

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



 **CPRM**  
Serviço Geológico do Brasil

Secretaria de Geologia,  
Mineração e Transformação Mineral

Ministério de  
Minas e Energia

Março/2018

**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 José Luiz Marmos**  
**Sondador Valdemilton Gusmão**

## 1 ANTECEDENTES

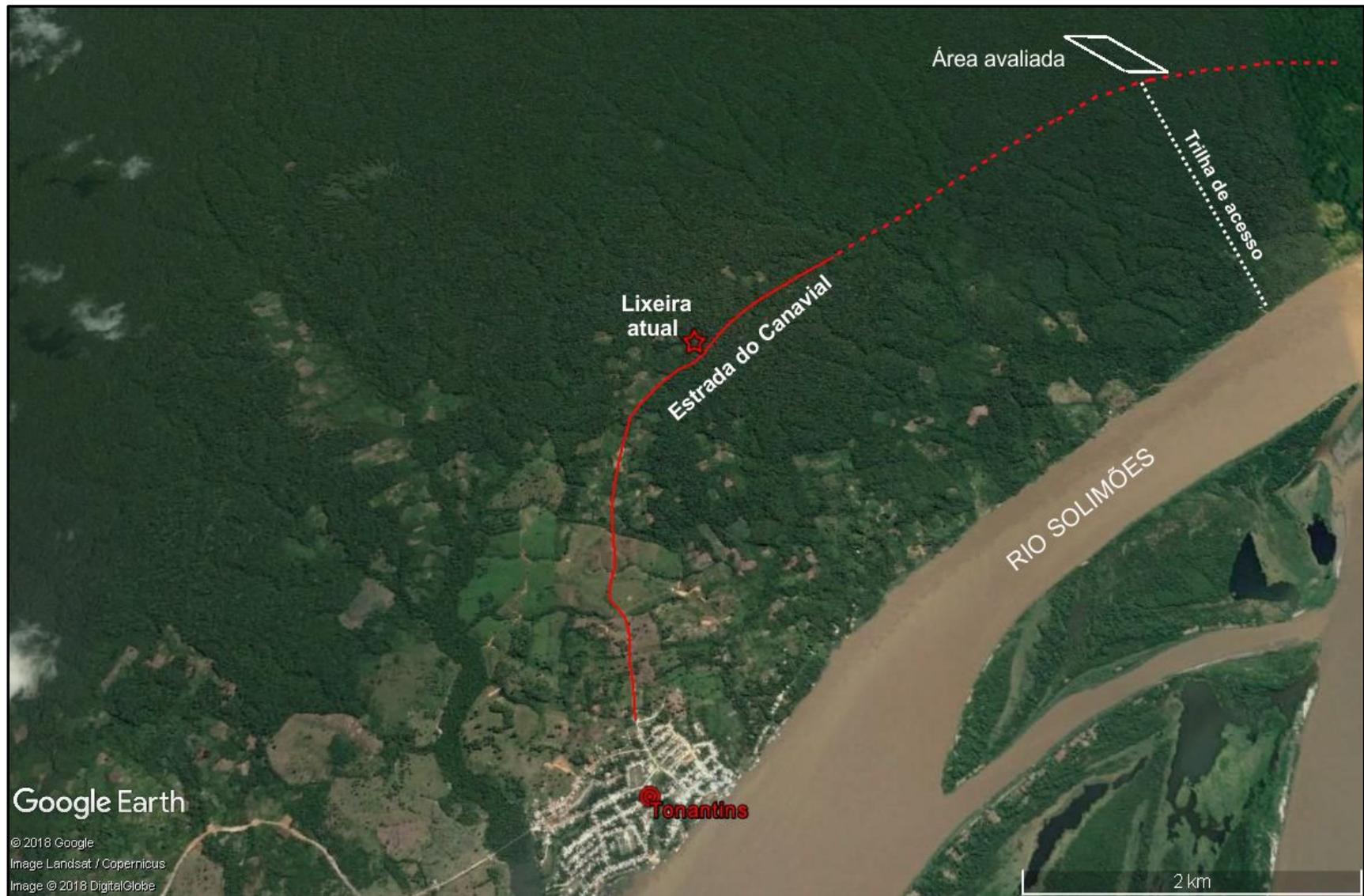
Os resíduos sólidos coletados na zona urbana de Tonantins vêm sendo depositados a cerca de três anos, sem nenhum tipo de segregação ou tratamento, na lixeira municipal localizada às margens da Estrada do Canavial, a três quilômetros do centro da cidade. O local é caracterizado como uma lixeira a céu-aberto, já que os resíduos são simplesmente despejados aí, sem receberem qualquer cobertura de argila, o que facilita a proliferação de vetores de inúmeras doenças (**Figuras 1 e 2**).

