



Agosto/2019

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

José Maria da Silva Maia
Superintendente Regional

Jussara Socorro Cury Maciel
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

José Luiz Marmos
Supervisor de Gestão Territorial

Equipe Técnica Responsável pelo Laudo
Geólogo Levi Souza Callegario
Sondador Valdemilton Gusmão

1 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS E LOCALIZAÇÃO

O município de Tefé está localizado no Amazonas, na Mesorregião Centro Amazonas e Microrregião do Centro Amazonense (**Figura 1**). Sua área total é de 23.704,426 km² e sua população urbana estimada em 2018 era de 52.120 habitantes. Suas regiões limítrofes fazem divisa com os municípios de Marañ, Alvarães, Juruá, Carauari, Tapauá e Coari.

O centro urbano do município localiza-se sobre depósitos aluvionares holocênicos, mas boa parte de sua extensão territorial se encontra na formação Içá. Esse tipo de terreno caracteriza-se por ter extensas planícies, sem uma diferença de cota muito grande em toda sua extensão. Além disso, a formação Içá pode apresentar características mais propícias para a construção de um aterro sanitário, como, por exemplo, sua maior compactação.

O clima da região é equatorial úmido, com temperaturas médias anuais de 27°C. A temperatura máxima média é de 32°C e a mínima média é de 22°C. O índice pluviométrico anual é de aproximadamente 2.464 milímetros, concentrados em sua maioria nos meses mais chuvosos, que vão de março a julho. Agosto é o mês mais seco (Climate-Data.org) (**Figura 2**).

A vegetação segue as mesmas características de quase toda a Amazônia, composta por Floresta Perenifolia Hileiana Amazônica, que corresponde à floresta de terra firme, Floresta Perenifolia Paludosa Ribeirinha Periodicamente Inundada (mata de várzea), e

Floresta Perenifólia Paludosa Ribeirinha Permanentemente Inundada (mata de Igapó).

Em busca de solução que culmine com o encerramento das atividades da lixeira atual, os gestores de Tefé tomaram iniciativa de escolher 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. Essa área está situada a sudoeste, em um ramal que liga a cidade a sítios e fazendas, onde também podem ser encontradas algumas pontes que cruzam igarapés nas zonas mais baixas (**Figura 3**). A área estudada situa-se em uma zona alta.

Com vistas à elaboração de projeto e posterior implantação do aterro, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente, vinculada à Prefeitura de Tefé, por meio do Ofício 0207 de 26/06/2019, 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 Levi Souza Callegario 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 14 a 20 de julho de 2019.

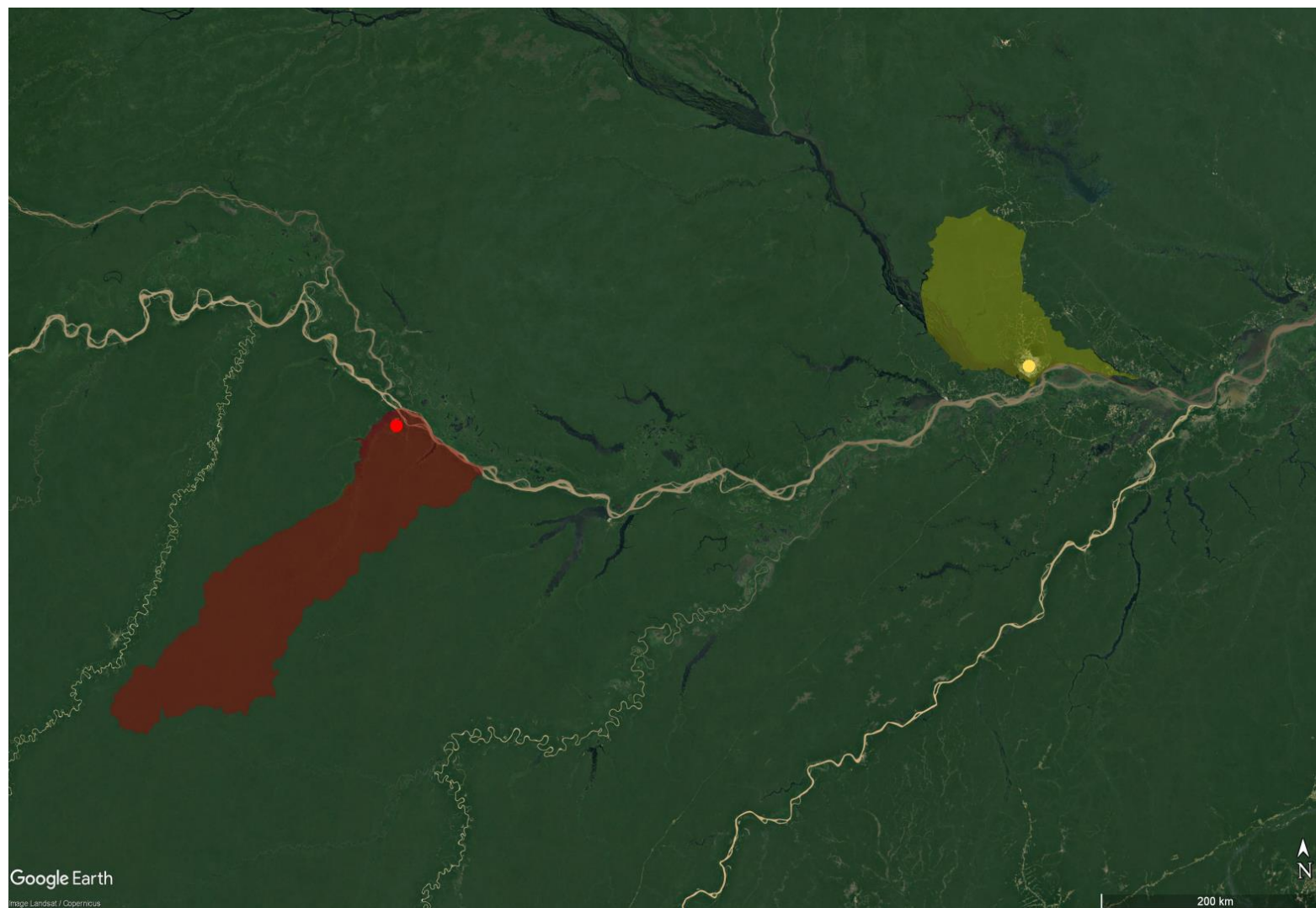


Figura 1: Imagem de satélite mostrando a área do município de Tefé (vermelho) e sua localização em relação a capital do estado, Manaus (amarelo). Os círculos de mesma cor indicam seus respectivos centros urbanos.

