, sem nenhum tipo de separação, tratamento ou cobertura, na lixeira municipal, localizada nos limites da zona urbana, nas proximidades do igarapé Piramiri e do lago Canaçari, a menos de 300m de núcleos habitados (Figura 1). Essa lixeira tem uma superfície aproximada de 15 hectares e, seja nos aspectos técnicos, legais ou operacionais, encontra-se numa situação inadequada, causando inúmeros transtornos aos moradores, ao meio ambiente do entorno e impedindo a abertura das atividades de um frigorífico situado ao lado (Frigorífico Ativo Alimentos Ltda) (Figuras 1 e 2). Devido a esta situação, a administração municipal de Itacoatiara se conscientizou da necessidade de construção de um aterro sanitário, que atenda às normas técnicas e a legislação vigente, de modo a minimizar os riscos ambientais e a segurança aeroportuária, já que a atual lixeira situa-se a menos de 7 km do aeroporto local, o que infringe a Resolução CONAMA 004/95.



Figura 1: Aspectos do terreno da atual lixeira de Itacoatiara no ano de 2009. Na foto da direita, ao fundo, observam-se as instalações do Frigorífico Ativo.



Figura 2: Vista aérea da lixeira de Itacoatiara ao lado do Frigorífico Ativo

Em busca de uma solução que culmine com o encerramento definitivo das atividades da citada lixeira, os gestores de Itacoatiara 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.

Nesse sentido, com vistas à elaboração de projeto e posterior implantação do aterro, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Itacoatiara (SEMMA), por meio do Ofício no. 092/2011, solicitou apoio à CPRM – Serviço Geológico do Brasil 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 e dois auxiliares foram destacados para a realização dos estudos, cujas atividades de campo (coleta de dados in situ) se desenvolveram no período de 10 a 14 de maio de 2011.

2. CÁLCULO DA ÁREA NECESSÁRIA PARA IMPLANTAÇÃO DO ATERRO

Segundo informações da SEMMA, a quantidade média de resíduos sólidos que é recolhida diariamente na cidade de Itacoatiara e depositada na atual lixeira é de cerca de 30 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 conta o Programa Nacional de Resíduos Sólidos, para efeitos de cálculo irá se considerar um aterro sanitário com vida útil de 15 anos.

Outros dois parâmetros a serem considerados são a população urbana de Itacoatiara (58.200 habitantes, de acordo com o censo do IBGE 2010) e a taxa média de crescimento anual dessa população (calculada em 2,3% quando se comparam os dados dos últimos 10 anos – censos IBGE de 2000 e de 2010). Portanto, conforme informação da SEMMA, a quantidade média de resíduos sólidos produzidos atualmente na zona urbana de Itacoatiara (população de 59.540 habitantes em 2011) pode ser calculada em cerca de 0,50kg/habitante/dia. Supondo-se rápidas melhorias na qualidade de vida da população local, pode-se elevar este número para 0,60kg/habitante/dia, valor que será utilizado nos cálculos a seguir.

Assim, com base nos números disponíveis, adotados e informados, e mantendo-se a situação observada, é possível estimar em 235.750 toneladas a quantidade total de lixo que seria recolhida em Itacoatiara ao longo dos próximos 15 anos (Tabela 1). Os dados da tabela iniciam-se com o ano de 2012 pois se considera que, tendo em vista as obras necessárias, somente a partir desse ano será possível o início das atividades de despejo de lixo em qualquer área que seja destinada ao futuro aterro sanitário municipal.

Ano	População Estimada	Total de lixo por dia*	Total de lixo por ano*
2012	60.910	36,55	13.341
2013	62.310	37,39	13.648
2014	63.740	38,24	13.958
2015	65.210	39,13	14.282
2016	66.710	40,03	14.611
2017	68.240	40,94	14.943
2018	69.810	41,89	15.290
2019	71.420	42,85	15.640
2020	73.060	43,84	16.002
2021	74.740	44,84	16.367
2022	76.460	45,88	16.746
2023	78.220	46,93	17.130
2024	80.020	48,01	17.524
2025	81.860	49,12	17.930
2026	83.740	50,24	18.338
Total de lixo recolhido em 15 anos			235.750