O terreno ocupado pela lixeira, sem nenhuma cerca de proteção, tem superfície aproximada de 3 hectares e bem próximo aos seus limites há uma drenagem denominada igarapé do Josenildo. A coleta e disposição final do lixo nesse local estão sob a responsabilidade de uma empresa privada contratada pela Prefeitura (Osvaldo O. Araújo ME), sendo que a coleta é diária na época seca e intermitente na época chuvosa, pois a estrada de acesso à lixeira, não pavimentada, se torna intrafegável para as caçambas logo após chuvas intensas. Numa visita ao local, durante a realização deste estudo, foi observada a presença de chorume escorrendo em direção ao ramal que ladeia a lixeira (**Figura 2**).

Seja nos aspectos técnicos, legais ou operacionais, a lixeira de Tonantins encontra-se numa situação inadequada, causando transtornos ao meio ambiente em seu entorno, principalmente pelo alto risco de contaminação dos recursos hídricos. Nesse sentido, a atual administração municipal, levando em conta a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/10 e Decreto Federal 7404/10), se conscientizou da necessidade da construção de um aterro sanitário, que atenda às normas técnicas e à legislação vigente, de modo a minimizar os riscos ambientais e preservar a saúde da população vizinha.

Em busca de solução que culmine com o encerramento das atividades da lixeira atual, os gestores de Tonantins 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 é adjacente à trilha aberta para manutenção das linhas de eletrificação rural (Programa Luz para Todos) e cujo traçado coincide com o projeto de continuidade da estrada do Canavial, que foi aberta somente até o igarapé Jenipatuba (**Figura 1**).

Com vistas à elaboração de projeto e posterior implantação do aterro, a Secretaria Municipal de Turismo e Meio Ambiente de Tonantins, por meio do Ofício no. 015/2017, solicitou apoio à CPRM para avaliar a aptidão técnica da área selecionada em dar suporte a tal tipo de empreendimento no que diz respeito aos atributos geológicos, geomorfológicos e hidrológicos. Com esse objetivo, o geólogo José Luiz Marmos 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 16 a 20 de janeiro de 2018.



**Figura 1:** Imagem de satélite de alta resolução da cidade de Tonantins e entorno com a localização da lixeira atual e da área avaliada neste estudo.



**Figura 2:** Aspectos da atual lixeira municipal de Tonantins, na Estrada do Canavial, com destaque para o lixo a céu-aberto e, na última foto, o vazamento de chorume em direção à estrada.

## 2. CÁLCULO DA ÁREA NECESSÁRIA PARA IMPLANTAÇÃO DO ATERRO

Segundo informações da empresa Osvaldo O. Araújo ME, a quantidade média coletada de resíduos sólidos diariamente na cidade de Tonantins e depositada no atual lixeira é estimada em 36 m<sup>3</sup> (seis viagens da caçamba com capacidade de 6m<sup>3</sup>). Considerando a densidade média do lixo urbano solto como de 230kg/m<sup>3</sup> (<http://connepi.ifal.edu.br/ocs/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/viewFile/167/157>), pode-se estimar que são coletadas, em média, cerca de 8 toneladas diárias de resíduos sólidos na zona urbana de Tonantins. 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 Tonantins (8.899 habitantes, de acordo com o censo do IBGE 2010) e a taxa média de crescimento anual dessa população (calculada em 1,4% 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 Tonantins (população estimada de 9.946 habitantes em 2018) 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 **48.093** toneladas a quantidade total de resíduos sólidos que seria coletada em Tonantins ao longo dos próximos 15 anos (Tabela 1).