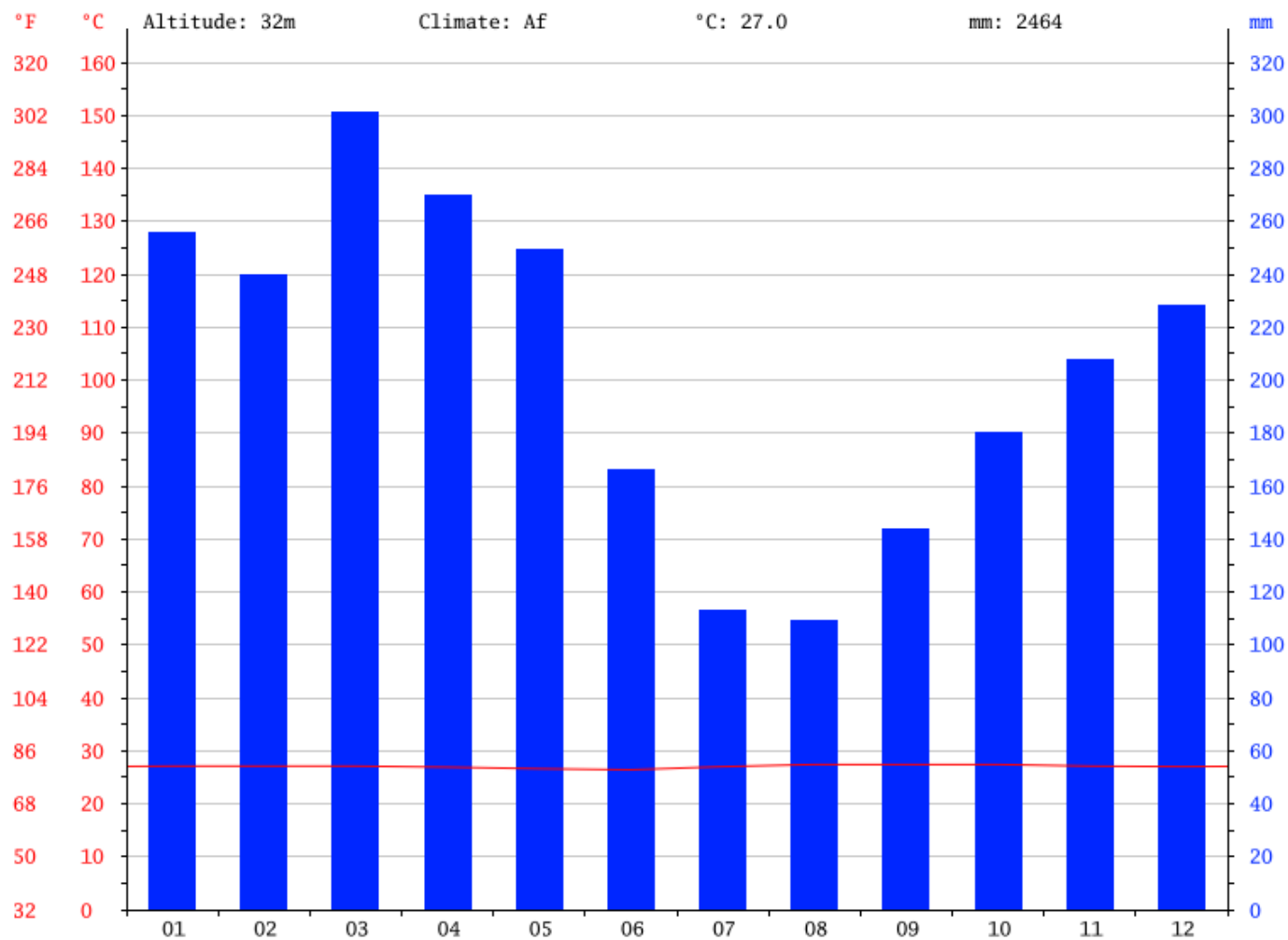


Figura 2: Climograma de Tefé segundo o site Climate-Data.org.



Figura 3: Imagem de satélite de alta resolução da cidade de Tefé e entorno sul com a localização da área avaliada neste estudo (trapézio vermelho).

2. CÁLCULO DA ÁREA NECESSÁRIA PARA IMPLANTAÇÃO DO ATERRO

Segundo informações da SEMMA, a quantidade média coletada de resíduos sólidos diariamente na cidade de Tefé e depositada no atual aterro é estimada em 40 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 Tefé (52.380 habitantes, de acordo com o censo do IBGE 2010) e a taxa média de crescimento anual dessa população (calculada em 0,5% 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 Tefé (população estimada de 52.380 habitantes em 2019) pode ser calculada em cerca de 0,80 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 **237.804** toneladas a quantidade total de resíduos sólidos que seria coletada em Tefé ao longo dos próximos 15 anos (Tabela 1).

Tabela 1 – Estimativa do total de resíduos sólidos a serem coletados na cidade de Tefé ao longo dos próximos 15 anos.

Ano	População Estimada	Total de lixo por dia *	Total de lixo por ano *
2019	52.380	41,904	15.295
2020	52.650	42,120	15.374
2021	52.920	42,336	15.453
2022	53.200	42,560	15.534
2023	53.470	42,776	15.613
2024	53.740	42,992	15.692
2025	54.010	43,208	15.771
2026	54.280	43,424	15.850
2027	54.560	43,648	15.932
2028	54.840	43,872	16.013
2029	55.115	44,092	16.094
2030	55.390	44,312	16.174
2031	55.667	44,533	16.255
2032	55.945	44,756	16.336
2033	56.225	44,980	16.418
Total de lixo recolhido em 15 anos			237.804

* em toneladas

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:

$$237.804 \text{ ton} / 0,75 \text{ ton/m}^3 = 317.072 \text{ m}^3$$

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:

$$317.072 \text{ m}^3 / 2 = 158.536 \text{ m}^3$$

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

$$317.072 \text{ m}^3 + 158.536 \text{ m}^3 = 475.608 \text{ m}^3$$

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	475.608	47,57
2,0	237.804	23,78
3,0	158.536	15,85

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 Tefé, tomando como exemplo um aterro com valas de 2,0

metros de profundidade média, para uma vida útil de 15 anos o terreno deverá apresentar aproximadamente a seguinte área:

$$23,78 \text{ ha} + 23,78 \times 0,2 = \mathbf{28,54 \text{ ha}}$$

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 Tefé, 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%.

3. DESCRIÇÃO DA ÁREA AVALIADA E ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

A área selecionada para avaliação técnica fica localizada ao longo de um ramal que se inicia na Estrada do Aeroporto, distante 8km do centro urbano do município, e termina a uma distância aproximada de 3km em direção ao Lago de Tefé, na Estrada do Bacuri. Não existe pavimentação na estrada e sua trafegabilidade é bastante afetada por chuvas, tornando-se bastante difícil em períodos

de pluviosidade intensa. A área tem aproximadamente 33,4 hectares e situa-se a 7,4km do centro da cidade e 5,2km da pista do aeroporto, ambas as medidas em linha reta (**Figuras 3, 4, e 5**).

O local fica situado em uma zona alta, sem nenhum curso d'água localizado na distância de segurança (estipulada por normas da ABNT) nas zonas norte, leste e oeste. No sul da área encontra-se um igarapé intermitente, que fica completamente seco em épocas de chuvas escassas (**Figuras 3, 4 e 5**). Além disso, verificou-se que o terreno estudado, em suas zonas mais baixas, tem capacidade de drenagem de água reduzida, criando pequenos pântanos.

Trata-se de terreno com topografia levemente inclinada, com altitude em torno de 54-64 metros, com duas regiões mais altas localizadas a noroeste e sudeste, e uma região mais baixa alongada na direção nordeste-sudoeste. Está assentado sobre a formação Içá, de acordo com o mapa geológico da região, composta por arenitos, siltitos e argilitos do Cenozoico. A cobertura vegetal da área é representada por floresta nativa, mas boa parte do terreno já foi desmatada e revela cultivo de gêneros alimentícios.

Como já mencionado, existe um curso d'água de pequeno porte no setor sul da área avaliada (**Figuras 4 e 5**), que desagua em outro igarapé mais ao leste. 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 (plotagem dos vértices), por meio da estrada de acesso e de picadas abertas na área florestal, o que permitiu a identificação das drenagens citadas e da topografia local.

Apesar da localização do buffer da drenagem atingir a área em 1 segmento, este mesmo segmento é pequeno e não impediu que os trabalhos pudessem ser realizados em todo o terreno. Não houve impossibilidade registrada para a execução de furos nesse caso. Como não houve dificuldades de acesso a nenhum ponto, a localização dos furos extraiu a maior e melhor informação possível do subsolo local, em uma malha aproximadamente regular.