* em toneladas

Tabela 1 – Estimativa do total de resíduos sólidos a serem recolhidos pelo serviço público de limpeza, na cidade de Itacoatiara, 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 ton/m³. Assim, o volume total de lixo aterrado em 15 anos será:

$$235.750 \text{ ton} / 0,75 \text{ ton/m}^3 = 314.333 \text{ m}^3$$

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:

$$314.333 \text{ m}^3 / 2 = 157.167 \text{ m}^3$$

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

$$314.333 \text{ m}^3 + 157.167 \text{ m}^3 = 471.500 \text{ m}^3$$

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	471.500	47,2
1,5	314.333	31,4
2,0	235.750	23,6
3,0	157.167	15,7

Além da área necessária para as 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 Itacoatiara, tomando como exemplo um aterro com valas de 1,5 metros de profundidade, máximo que se poderá escavar no local selecionado neste estudo, conforme se verá adiante, para uma vida útil de 15 anos o terreno deverá apresentar a seguinte área:

$$31,4 \text{ ha} + 31,4 \times 0,2 = 37,7 \text{ hectares}$$

Por outro lado, se no projeto do aterro, após o fechamento das valas, for feita a opção de se elevar pilhas de lixo alguns metros acima da superfície do terreno (rampas), a área necessária para o empreendimento será bastante reduzida. De modo semelhante, se for implantado em Itacoatiara, conforme planejado pela SEMMA, 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. Deve-se trabalhar para que a diferença entre o volume de lixo produzido e o volume de lixo destinado ao aterro seja a máxima possível, não menos que 50%.

3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

A área selecionada para avaliação técnica tem mais de 300 hectares e situa-se às margens do km 240 da rodovia estadual AM-010, a cerca de 25 km do centro urbano de Itacoatiara. É um terreno relativamente plano e coberto por floresta nativa em sua maior parte. Uma porção da área contígua à rodovia já foi utilizada para criação de gado (remanescentes de pasto plantado), mesmo local onde foram erguidos alguns prédios de madeira utilizados recentemente como retiro evangélico (Acampamento Cristo Redentor) (Figuras 3 e 4).



Figura 3: Vista da entrada do terreno, na rodovia AM-010, indicado para avaliação técnica com vistas à implantação de aterro sanitário no local.

Ao observar em detalhe a área total sobre uma imagem de satélite Geocover e sobre uma imagem de radar SRTM, verifica-se que ela é cortada por várias drenagens que deságuam no rio Urubu, o que é um fator complicador para implantação de um aterro sanitário (Figura 4). 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 200 metros de qualquer curso d'água, ressalvando, porém, que o órgão estadual de meio ambiente poderá alterar essa distância.

Com base nesse espaçamento mínimo dos cursos d'água, a partir da análise visual das imagens de satélite e radar, foi feita uma avaliação prévia da área, de modo a selecionar sub-áreas contínuas ao longo do terreno indicado, com dimensões suficientes, que pudessem ser investigadas no campo. Esse procedimento permitiu a definição de três sub-áreas, uma no setor oeste do terreno, com cerca de 40 hectares (**Área 1**), uma no setor central, com 20 hectares (**Área 2**), e outra no setor leste, com cerca de 30 hectares (**Área 3**). Deve-se ressaltar que, durante os trabalhos de campo, os limites dessas sub-áreas foram alterados, e suas dimensões reduzidas, pois foram observados cursos d'água não detectáveis nas imagens de satélite ou radar devido à baixa resolução das mesmas.

Os trabalhos de campo se iniciaram com o reconhecimento da área toda, por meio de caminhadas e identificação dos igarapés que a cortavam, os quais foram plotados no mapa-base com auxílio de aparelho GPS. Então, foram redesenhadas as três sub-áreas citadas no parágrafo anterior, o que resultou no mapa apresentado na Figura 5.

Posteriormente, 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 nas três sub-áreas selecionadas, 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 (nível freático).

Lembra-se que, do ponto de vista geológico-ambiental, para dar suporte a um aterro sanitário o terreno deve apresentar subsolo argiloso a argilo-arenoso, o que dificulta a infiltração dos contaminantes, e o nível freático afastado da superfície. Segundo as normas da ABNT supra-citadas, 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 durante a época de maior precipitação pluviométrica (caso do período dos trabalhos de campo).