Ano	População Estimada	Total de lixo por dia*	Total de lixo por ano*
2018	9.946	7957	2.904
2019	10.085	8068	2.945
2020	10.226	8181	2.986
2021	10.369	8295	3.028
2022	10.515	8412	3.070
2023	10.662	8530	3.113
2024	10.811	8649	3.157
2025	10.963	8770	3.201
2026	11.116	8893	3.246
2027	11.272	9018	3.291
2028	11.430	9144	3.338
2029	11.590	9272	3.384
2030	11.752	9402	3.432
2031	11.917	9534	3.480
2032	12.048	9638	3.518
<b>Total de lixo recolhido em 15 anos</b>			<b>48.093</b>

\* em toneladas

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

$$48.093 \text{ ton} / 0,75 \text{ ton/m}^3 = 64.124 \text{ m}^3$$

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:

$$64.124 \text{ m}^3 / 2 = 32.062 \text{ m}^3$$

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

$$64.124 \text{ m}^3 + 32.062 \text{ m}^3 = 96.186 \text{ m}^3$$

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 ( $\text{m}^2$ )	Área necessária (ha)
1,0	96.186	9,6
2,0	48.093	4,8
3,0	32.062	3,2
4,0	24.046	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 Tonantins, 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:

$$4,8 \text{ ha} + 4,8 \times 0,2 = \mathbf{5,76 \text{ ha}}$$

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 Tonantins, 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, cuja propriedade pertence à Prefeitura Municipal de Tonantins, fica localizada às margens de um trecho projetado para a continuidade da Estrada do Canavial e que, atualmente, corresponde a uma trilha aberta para manutenção das adjacentes linhas de eletrificação rural, trilha essa que, devido ao reduzido fluxo de pessoas, encontra-se coberta por vegetação secundária que dificulta os deslocamentos. Desse modo, para a realização deste estudo, o acesso final ao local foi feito a pé, a partir de uma trilha aberta por madeireiros, que se inicia no rio Solimões e tem cerca de 2,5 km de extensão. A área tem 14 hectares, situa-se a 7 km em linha reta do centro urbano e não apresenta nenhuma comunidade no entorno (**Figura 1**).

Fica no divisor de águas de dois igarapés sem nome, afluentes do rio Solimões, um situado a norte-nordeste da área, de maior extensão (mais de 15km), e outro a sul, com pouco mais de 2km de extensão (**Figura 3**). A porção norte da área é cortada por três pequenos cursos d'água que fluem para este-nordeste e que correspondem às cabeceiras de tributário da margem direita do igarapé maior citado; já fora da área, mas próximo ao seu extremo sudeste, observa-se a presença de um dos braços do outro igarapé, que flui para sul (**Figuras 3, 4 e 5**)

Trata-se de terreno com topografia plana, com cota altimétrica em torno de 95-100 metros, assentado sobre solos derivados, de acordo com o mapa geológico da região, dos sedimentos arenosos pleistocênicos da Formação Içá. No entanto, o que foi observado durante as sondagens é que no horizonte superior do solo (até cerca de 4 metros de profundidade) a soma das frações granulométricas mais finas (argila + silte) supera a fração arenosa e, portanto, esse horizonte é derivado de sedimentos finos, talvez depositados em ambiente de planícies e terraços fluviais que poderiam ter se instalado, em tempos mais recentes, sobre os arenitos da Formação Içá. Esse caráter argilo-siltoso a silto-argiloso do horizonte superficial do solo, com baixa permeabilidade, aliado à topografia plana, faz com que os terrenos se tornem alagadiços nos períodos chuvosos, como se observou durante os trabalhos de campo. A cobertura vegetal da área é representada por floresta nativa, com esparsas clareiras resultantes da extração de espécies madeireiras (**Figura 5**).

Como já mencionado, existem três cursos d'água de pequeno porte na porção norte da área e outro próximo ao extremo sudeste. 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 picadas abertas na área florestada, o que permitiu a identificação das drenagens citadas, não visíveis nas imagens de satélites devido suas reduzidas dimensões, e da topografia local (**Figuras 3 e 4**).

Essas informações foram plotadas no mapa-base, com auxílio de aparelho GPS, e serviram para definir a área útil a ser sondada. Devido ao pequeno porte das drenagens