O “buffer” foi medido em campo, a partir de caminhamento via GPS e, após os trabalhos, calculado em ambiente de SIG e inserido neste relatório. Vale ressaltar que são zonas de proteção, devendo ser referendados pelo IPAAM. Desse modo, foi descartada para avaliação a parte do terreno inserida no interior dessa zona.

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, 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, silteoso, argilo-silteoso, silto-argiloso ou argilo-arenoso, o que dificulta a infiltração dos contaminantes. O nível freático também deve estar 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 o período de maior precipitação pluviométrica na região.

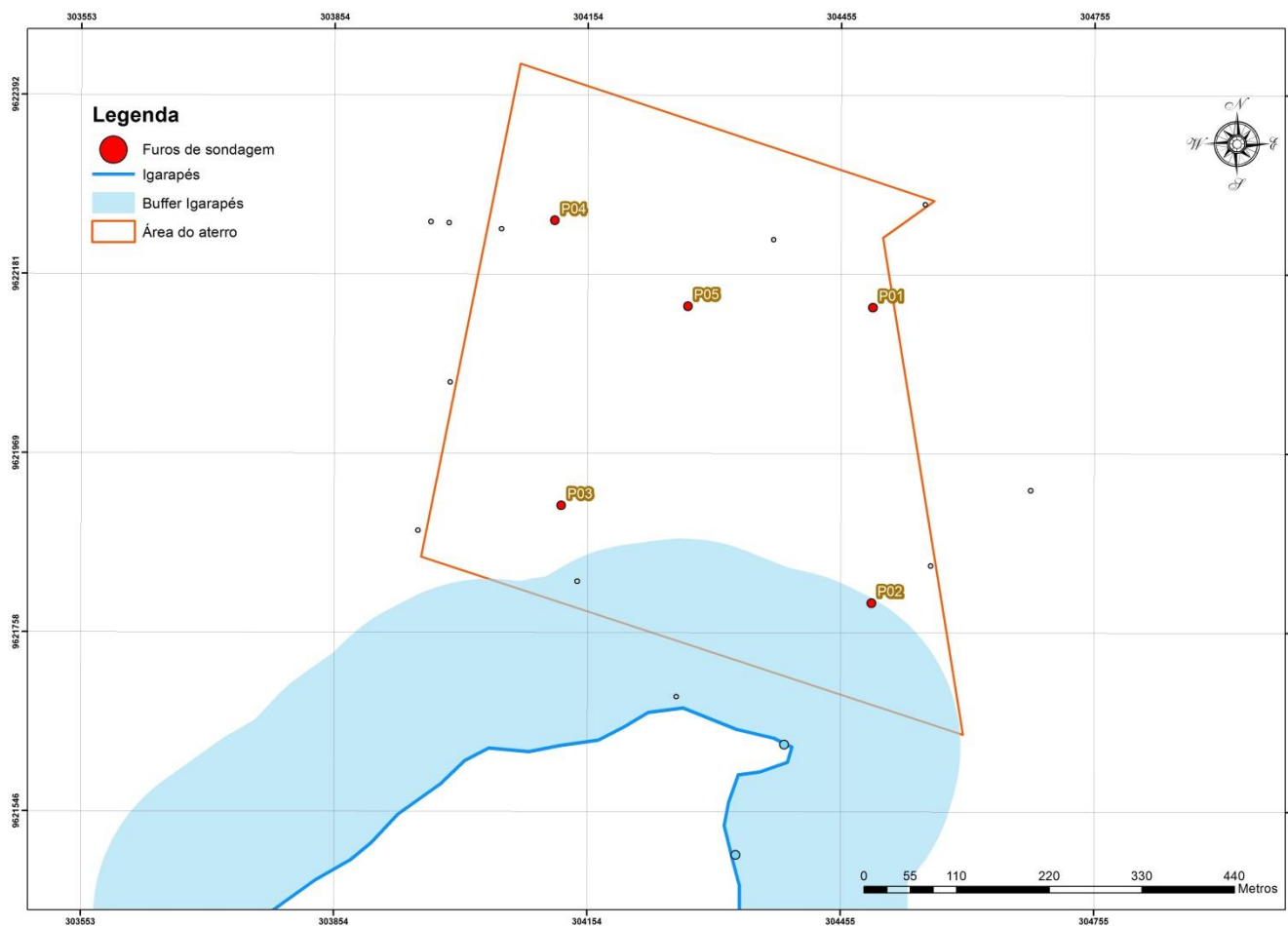


Figura 4: Mapa de detalhe da região de estudo com a situação da área total selecionada pela prefeitura (33,4 ha) com vistas à implantação do aterro sanitário de Tefé, com a localização dos furos de trado realizados e da drenagem existente no entorno. Os outros pontos são pontos de controle efetuados pela campanha.

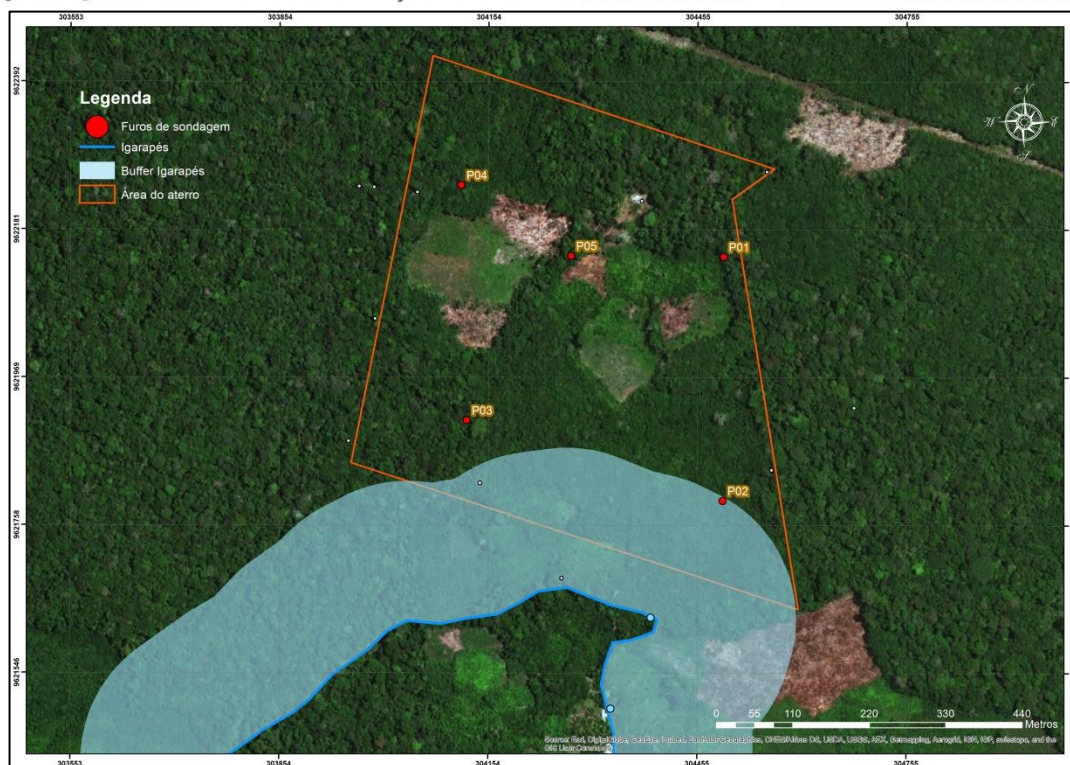


Figura 5: Imagem de satélite de alta resolução com a situação da área total avaliada (retângulo laranja), com a localização dos furos de trado realizados (pontos vermelhos). A área azul semitransparente caracteriza um buffer de 200 metros de distância da drenagem ao redor; deve-se evitar essa área segundo legislação ambiental.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Foram feitas cinco perfurações a trado na área selecionada de 33,4 ha, cujas profundidades variaram de 5,9 a 8,0m, atingindo o nível d'água em todos eles, em cotas que variam de 2,2 a 7,1 metros (**Figuras 4 e 5 e Tabela 2**).