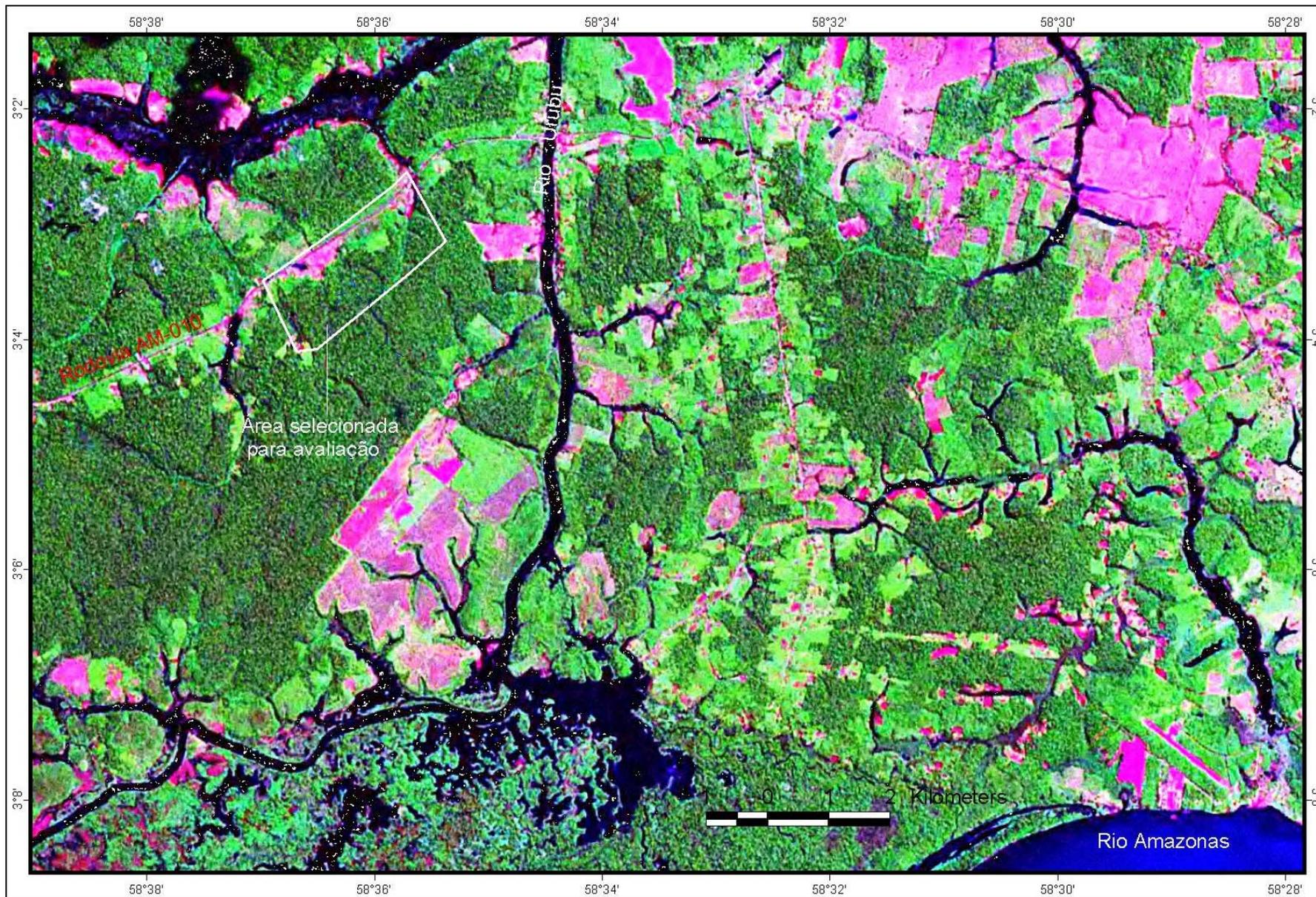


Figura 4: Imagem de satélite Geocover com a localização da área indicada pela Prefeitura de Itacoatiara para avaliação técnica