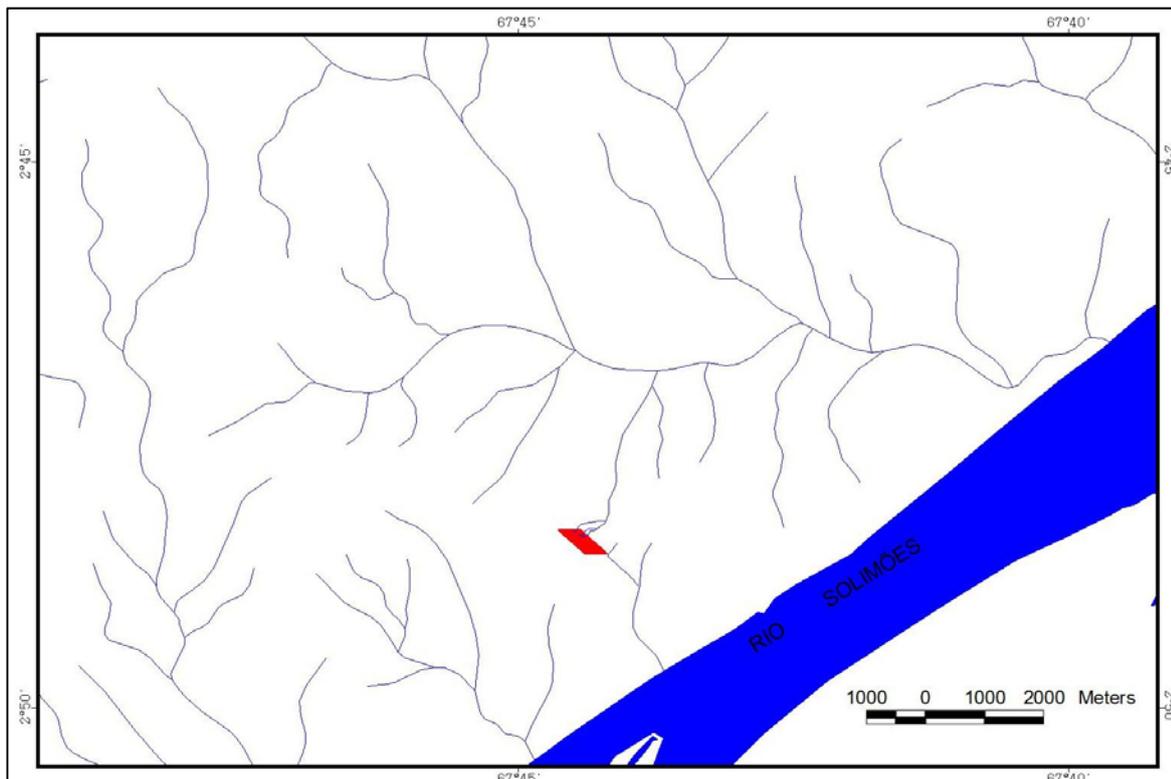
presentes no interior e no limite da área, com apenas 2 a 3m de largura, e à quase impossibilidade de se encontrar na região de interesse um terreno com características topográficas ideais, optou-se pela criação de “buffers” (zonas de proteção) de 150m no entorno dessas drenagens, o que, como citado acima, deverá ser referendado pelo IPAAM.

Desse modo, foi descartada para avaliação a maior parte do terreno, representada pelas porções inseridas no interior dessas zonas de proteção e foi realizado também um deslocamento parcial da área para oeste/sudoeste, conforme se observa na **Figura 4**, de modo a constituir uma figura irregular com cerca de 8 hectares. Assim, os estudos de detalhe se concentraram nessa área de 8 ha, também dominada por floresta primária (**Figura 5**).