O desenvolvimento das perfurações foi acompanhado pelo geólogo responsável, com descrição detalhada do perfil de solo atravessado e seleção de amostras para ensaios 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.

Tabela 2: Características das sondagens executadas na área selecionada para Tefé.

Furo	Coordenadas UTM (Zona 20S)	Cota Aprox. (m)	Profund. Final (m)	Cobertura Vegetal
TEF-01	9622142 N 304492 E	62	5,9	Floresta Nativa
TEF-02	9621793 N 304491 E	61	8,0	Floresta Nativa
TEF-03	9621908 N 304123 E	61	6,2	Floresta Nativa
TEF-04	9622245 N 304115 E	59	8,0	Floresta Nativa
TEF-05	9622143 N 304273 E	59	6,3	Capoeira

As observações e os resultados dos ensaios promovidos pela Embrapa definiram os seguintes perfis de solo/subsolo:

FURO TEF-01 (Figuras 8 e 13):

- 0,00 a 0,50m: solo orgânico, marrom-escuro, com raízes;
- 0,50 a 1,60m: o solo começa a amarelar gradativamente, até se tornar laranja. Permanece coeso, homogêneo e moldável por toda essa extensão. Tem granulometria predominantemente argilo-arenosa. Algumas pintas vermelhas aparecem em 1,00m, mas não muda a característica da matriz;
- 1,60 a 2,35m: a coloração do solo muda, assumindo um tom vermelho. O teor de argila aumenta até se tornar um solo silto-argilosa. Em 1,80m, aparece material mosqueado, juntamente com argilas brancas. Um nível de água foi encontrado em 2,20m;
- 2,35 a 4,00m: alguns nódulos de laterita friável são encontrados no início desse intervalo, que se apresenta com granulometria areno-silto-argilosa. Gradualmente, a amostra começa a secar e surge argila branca em 2,80m. Com o aumento da profundidade, nódulos de laterita ficam mais duros e maiores, compostos por material mais fino;
- 4,00 a 4,50m: o solo aqui se torna mais arenoso. Um padrão acamadado de cores surge e, em 4,40m, predomina areia grossa;

- 4,50 a 5,90m: o horizonte se torna muito arenoso, com muito pouco material fino. O padrão de coloração muda, se tornando mais avermelhado. Material amarelo também aparece em profundidade e a umidade aumenta. Outro nível de água foi encontrado em 5,90m e, a partir daí, o trado não conseguiu trazer mais material.

FURO TEF-02 (Figuras 9 e 14):

- 0,00 a 0,80m: solo orgânico silto-arenoso, marrom-escuro, com raízes;
- 0,80 a 3,00m: solo argiloso amarelo, com boa coesão. Segundo análise granulométrica, é areno-argiloso. O teor de areia parece aumentar gradativamente com a profundidade;
- 3,00 a 4,20m: o horizonte aqui se apresenta muito arenoso, com pouco material fino. Começa a aparecer um material branco incipiente, que se torna dominante em 3,40m. A umidade também aumenta muito. Em 3,80m, aparecem nódulos roxos;
- 4,20 a 5,25m: o solo se apresenta mais seco e o teor de finos volta a aumentar. A cor do material é predominantemente branca, com pintas de laterita friáveis argilosas. Em 4,50m, o material vermelho aumenta muito, juntamente com a umidade, mas a granulometria se mantém;

- 5,25 a 6,50m: aparece material amarelo, moldável e muito úmido.

Um nível de água foi encontrado em 5,60m. A granulometria do intervalo é predominantemente areno-siltosa;

- 6,50 a 8,00m: aumenta o teor de material vermelho, permanecendo a granulometria areno-siltosa. A umidade também aumenta até o solo ficar bem molhado. O furo foi interrompido.

FURO TEF-03 (Figuras 10 e 15):

- 0,00 a 0,50m: solo orgânico, marrom-escuro, com raízes;
- 0,50 a 1,00m: solo areno-argiloso amarelo alaranjado, com nódulos de laterita friáveis em 0,90m;
- 1,00 a 2,50m: solo areno-argiloso. O material vermelho aumenta, juntamente com um material branco que surge no início. A coesão é boa. A umidade aumenta no final do intervalo citado e o material branco também. Nível de água encontrado em 2,25m;
- 2,50 a 4,40m: solo areno argiloso, com um pouco mais de argila do que o intervalo anterior. Nódulos vermelhos aumentam gradativamente de quantidade numa matriz de material branco. A coesão é muito boa, fazendo o material sair com o formato do trado. Em 4,10m, o teor de areia parece voltar a aumentar. A umidade também aumenta;

- 4,40 a 5,50m: aparece material amarelo, arenoso, que predomina na matriz. A coesão é boa. A granulometria desse intervalo pode ser descrita como areno-siltosa;
- 5,50 a 6,20m: volta a aparecer o material vermelho, aumentando irrisoriamente o teor de finos, mas ainda assim sendo descrito como areno-siltoso. Em 6,20m, o trado não consegue trazer mais material, sendo o furo interrompido.

FURO TEF-04 (Figuras 11 e 16):

- 0,00 a 0,60m: solo orgânico marrom-escuro, com raízes e bichos;
- 0,60 a 1,50m: solo argilo-arenoso amarelo/laranja sem nódulos de laterita. A coesão é boa e a penetração é fácil. A partir de 1,00m, o material se torna mais quebradiço;
- 1,50 a 4,30m: o material se torna areno-argiloso, com o teor de argila caindo gradativamente até o final do intervalo. Aparece material branco incipiente, que também vai aumentado em teor gradativamente, deixando o solo rosado;
- 4,30 a 4,90m: já se pode dizer que o solo é branco. A granulometria é areno-siltosa, predominando areia fina;
- 4,90 a 6,00m: a granulometria permanece a mesma que no intervalo anterior, mas o padrão de cores se torna

acamadado. A partir de 5,60m, material amarelo aparece. Em 5,70m, aparece o material vermelho que tinge a mão;

- 6,00 a 7,70m: material vermelho aumenta, juntamente com a umidade. A granulometria pode ser dita como areno-siltosa, com menos argilas que nos intervalos anteriores. Nível de água em 7,10m.
- 7,70 a 8,00m: material muito arenosos encontrado, de cor amarela. Furo interrompido devido a dificuldades de manipulação do trado.

FURO TEF-05 (Figuras 12 e 17)

- 0,00 a 0,70m: solo orgânico marrom-escuro, com raízes;
- 0,70 a 1,50m: solo argilo-arenoso amarelo/laranja, com nódulos de laterita aparecendo em 1,20m. As pintas vão aumentando com a profundidade, mas a granulometria se mantém;
- 1,50 a 2,00m: solo argilo-arenoso, com material branco aparecendo em 1,75m. As pintas vermelhas também aumentam em teor;
- 2,00 a 4,00m: o teor de finos diminui, tornando o solo areno-argiloso. O padrão de cores do solo se torna mosqueado gradativamente;

- 4,00 a 6,30m: nível de água encontrado em 4,85m. O teor de material arenoso nesse intervalo é maior que no intervalo anterior. A granulometria aqui é areno-siltosa, mas com teor menos de finos. Também há o aparecimento de padrão acamadado. Em 6,30m, a parede do furo começa a desmoronar e, com isso, o furo foi interrompido.