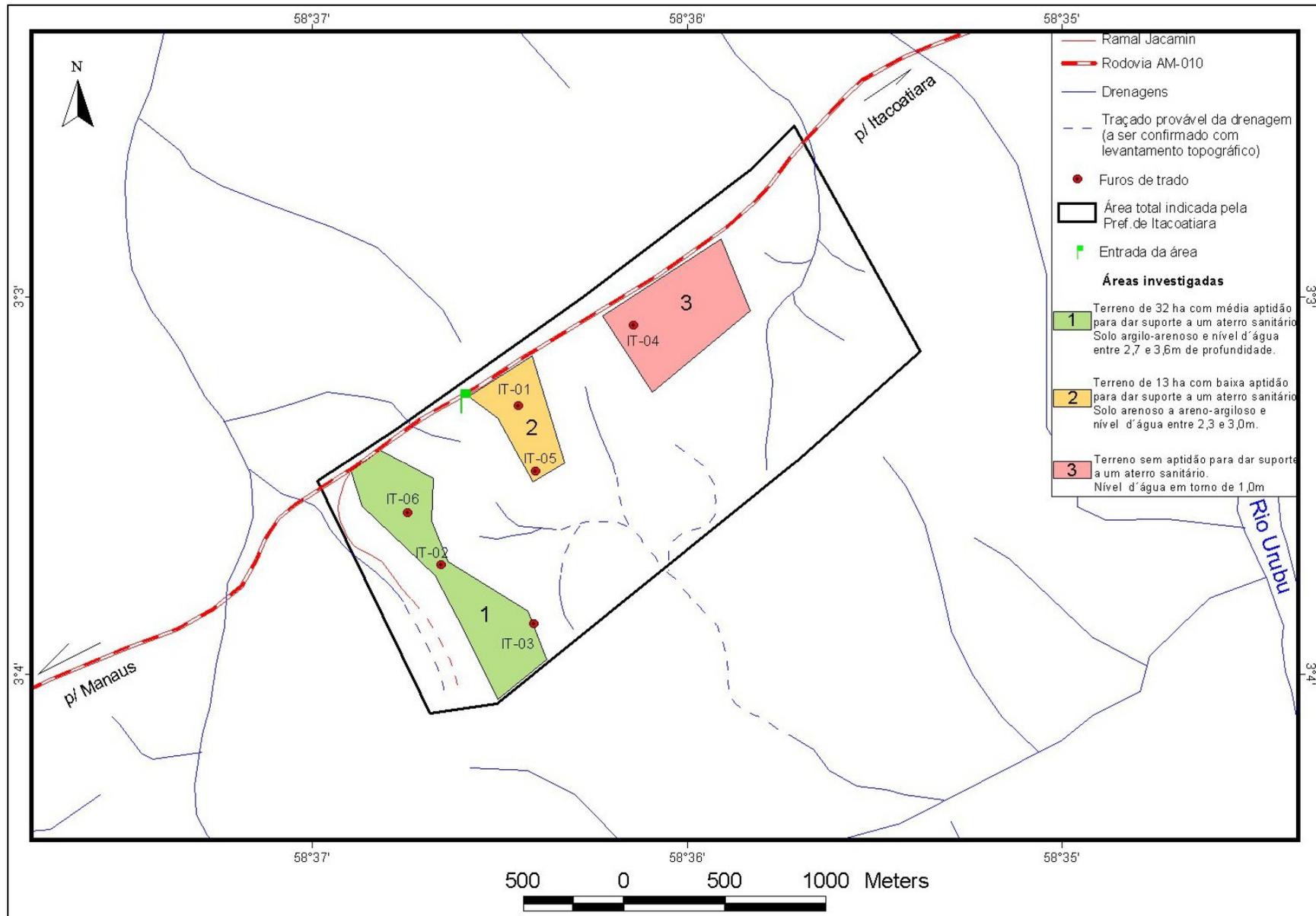


Figura 5: Mapa de detalhe da área total indicada pela Prefeitura de Itacoatiara e das três sub-áreas definidas para avaliação, com base em análise de imagens de satélite e radar e investigações de campo, com a localização dos furos de trado realizados em cada uma delas.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Foram feitas seis perfurações a trado em toda área, sendo três na sub-área oeste (Área 1), duas na sub-área central (Área 2) e uma na sub-área leste (Área 3), conforme se observa na Figura 5. As profundidades das sondagens variaram de 1,40 a 5,30 metros e o nível freático encontrado oscilou, conforme o local, de 1,20 a 3,60 metros abaixo da superfície (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 encontram-se em boletim anexo a este laudo.

Área	Furo	Coordenadas Geográficas UTM (Zona 21S)	Prof. Final (m)	Nível Freático (m)	Cobertura Vegetal local
1 (oeste)	IT-02	9661460 N 320993 E	5,30	3,50	Floresta Primária aberta
	IT-03	9661150 N 321431 E	3,80	3,60	Floresta Primária aberta
	IT-06	9661689 N 320807 E	3,50	2,70	Floresta Primária aberta
2 (central)	IT-01	9662216 N 321353 E	4,60	3,00	Pastagem abandonada
	IT-05	9661892 N 321440 E	3,00	2,30	Floresta Primária aberta
3 (leste)	IT-04	9662608 N 321924 E	1,40	1,20	Floresta secundária (Capoeira)

Tabela 2: Características das sondagens a trado executadas nas três sub-áreas selecionadas.