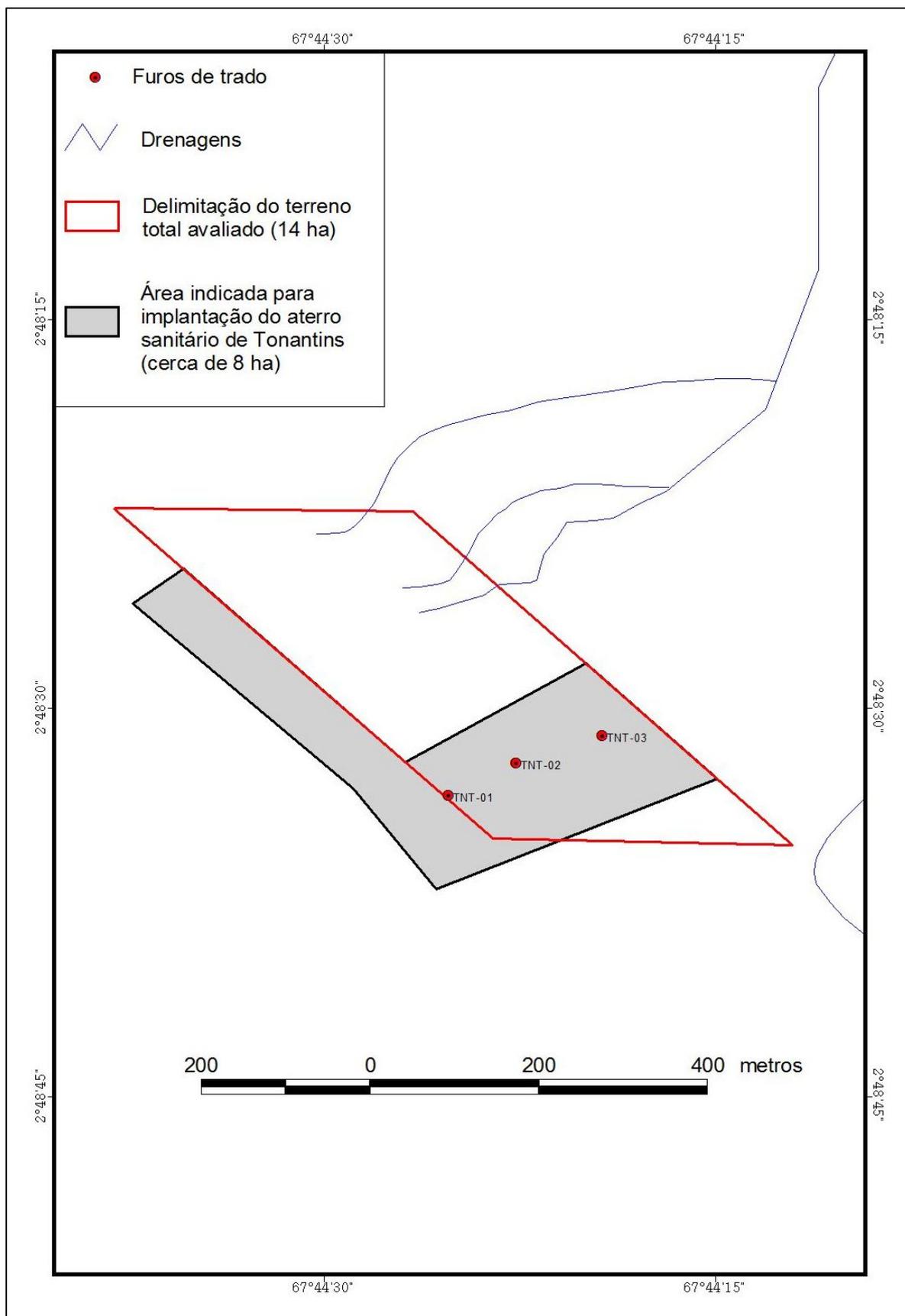
Na sequência, com vistas a atender à legislação pertinente (normas técnicas da ABNT) e à obtenção de subsídios para elaboração de um laudo técnico mais conciso, foi programada uma campanha de perfurações na área selecionada de 8 ha, com auxílio de trado manual. Neste caso, os principais objetivos das sondagens a trado foram:

- avaliação visual e coleta de amostras do solo e subsolo para ensaios granulométricos;
- definição da profundidade do nível local da água subterrânea (NA ou nível freático).

Lembra-se que, do ponto de vista geológico-ambiental, para dar suporte a um aterro sanitário é fortemente recomendado que o terreno apresente subsolo argiloso a argilo-arenoso, o que dificulta a infiltração dos contaminantes, e o nível freático afastado da superfície. Segundo as normas supracitadas, entre a superfície inferior do aterro e o mais alto nível do lençol freático deve haver uma camada de espessura mínima de 1,5m de solo insaturado, sendo que o nível deve ser medido logo após a época de maior precipitação pluviométrica na região.



**Figura 3:** Situação da área avaliada (em vermelho) em relação aos igarapés mais próximos a ela.



**Figura 4:** Mapa de detalhe da região de estudo com a situação da área total avaliada (14 ha) e da área selecionada (8 ha) para implantação do aterro sanitário de Tonantins com a localização dos furos de trado realizados e das drenagens existentes no interior e no entorno.



**Figura 5:** Imagem de satélite de alta resolução (Google Earth) com a situação da área total avaliada (em branco, 14 ha) e da área resultante do detalhamento (em vermelho, 8 ha), com a localização dos furos de trado realizados. Os pontos V1 a V7 são os vértices da área indicada para o aterro, cujas coordenadas são informadas no próximo item.