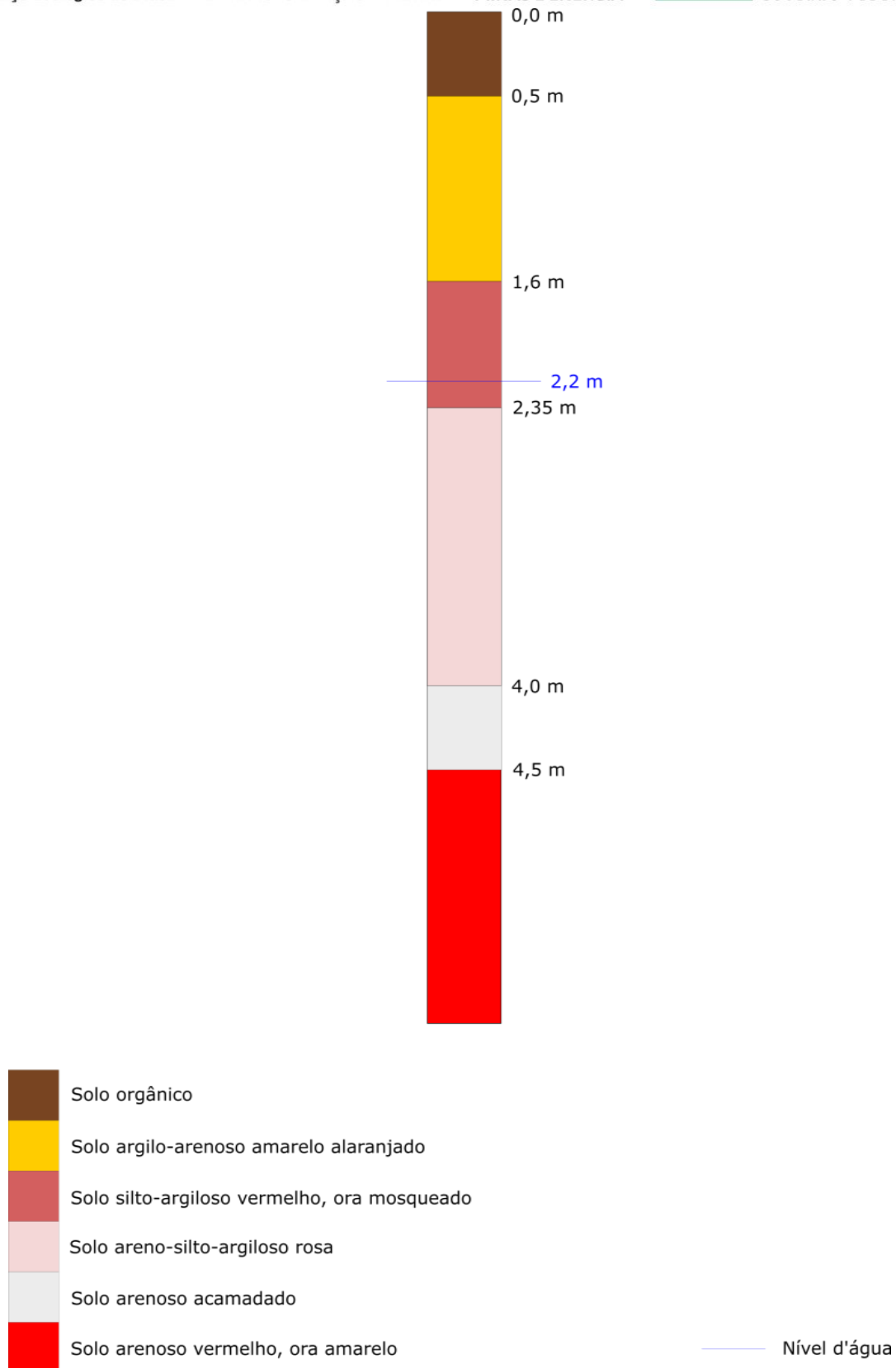


Figura 8: Coluna esquemática do furo TEF-01.

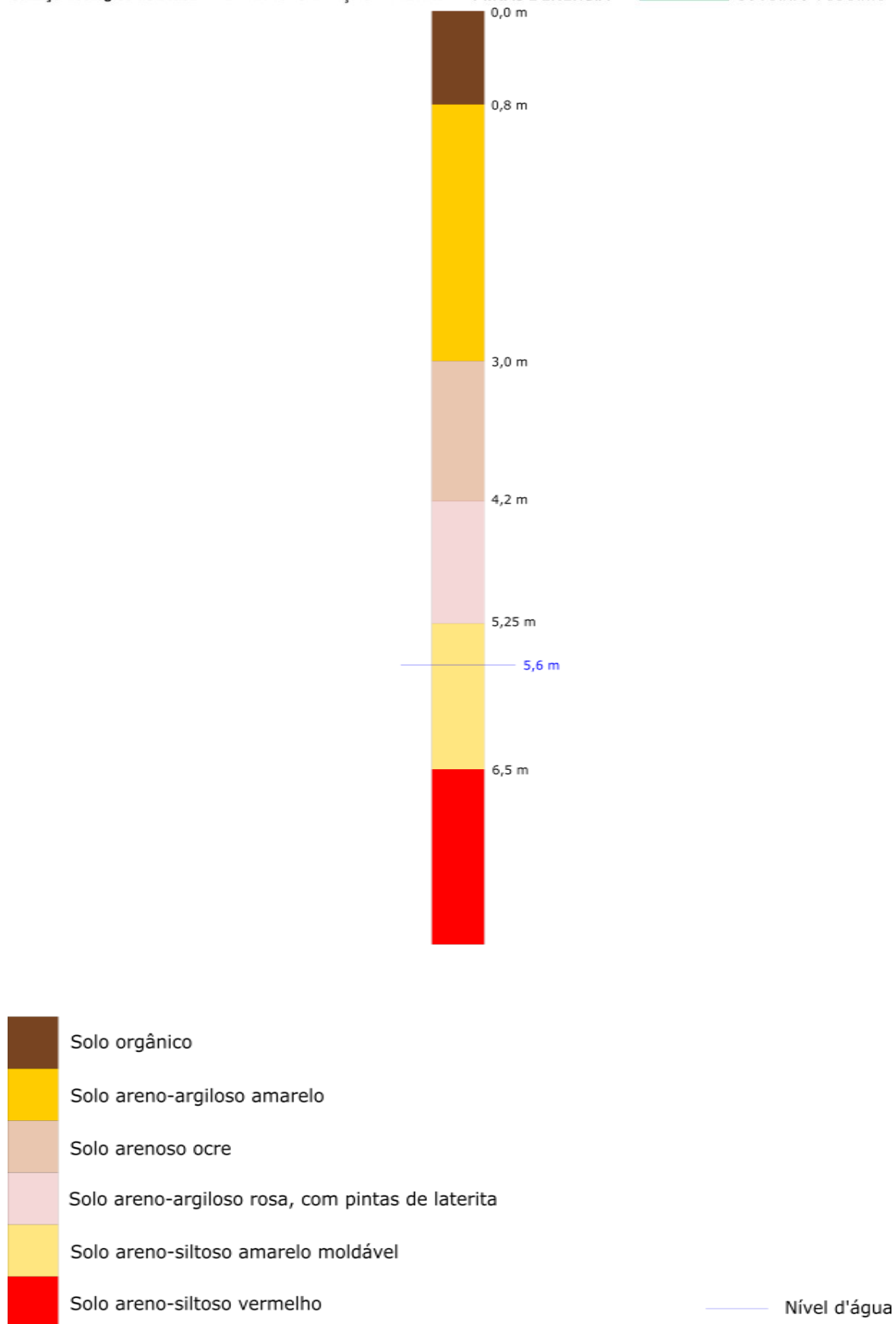


Figura 9: Coluna esquemática do furo TEF-02.