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

FURO IT-01 (Figura 6):

- 0,00 a 0,40m: solo orgânico arenoso (areia fina-média), de cor marrom-escuro, com pequena porcentagem de argila e silte;
- 0,40 a 2,00m: solo arenoso (areia fina-média), de cor alaranjada/ocre, pouco argiloso;
- 2,00 a 4,50m: areia fina a média, amarelada-clara, síltica-argilosa;
- 4,50 a 4,60m: horizonte de crosta laterítica (piçarra) endurecida e impenetrável ao trado.

FURO IT-02 (Figura 7):

- 0,00 a 0,40m: solo orgânico areno-argiloso, de cor marrom-escura;
- 0,40 a 2,50m: solo argilo-arenoso (areia fina), de cor alaranjada/ocre, com argila de caráter semi-plástico. A partir de 2,0m aumenta a quantidade de areia;
- 2,50 a 3,50m: argila alaranjada/amarelada muito arenosa (areia fina);
- 3,50 a 4,70: areia fina-média muito argilosa, de cor alaranjada/ocre e com manchas avermelhadas de oxidação;
- 4,70 a 5,10m: horizonte semelhante ao anterior, porém mais arenoso e com muitos seixos de laterita (piçarra);
- 5,10 a 5,30m: crosta laterítica (piçarra) endurecida e impenetrável ao trado.

FURO IT-03 (Figura 8):

- 0,00 a 0,50m: solo argilo-arenoso, marrom-escuro, com muita matéria orgânica;
- 0,50 a 1,50m: solo argiloso, de cor alaranjada/ocre, de caráter semi-plástico e com alguma porcentagem de areia fina;
- 1,50 a 3,40m: argila maciça, de cor alaranjada/ocre e com menor quantidade de areia que no horizonte superior;
- 3,40 a 3,80m: horizonte mosqueado (avermelhado/róseo/amarelado) argilo-arenoso com seixos de laterita;
- 3,80m: crosta laterítica (piçarra) endurecida e impenetrável ao trado.

FURO IT-04 (Figura 9):

- 0,00 a 0,30m: solo argiloso cinza-escuro com muita matéria orgânica;
- 0,30 a 1,30m: solo argiloso, semi-plástico, de cor alaranjada/amarronzada, com pequena porcentagem de areia fina.

Obs.: o furo foi paralisado em 1,30m pois o nível freático no local foi encontrado a apenas 1,20m, fator que caracteriza o local como impróprio para dar suporte a um aterro sanitário.

FURO IT-05 (Figura 10):

- 0,00 a 0,60m: solo areno-argiloso, cinza-escuro, com muita matéria orgânica;
- 0,60 a 3,00m: solo arenoso (areia fina-média), de cor alaranjada/amarelada, com boa porcentagem de argila.

Obs.: o furo foi paralisado em 3,00m com o nível freático no local sendo encontrado em 2,30m

FURO IT-06 (Figura 11):

- 0,00 a 0,40m: solo orgânico areno-argiloso (areia fina) de cor marrom-escuro;
- 0,40 a 3,20m: solo argiloso, de cor alaranjada/ocre, de caráter semi-plástico e com pequena porcentagem de areia fina. Horizonte de difícil penetração ao trado. A quantidade de areia e silte aumenta com a profundidade;
- 3,20 a 3,50m: areia fina-média, muito argilosa, de cor amarelada/alaranjada.



Figura 6 - Aspectos da perfuração e do material retirado do furo IT-01 na **Área 2**.



Figura 7 - Furo IT-02: a) perfuração em área de floresta primária (**Área 1**); b) amostra do intervalo 1,5 a 2,5m, correspondente a solo argilo-arenoso.



a

b

Figura 8 – Furo IT-03: a) perfuração em área de floresta primária (**Área 1**); b) amostra do intervalo 1,5 a 3,0m, correspondente a solo argiloso com pouca areia fina.



Figura 9 – Início da perfuração do furo IT-04, em local deprimido (baixo topográfico) coberto por vegetação secundária (**Área 3**)



Figura 10 – Furo IT-05: a) retirada de material perfurado, para descrição e amostragem; b) amostra do intervalo 1,0 a 2,0m, correspondente a solo arenoso alaranjado.