#### 4. RESULTADOS OBTIDOS

Foram feitas três perfurações a trado na área selecionada de 8 ha, cujas profundidades variaram de 7,1 a 7,5m, sendo que todas atingiram o nível das águas subterrâneas (NA), encontrado entre 5,8 e 6,2m (**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.

<b>Furo</b>	<b>Coordenadas UTM (Zona 19S)</b>	<b>Cota Aprox. (m)</b>	<b>Profund. Final (m)</b>	<b>NA (m)</b>	<b>Cobertura Vegetal</b>
TNT-01	9689411 N 640012 E	98	7,1	6,1	Floresta Nativa
TNT-02	9689450 N 640093 E	97	7,2	6,2	Floresta Nativa
TNT-03	9689482 N 640195 E	97	7,5	5,8	Floresta Nativa

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

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

##### **FURO TNT-01 (Figura 6):**

- 0,00 a 0,30m: solo orgânico areno-argiloso, cinza-escuro, com muitos restos de raízes;
- 0,30 a 1,10m: solo areno-silto-argiloso (52% de areia fina-média, 26% de silte e 22% de argila), semi-plástico, de cor cinza-clara;
- 1,10 a 2,40m: solo argilo-areno-siltoso (36% de argila, 34% de areia fina e 30% de silte), plástico, de cor creme-esbranquiçada;
- 2,40 a 2,50m: solo areno-argilo-siltoso (40% de areia fina, 31% de argila e 29% de silte), amarelado;
- 2,50 a 4,60m: solo silto-argilo-arenoso (38 a 44% de silte, 35 a 40% de argila e 15 a 27% de areia fina), semelhante intervalo 1,10 a 2,40m. A partir de 3,80m observa-se a presença de manchas róseas;
- 4,60 a 6,20m: areia fina-média, silto-argilosa (61% de areia, 23% de silte e 16% de argila), cinzenta com manchas róseas. NA no final deste intervalo;
- 6,20 a 7,10m: argila plástica, creme com manchas róseas, com intercalação centimétrica de areia argilosa, cinzenta, no intervalo 6,6 a 6,8m.

##### **FURO TNT-02 (Figura 7):**

- 0,00 a 0,20m: solo orgânico argiloso, marrom-escuro, com restos de raízes;
- 0,20 a 1,50m: solo argilo-areno-siltoso (42% de argila, 30% de areia fina e 28% de silte), plástico, alaranjado/amarelado;

- 1,50 a 3,20m: solo argilo-siltoso (45% de argila e 42% de silte), maciço, creme-esbranquiçado com manchas róseas;
- 3,20 a 4,50m: solo areno-silto-argiloso (40% de areia fina, 34% de silte e 26% de argila), semi-plástico, creme e róseo;
- 4,50 a 4,90m: areia fina-média silto-argilosa (45% de areia, 29% de silte e 26% de argila), cinza-clara;
- 4,90 a 5,80m: silte argiloso (52% de silte e 42% de argila) plástico, creme-esbranquiçado;
- 5,80 a 7,20m: areia fina-média, silto-argilosa, cinza-clara. NA neste intervalo.

#### **FURO TNT-03 (Figura 8):**

- 0,00 a 0,30m: solo orgânico argiloso, marrom-escuro, com restos de raízes;
- 0,30 a 1,30m: solo argilo-silto-arenoso, plástico, alaranjado/amarelado;
- 1,30 a 3,20m: solo argilo-silto-arenoso (43% de argila, 38% de silte e 19% de areia fina), maciço, de cor creme com manchas avermelhadas e róseas;
- 3,20 a 5,40m: solo siltico-argiloso a siltico-areno-argiloso (37 a 48% de silte, 30 a 40% de argila e 11 a 33% de areia fina), mosqueado, maciço, de tonalidades rósea/avermelhada/creme/amarelada;
- 5,40 a 5,50m: areia muito argilosa, cinza-clara;
- 5,50 a 6,40m: silte argiloso (47% de silte e 40% de argila), róseo/avermelhado, com pouca areia fina. NA neste intervalo (provável NA suspenso pela baixa permeabilidade desta camada);
- 6,40 a 6,90m: argila/silte, plástico, cinza-escuro;
- 6,90 a 7,50m: areia fina-média, silto-argilosa, amarelo-escuro.

Assim, com relação à textura dos solos investigados, conforme se observa na descrição dos furos, no laudo de análises granulométricas (anexo) e na **Figura 9**, a área de 8 ha selecionada assenta-se sobre um perfil de solo/subsolo heterogêneo, que apresenta diversas classes granulométricas em subsuperfície: argilo-siltosa, argilo-silto-arenosa, argilo-areno-siltosa, siltica-argilosa, siltico-argilo-arenosa, areno-silto-argilosa, areno-argilo-siltosa, etc.