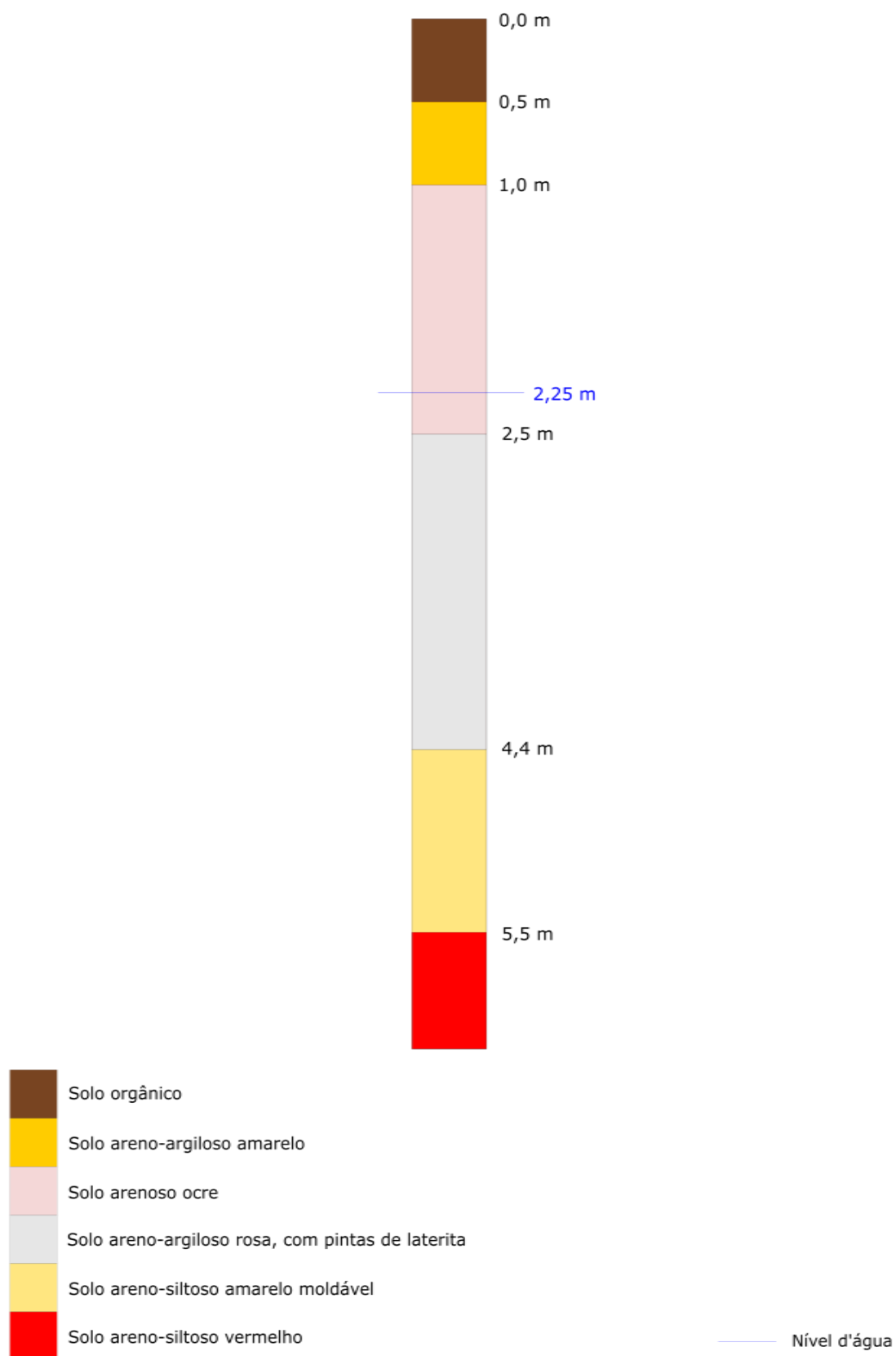


Figura 10: Coluna esquemática do furo TEF-03.

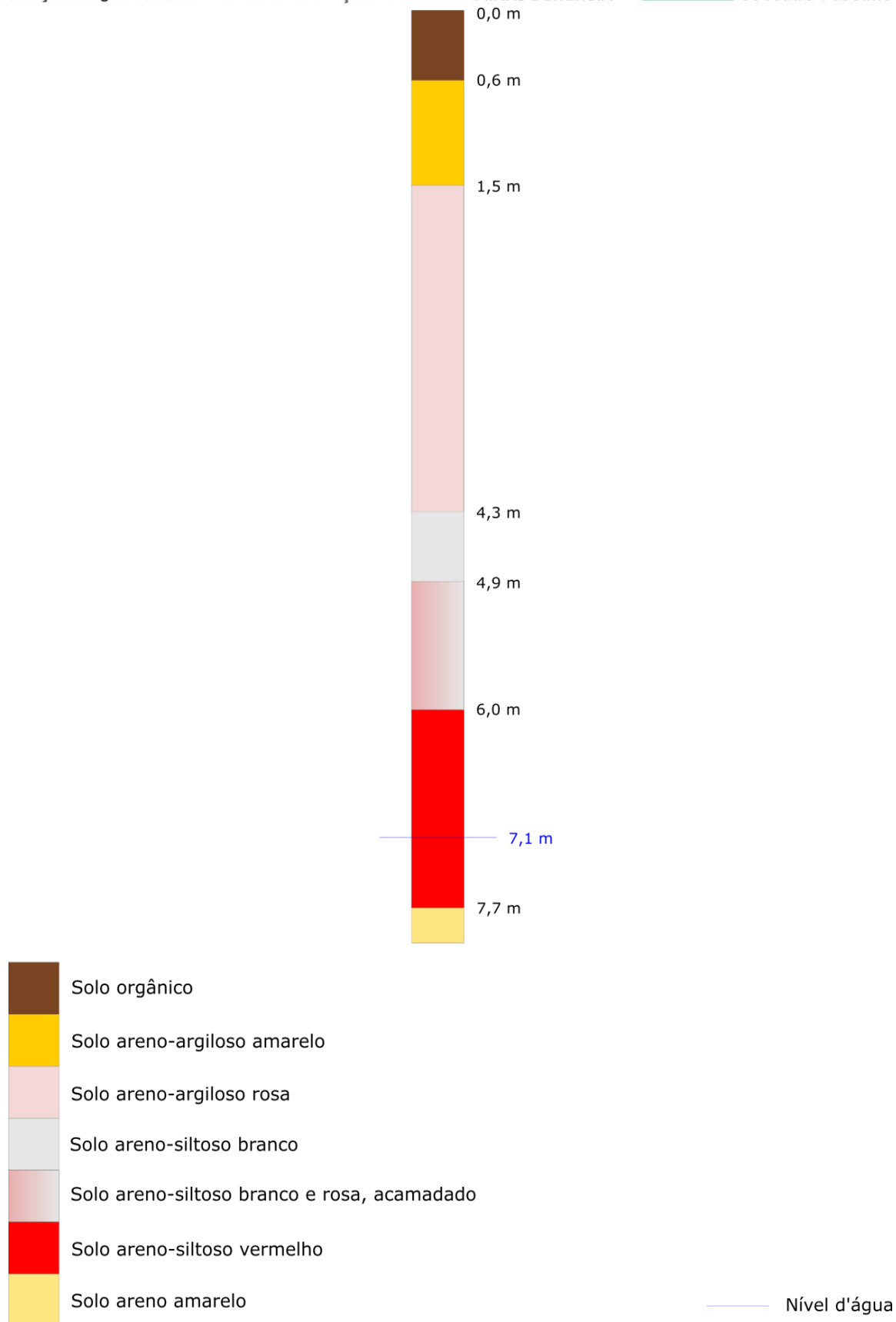


Figura 11: Coluna esquemática do furo TEF-04.