Figura 11 – Furo IT-06: a) perfuração em área de floresta primária (**Área 1**); b) amostra do intervalo 1,5 a 2,5m, correspondente a solo argiloso com pouca areia fina.

Os resultados das investigações de campo e das perfurações executadas permitiram que as três sub-áreas avaliadas fossem classificadas conforme exposto na Figura 5, ou seja:

- **Área 1:** terreno em torno de 32 hectares, com média aptidão para dar suporte a um aterro sanitário, com subsolo predominantemente argilo-arenoso e nível freático entre 2,7 e 3,6 metros de profundidade;
- **Área 2:** terreno em torno de 13 hectares, com baixa aptidão para dar suporte a um aterro sanitário, com subsolo arenoso a areno-argiloso e nível freático entre 2,3 e 3,0 metros de profundidade;
- **Área 3:** terreno de 27 hectares sem aptidão técnica para suportar um aterro sanitário, pois o nível freático local é muito raso, em torno de 1 metro de profundidade média. Trata-se de área deprimida (baixo topográfico) com ocorrência de pequenos lagos.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

No aspecto puramente técnico, por todas as considerações feitas acima, a sub-área mais adequada, apesar de não ser a ideal, para a implantação do aterro sanitário de Itacoatiara é aquela situada na porção oeste do terreno avaliado (**Área 1** da Figura 5). No entanto, deve-se alertar que as trincheiras/valas que vierem aí a ser escavadas não poderão ser profundas, pois o nível freático é relativamente raso (dependendo do local, varia de 2,7 a 3,6 metros) e, como já mencionado, deve haver pelo menos 1,5m de distância entre a base do aterro e a superfície máxima do nível freático.

Outro fator importante é que os limites dessa sub-área devem ser marcados com precisão a partir de um levantamento topográfico que defina em detalhes o traçado dos igarapés que existem em suas adjacências (vide Figura 5), lembrando-se que o IPAAM tem a prerrogativa de diminuir a distância mínima entre os limites do aterro e os cursos d'água, o que poderia aumentar as dimensões da sub-área em questão.

Além disso, é urgente que a SEMMA defina com exatidão os limites reais da propriedade indicada para avaliação técnica, notadamente seu limite oeste, o qual, diferentemente do informado e lançado na Figura 5, se faz na realidade com uma vicinal (ramal do Jacamin), cujo traçado também se encontra parcialmente desenhado na Figura 5. Tal definição é fundamental pois é justamente nas proximidades desse limite da propriedade que se insere a sub-área avaliada com melhor aptidão técnica para suportar 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.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. 1995. Resolução CONAMA nº 004, de 09 de outubro de 1995.

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: C P R M

Data de Entrada: 16/05/2011

Local das amostras: Itacoatiara

Data de Saída: 30/05/2011

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)					
	FURO IT-01						
1062	1,0-2,0m	431,46	306,43	737,89	55,62	206,50	Franco Argilo Arenosa
1063	2,0-3,5m	432,05	293,21	725,25	242,25	32,50	Franco Arenosa
	FURO IT-02						
1064	0,5-1,5m	360,27	174,75	535,02	60,49	404,50	Argila Arenosa
1065	1,5-2,5m	335,67	191,57	527,24	58,27	414,50	Argila Arenosa
1066	2,5-3,5m	347,46	230,69	578,15	62,86	359,00	Argila Arenosa
1067	3,5-4,5m	391,69	271,16	662,85	62,66	274,50	Franco Argilo Arenoso
	FURO IT-03						
1068	0,5-1,5m	223,13	236,50	459,63	66,87	473,50	Argila
1069	1,5-2,5m	169,99	228,11	398,10	85,41	516,50	Argila
1070	2,5-3,0m	151,01	221,22	372,22	146,28	481,50	Argila
	FURO IT-05						
1071	1,0-2,0m	441,81	285,45	727,25	31,25	241,50	Franco Argilo Arenosa
1072	2,0-3,0m	430,62	282,04	712,66	43,85	243,50	Franco Argilo Arenoso
	FURO IT-06						
1073	1,0-2,0m	321,46	132,30	453,76	66,74	479,50	Argila
1074	2,0-3,0m	271,58	124,11	395,69	87,32	517,00	Argila
1075	3,0-3,5m	297,76	130,40	428,16	129,34	442,50	Argila

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).

Hilma A.R.Couto
 Responsável - LASP