Porém, com exceção do primeiro metro do furo TNT-01, o que se verifica é que até uma profundidade que varia de 4,50 a 5,40m ocorrem somente solos com predominância da fração fina (silte + argila) sobre a fração arenosa, com conteúdo de argila entre 35 e 45% e de silte entre 30 e 50%, ou seja, solos pouco permeáveis, com boa aptidão para dar suporte a aterros sanitários (**Figura 9**).

Outra constatação é que o NA acompanha aproximadamente a superfície do terreno, sendo detectado pelas sondagens entre 5,8 e 6,2 m de profundidade (**Figura 9** e **Tabela 2**).

A área avaliada em detalhe, com 8 hectares de superfície, é delimitada pelos seguintes vértices (**Figura 5**):

<b>Vértice</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
V1	-2.809096°	-67.737463°
V2	-2.807864°	-67.738858°
V3	-2.808930°	-67.740799°
V4	-2.806861°	-67.743154°
V5	-2.807223°	-67.743694°
V6	-2.809211°	-67.741353°
V7	-2.810295°	-67.740452°



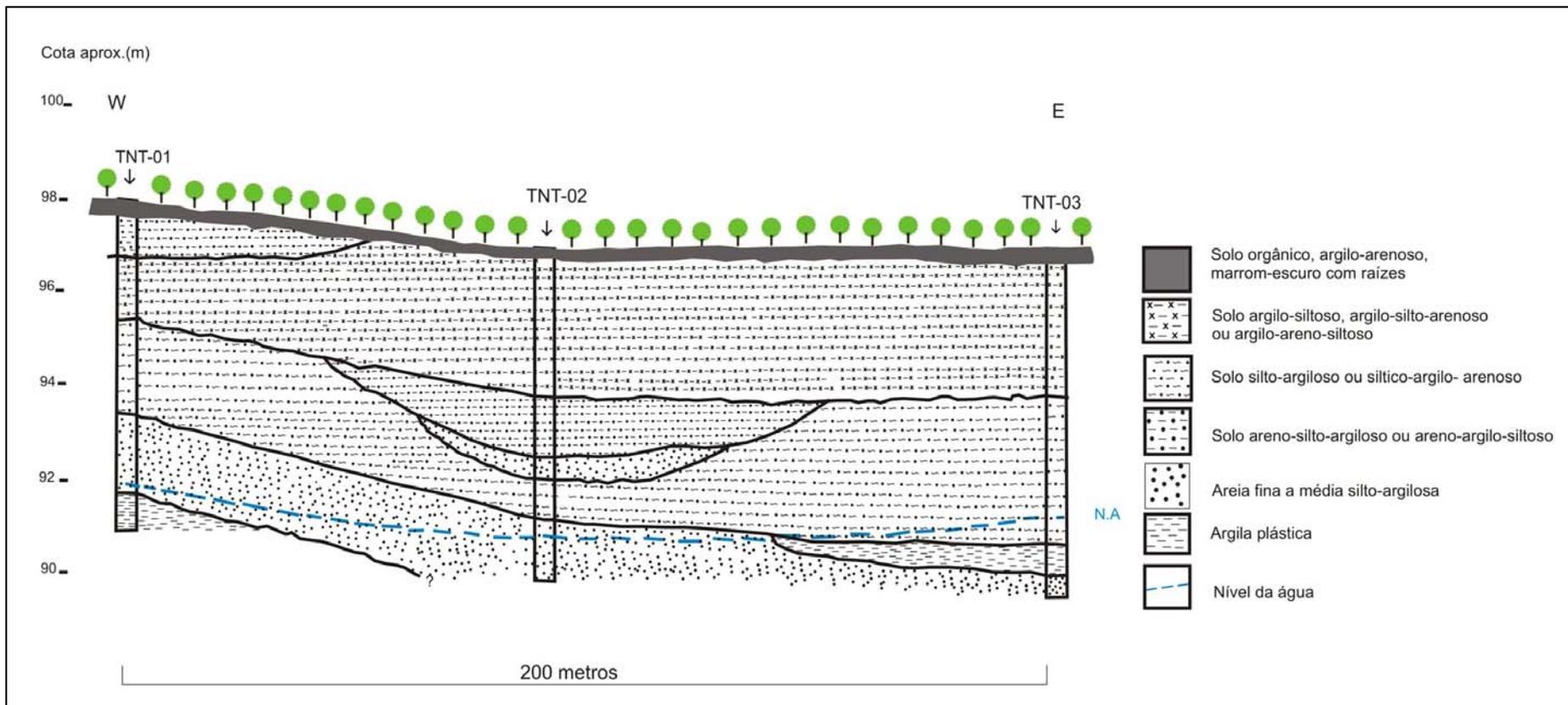
**Figura 6:** Aspectos da perfuração e de todo material atravessado pelo furo TNT-01.