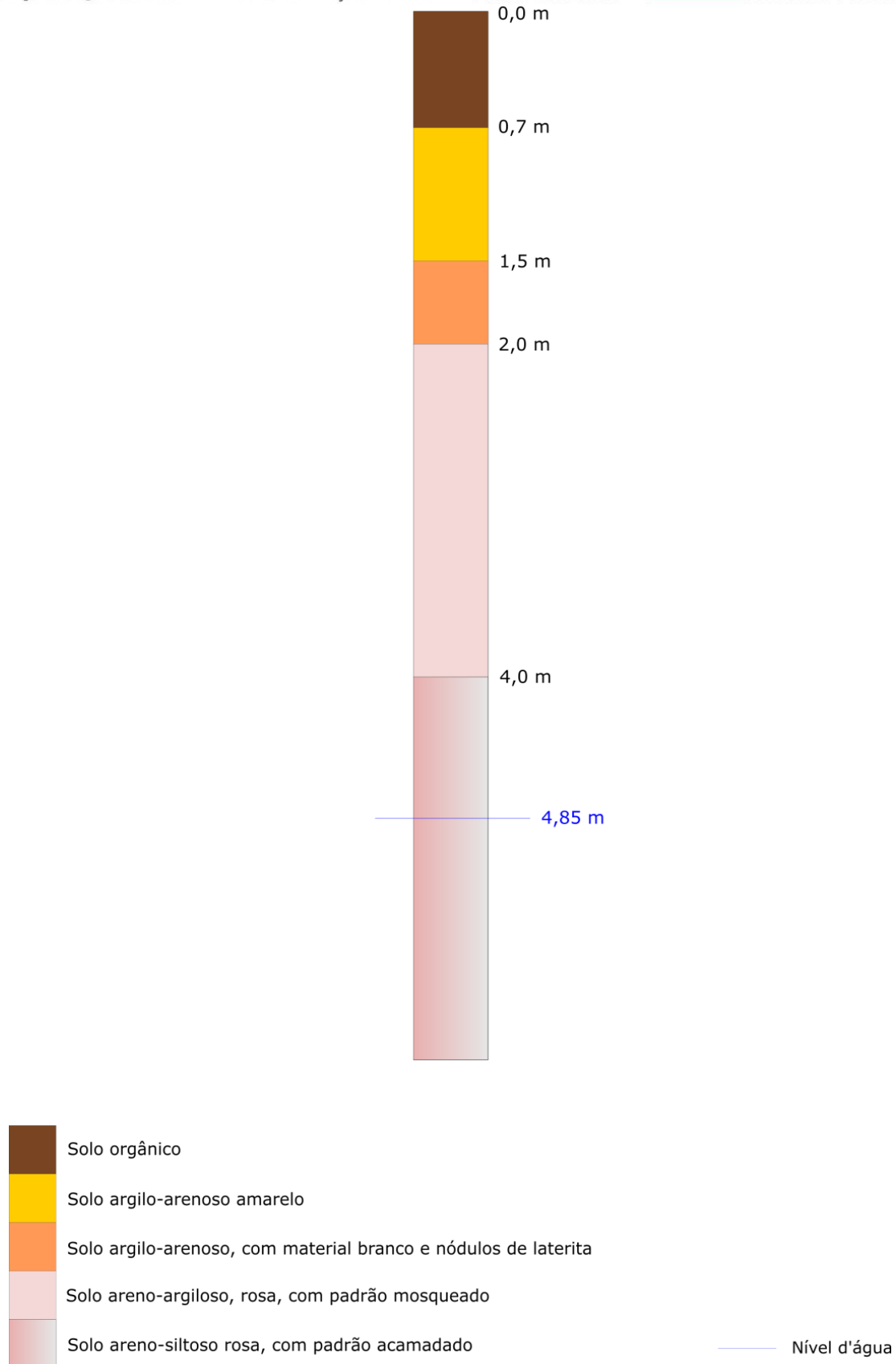


Figura 12: Coluna esquemática do furo TEF-05.



Figura 13: A) Início dos trabalhos no furo TEF-01. B) Material laranja amostrado do intervalo entre 1,00 a 1,50 metros. C) Material vermelho coeso amostrado do intervalo entre 5,00 a 5,50 metros. D) O horizonte acamadado é coeso e pode ser cortado em blocos.



Figura 14: A) Material orgânico não amostrado do intervalo entre 0,00 a 0,50 metros, do furo TEF-02. B) Material laranja amostrado do intervalo entre 3,00 a 3,50 metros. C) Material branco amostrado do intervalo entre 4,00 a 4,50 metros. D) Material vermelho amostrado do intervalo entre 7,00 a 7,50 metros.



Figura 15: A) Material mosqueado amostrado do intervalo entre 2,50 a 3,00 metros, do furo TEF-03. B) O material coeso pode sair no formato da boca do trado. C) Material vermelho amostrado do intervalo entre 5,00 a 5,50 metros. D) O horizonte acamadado é coeso e pode ser cortado em blocos.



Figura 16: A) Material laranja/vermelho amostrado do intervalo entre 1,50 a 2,00 metros, do furo TEF-04. B) Material mosqueado amostrado do intervalo entre 5,00 a 5,50 metros. C) O material acamadado coeso pode ser retirado inteiro. D) Material vermelho amostrado do intervalo entre 7,00 a 7,50 metros.



Figura 17: A) Material laranja/vermelho amostrado do intervalo entre 1,50 a 2,00 metros. B) Material laranja/mosqueado amostrado do intervalo entre 2,50 a 3,00 metros. C) Material vermelho/mosqueado amostrado do intervalo entre 5,00 a 5,50 metros. D) Disposição das amostras do trado na lona para coleta e análise.

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

- horizonte orgânico, areno-argiloso, marrom escuro, com acumulação de raízes e folhas; este horizonte não foi apreciado em estudo devido a sua pequena espessura e ao fato de que será extraído para a construção do empreendimento;
- solo argilo arenoso (30-41% de argila e 34-41% de areia, com silte entre 18-29%), amarelo alaranjado, com espessuras de 0,50 a 2,20 metros, extremamente homogêneo. Não ocorre nenhuma variação local e são bastante coesos, com permeabilidade limitada. Gradam lentamente para o tipo de solo abaixo;
- solo areno argiloso vermelho (29-69% de areia e 16-42% de argila, com silte entre 12-36%), com pintas esporádicas e material branco aparecendo gradativamente em profundidade. A espessura desse horizonte varia entre 0,50 a 2,80 metros. Nos furos TEF01 e TEF05 a granulometria é invertida para um padrão argilo-arenoso, mas os padrões de cores e manchas permanecem os mesmos. No fundo dos furos, o material branco domina e torna a unidade mais arenosa;
- solo areno-argiloso mosqueado/branco (37-60% de areia e 25-35% de argila, com 18-31% de silte), com nódulos de laterita

friáveis e compostos de material fino. A laterita pode tingir o material no entorno, deixando o solo mais vermelho em alguns pontos. A espessura desse horizonte varia de 1,70 a 2,65 metros;

- solo francamente arenoso vermelho e/ou amarelo, com algum teor de silte e argila (50-64% de areia e 17-39% de silte, com 8-22% de argila). Nódulos de laterita não são encontrados nesse horizonte. A coesão não é boa, desmoronando a parede dos furos TEF01, TEF03 e TEF05. Esse horizonte se encontra abaixo do lençol freático. A espessura desse horizonte não pôde ser definida, pois não se chegou ao seu final.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Pelo exposto nos itens anteriores, os estudos realizados definiram duas áreas, com aproximadamente 9,68 hectares (somadas, dentro do terreno proposto) que possui **aptidão técnica regular** para servir como local de implantação do aterro sanitário de Tefé. Essas áreas se distribuem no extremo noroeste (melhor área) e extremo sudeste, regiões mais altas do terreno. Nas regiões mais baixas, o lençol freático se encontra mais raso. Se operar de maneira correta, deverá ter vida útil de 15 anos.

Os resultados das investigações de campo e das perfurações executadas revelaram **um fator técnico positivo e dois negativos** no que diz respeito à aptidão dessa área em dar suporte ao aterro sanitário:

- o fator positivo é a textura argilo-arenosa dos primeiros horizontes de solo (com boa coesão), com predomínio de uma ou outra fração granulométrica na área investigada (depende do ponto). Esse solo deverá constituir um substrato pouco permeável que funcionará como selante ou filtro da base do aterro, dificultando a infiltração e dispersão dos contaminantes aí gerados (chorume, metais pesados, etc);

- o primeiro fator negativo é o fato de o terreno apresentar o nível das águas subterrâneas (NA) raso, em torno de 2,20 a 4,85 metros de profundidade nas áreas mais baixas, e 5,60 a 7,10 metros nas áreas mais altas. Vale ressaltar que a área foi visitada no período

menos chuvoso (Agosto, segundo o climatedata.org). Dados coletados no site do porto de Manaus sugerem que, nesta data, uma das cotas mais altas para o Rio Negro durante o ano de 2018 foi atingida, perdendo apenas para os meses de Junho e Julho. Nos pontos TEF01 e TEF03, onde este NA está mais raso, obedecendo às normas escritas neste relatório, haverá uma camada de solo insaturado de 1,70 e 1,75m de espessura entre a base do aterro e o NA, considerada fina demais para este propósito. No ponto TEF05, a espessura dessa camada salta para 4,15 metros, um valor mais considerável. Nos pontos TEF02 e TEF04, essa espessura atinge 4,80 e 6,50 metros respectivamente, uma espessura considera mais adequada;

- o segundo fator negativo é a presença de material grosseiro (areias finas e grossas), detectados em diferentes teores em todos os horizontes de solo distribuídos na área, o que pode aumentar a permeabilidade dos efluentes. Esse material se torna dominante em horizontes mais profundos, o que limita ainda mais a profundidade das valas a serem feitas no terreno, aumentando a área superficial demandada para implantação de um aterro que dure 15 anos.

Portanto, levando-se em conta as sérias dificuldades naturais e fundiárias que os gestores de Tefé têm para encontrar um local ideal para implantação do aterro sanitário municipal, a área avaliada poderia ser utilizada para esse fim, porém com uma importante ressalva técnica, relatada a seguir.

No projeto de concepção e 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, 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 Tefé deverá ser construído e operado conforme as normas de engenharia preconizadas para um aterro sanitário e não como uma lixeira.

Por último, tendo-se em vista a configuração do perfil superior do solo na área, recomenda-se que as valas do aterro tenham no máximo 1,00m de profundidade, desde que instaladas nas zonas com lençol freático mais profundo.

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

LAUDOS 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: CPRM

Data de Entrada: 24/07/2019

Endereço: Não Informado

Data de Saída: 14/08/2019

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)					
499	0,5-1,5 TEF 01	71,31	275,09	346,40	279,11	374,50	Franco Argiloso
500	1,5-2,0	25,85	150,80	176,65	357,86	465,50	Argila
501	2,0-3,0	44,31	254,24	298,55	341,95	359,50	Franco Argiloso
502	3,0-4,0	65,35	306,41	371,76	318,74	309,50	Franco Argiloso
503	4,0-4,5	364,54	143,12	507,66	239,35	253,00	Franco Argilo Arenoso
504	4,5-5,0	516,19	117,47	633,66	169,34	197,00	Franco Argilo Arenoso
505	5,0-5,9	475,73	168,99	644,72	187,28	168,00	Franco Arenoso
506	0,5-1,0 TEF 02	61,87	356,68	418,55	213,96	367,50	Franco Argiloso
507	1,5-2,5	66,73	374,97	441,70	214,80	343,50	Franco Argiloso
508	2,5-3,0	113,05	412,77	525,82	188,69	285,50	Franco Argilo Arenoso
509	3,0-3,5	247,78	449,98	697,76	128,74	173,50	Franco Arenoso
510	3,5-4,0	97,72	519,48	617,20	218,81	164,00	Franco Arenoso
511	4,0-4,5	61,61	306,78	368,39	314,11	317,50	Franco Argiloso
512	4,5-5,0	43,88	404,01	447,89	252,61	299,50	Franco Argilo Arenoso
513	5,5-6,5	5,61	512,39	518,00	325,51	156,50	Franco Arenoso
514	4,0-8,0	2,18	523,82	526,00	392,00	82,00	Franco Arenoso
515	0,5-1,0 TEF 03	33,30	363,20	396,49	296,51	307,00	Franco Argiloso
516	1,0-1,5	41,50	427,00	468,50	267,51	264,00	Franco Argilo Arenoso
517	1,5-2,0	57,53	455,17	512,69	240,81	246,50	Franco Argilo Arenoso
518	2,5-3,5	125,66	300,82	426,48	233,52	340,00	Franco Argiloso
519	3,5-4,5	17,46	386,54	404,00	240,50	355,50	Franco Argiloso
520	5,0-5,5	82,44	430,29	512,73	293,27	194,00	Franca
521	5,5-6,0	39,16	465,30	504,47	281,04	214,50	Franco Argilo Arenoso

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).



Maria do Rosário Lobato Rodrigues
 LASP/Embrapa Amazônia Ocidental



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

Remetente: CPRM

Data de Entrada: 24/07/2019

Endereço: Não Informado

Data de Saída: 15/08/2019

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)					
522	1,0-1,5 TEF 04	166,69	228,66	395,35	188,66	416,00	Argila
523	1,5-2,5	270,61	188,28	458,89	182,12	359,00	Argilo Arenoso
524	2,5-3,5	338,35	225,14	563,49	187,02	249,50	Franco Argilo Arenoso
525	3,5-4,5	275,26	329,27	604,53	187,48	208,00	Franco Argilo Arenoso
526	5,0-5,5	86,25	371,27	457,52	279,99	262,50	Franco Argilo Arenoso
527	5,5-6,0	21,55	442,16	463,71	298,80	237,50	Franca
528	6,0-7,0	14,92	494,93	509,85	301,15	189,00	Franca
529	7,0-8,0	43,23	385,32	428,55	357,95	213,50	Franca
530	1,0-1,5 TEF 05	37,60	314,18	351,77	276,23	372,00	Franco Argiloso
531	1,5-2,0	20,97	269,77	290,73	287,27	422,00	Argila
532	2,0-3,0	28,42	393,29	421,71	257,29	321,00	Franco Argiloso
533	3,0-4,0	161,99	314,25	476,24	253,26	270,50	Franco Argilo Arenoso
534	4,0-5,0	209,89	340,05	549,93	226,57	223,50	Franco Argilo Arenoso
535	5,0-6,0	326,70	239,25	565,95	236,56	197,50	Franco Argilo Arenoso

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).



Maria do Rosário Lobato Rodrigues
 LASP/Embrapa Amazônia Ocidental