**Figura 7:** Aspectos da perfuração e do material atravessado em dois intervalos do furo TNT-02.



**Figura 8:** Aspectos da perfuração e do solo siltico-argiloso atravessado pelo furo TNT-03.



**Figura 9:** Perfil W-E do solo/subsolo na área avaliada para implantação do aterro sanitário de Tonantins com base nos furos TNT-01, 02 e 03

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Pelo exposto acima, e conforme apresentado nas figuras 4, 5 e 9, os estudos realizados definiram uma área com 8 hectares que possui **boa aptidão técnica** para servir como local de implantação do aterro sanitário de Tonantins, que, se operar de maneira racional, deverá ter vida útil de mais de 15 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 a textura do horizonte mais superficial do solo, com predomínio da fração granulométrica mais fina (argila + silte) sobre a fração arenosa em toda a área investigada, com exceção do primeiro metro do furo TNT-01. Esse horizonte, com 4,5 a 5,4m de espessura, constitui 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) entre 5,8 e 6,2m de profundidade. Não é um NA profundo e poderá estar até 1-1,5m mais elevado no final do período chuvoso (maio/junho), mas ainda assim permitirá que as valas do aterro tenham, a depender da porção do terreno que será utilizada, entre 2,5 e 3,0m de profundidade, o que manterá uma camada de solo insaturado de pelo menos 1,5m de espessura entre a base do aterro e o NA conforme recomendados pelas normas técnicas.

Mesmo com esses aspectos positivos, enfatiza-se que, 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 Tonantins deverá ser construído e operado conforme as normas de engenharia preconizadas para um aterro sanitário e não como uma lixeira.

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

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 1987. *Aterros de resíduos perigosos – Critérios para projeto, construção e operação*. NBR 10157. Rio de Janeiro, 13p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 1997. *Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação*. NBR 13896. Rio de Janeiro, 12p.

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<sup>a</sup>. 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: CPRM

Data de Entrada: 22/02/2018

Endereço: Prefeitura de Tonantins

Data de Saída: 08/03/2018

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)					
222	0,5 - 1,0 TNT-01	132,69	391,83	524,52	254,98	220,50	Franco argilo arenoso
223	1,5 - 2,4 TNT-01	12,49	327,62	340,11	300,39	359,50	franco argilosa
224	2,4 - 2,5 TNT-01	8,40	392,81	401,21	287,79	311,00	franco argilosa
225	2,5 - 3,5 TNT-01	5,92	264,92	270,84	375,66	353,50	franco argilosa
226	3,5 - 4,5 TNT-01	9,58	150,31	159,89	439,11	401,00	franco argilo siltosa
227	4,5 - 6,0 TNT-01	391,88	220,33	612,20	228,80	159,00	franco arenosa
228	1,0 - 1,5 TNT-02	36,32	269,61	305,93	278,07	416,00	argila
229	1,5 - 3,0 TNT-02	8,48	135,50	143,98	412,02	444,00	argila siltosa
230	3,0 - 4,0 TNT-02	17,71	378,98	396,69	343,81	259,50	franca
231	4,5 - 4,9 TNT-02	264,47	186,76	451,23	287,27	261,50	franca
232	5,0 - 5,5 TNT-02	4,02	62,11	66,13	516,37	417,50	argila siltosa
233	1,5 - 3,0 TNT -03	5,82	184,43	190,25	377,25	432,50	argila
234	3,5 - 4,5 TNT -03	5,87	110,95	116,82	478,69	404,50	franco argilo siltosa
235	5,0 - 5,5 TNT -03	4,51	332,02	336,53	374,97	288,50	franco argilosa
236	5,5 - 6,0 TNT -03	2,36	132,34	134,70	465,80	399,50	argilo siltosa

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).