

AVALIAÇÃO TÉCNICA DE ÁREA DESTINADA À IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DA CIDADE DE SANTO ANTÔNIO DO IÇÁ (AM)



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 Santo Antônio do Içá vêm sendo depositados desde o ano de 2010, sem nenhum tipo de segregação ou tratamento, na lixeira municipal localizada às margens da Estrada do Papaúma, zona periférica da cidade, a 2,5 km do centro urbano e apenas 1 km do aeroporto. O local, inicialmente planejado para operar como um aterro sanitário (CPRM, 2009), é caracterizado como 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 é limítrofe a uma drenagem. A coleta e disposição final do lixo nesse local estão sob a responsabilidade da própria Prefeitura Municipal, 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 catadores de lixo (**Figura 2**).

Seja nos aspectos técnicos, legais ou operacionais, a lixeira de Santo Antônio do Içá 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 Santo Antônio do Içá 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 no final da Estrada do Papaúma, recém-ampliada, e dista cerca de 7 km da sede municipal e 5 km do aeroporto (**Figura 1**).

Com vistas à elaboração de projeto e posterior implantação do aterro, a Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Turismo e Eventos, por meio do Ofício no. 16/2017, 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 22 a 26 de janeiro de 2018.



Figura 1: Imagem de satélite de alta resolução da cidade de Santo Antônio do Içá e entorno com a localização da lixeira atual e da área avaliada neste estudo.



Figura 2: Aspectos da atual lixeira municipal de Santo Antônio do Içá, na Estrada do Papaúma, com destaque para o lixo a céu-aberto e ausência de cercas de proteção.

2. CÁLCULO DA ÁREA NECESSÁRIA PARA IMPLANTAÇÃO DO ATERRO

Para este cálculo, devido à falta de informações oficiais precisas sobre a quantidade de resíduos sólidos coletados diariamente na cidade de Santo Antônio do Içá, optou-se por utilizar o valor médio estimado para o Estado do Amazonas, obtido dos estudos de Andrade (1999), que é de 0,8 kg/habitante/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). 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 Santo Antônio do Içá (12.947 habitantes, de acordo com o censo do IBGE 2010) e a taxa média de crescimento anual dessa população (calculada em 5,0% quando se comparam os dados dos últimos 10 anos – censos IBGE de 2000 e de 2010). Portanto, utilizando-se a informação contida no estudo de Andrade (1999), a quantidade média de resíduos sólidos produzidos atualmente na zona urbana de Santo Antônio do Içá (população estimada de 19.128 habitantes em 2018) é de aproximadamente 15.300 kg por dia.

Assim, com base nos números disponíveis, adotados e informados, e mantendo-se a situação observada, é possível estimar em **120.521** toneladas a quantidade total de resíduos sólidos que seria coletada em Santo Antônio ao longo dos próximos 15 anos (Tabela 1).

Ano	População Estimada	Total de lixo por dia*	Total de lixo por ano*
2018	19.128	15,30	5.585
2019	20.084	16,07	5.865
2020	21.088	16,87	6.158
2021	22.142	17,71	6.465
2022	23.250	18,60	6.789
2023	24.412	19,53	7.128
2024	25.632	20,51	7.485
2025	26.914	21,53	7.859
2026	28.260	22,61	8.252
2027	29.673	23,74	8.665
2028	31.157	24,93	9.098
2029	32.714	26,17	9.552
2030	34.350	27,48	10.030
2031	36.068	28,85	10.532
2032	37.870	30,30	11.058
Total de lixo recolhido em 15 anos			120.521

* em toneladas

Tabela 1 – Estimativa do total de resíduos sólidos a serem coletados na cidade de Santo Antônio do Içá 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:

$$120.521 \text{ ton} / 0,75 \text{ ton/m}^3 = 160.694 \text{ m}^3$$

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:

$$160.694 \text{ m}^3 / 2 = 80.347 \text{ m}^3$$

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

$$160.694 \text{ m}^3 + 80.347 \text{ m}^3 = 241.041 \text{ m}^3$$

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	241.041	24,1
2,0	120.520	12,1
3,0	80.347	8,0
4,0	60.260	6,0

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 Santo Antônio do Içá, 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:

$$12,1 \text{ ha} + 12,1 \times 0,2 = \mathbf{14,5 \text{ ha}}$$

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 Santo Antônio, 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 ao Sr. Tadeu Augusto Magalhães Filho, fica localizada no trecho final da Estrada do Papaúma, recém-aberto. Trata-se de uma estrada sem pavimentação, cujas condições de tráfego na época chuvosa (período dos trabalhos de campo) são muito precárias e, por isso, o acesso ao local só foi possível por meio de um trator agrícola (“jerico”) acoplado a uma carrocinha, que transportou a equipe técnica. A área tem cerca de 50 hectares, situa-se a 7 km em linha reta do centro urbano e não apresenta nenhuma comunidade no entorno (**Figuras 1 e 3**).

Fica no divisor de águas de dois igarapés afluentes do rio Solimões: um situado a sul da área, com cerca de 8 km de extensão, denominado igarapé do Sindicato, que deságua pouco à montante da zona urbana; e outro a norte-nordeste da área, de extensão bem maior, sem denominação, que deságua dezenas de quilômetros à jusante da zona urbana, no Paraná das Panelas (**Figura 4**). A porção da área mais próxima à estrada é cortada por pequeno curso d’água que flui para norte e que corresponde a uma cabeceira de tributário da margem direita do igarapé maior citado; a porção mais afastada da estrada é cortada por um afluente do igarapé do Sindicato. Já fora da área, mas próximo a seu limite norte, observa-se a presença de um dos tributários do igarapé maior, que flui para nordeste e corta a estrada; e próximo a seu limite sul a ocorrência de um dos formadores do igarapé do Sindicato que flui para sudoeste e também corta a estrada (**Figuras 4 e 6**).

Trata-se de terreno com topografia plana, com altitude em torno de 95-100 metros, com frequentes porções deprimidas/abaciadas (“baixões”), parcialmente alagadas nesta época do ano, com até 100-150 m² de área e 50cm de profundidade máxima (**Figura 5**). Está assentado sobre solos derivados, de acordo com o mapa geológico da região, dos sedimentos areno-argilosos pleistocênicos da Formação Içá. No entanto, o que foi observado durante as sondagens é que no horizonte superior do solo (até 3 - 4 m de profundidade) a soma das frações granulométricas mais finas (argila + silte) supera a fração areia e, portanto, esse horizonte é derivado de sedimentos finos, talvez depositados em ambiente de planícies e terraços fluviais que teriam se instalado, em tempos mais recentes, sobre os arenitos da Formação Içá. Essa característica do horizonte superficial, 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, principalmente nos citados “baixões”. A cobertura vegetal da área é representada por floresta nativa, à exceção de algumas partes mais próximas à estrada, onde já houve supressão do sub-bosque para futura implantação de cultivos (**Figura 3**).

Como já mencionado, existem quatro cursos d’água de pequeno porte no interior e entorno da área avaliada (**Figura 6**). 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 da estrada e 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 (**Figura 6**).

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 nos limites da área, com apenas 3 a 4m de largura, e às dificuldades de se encontrar na região de interesse um terreno com características topográficas ideais, optou-se pela criação de “buffers” (zonas de proteção) de 150 a 200 m 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 (cerca de 70%), inserida no interior dessas zonas de proteção e, assim, os estudos de detalhe se concentraram numa área aproximada de 15 hectares, dominada por floresta nativa, conforme se observa nas **figuras 6 e 7**.

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 15 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: Vista da parte frontal da área avaliada, com floresta, limitada pela estrada do Papaúma.

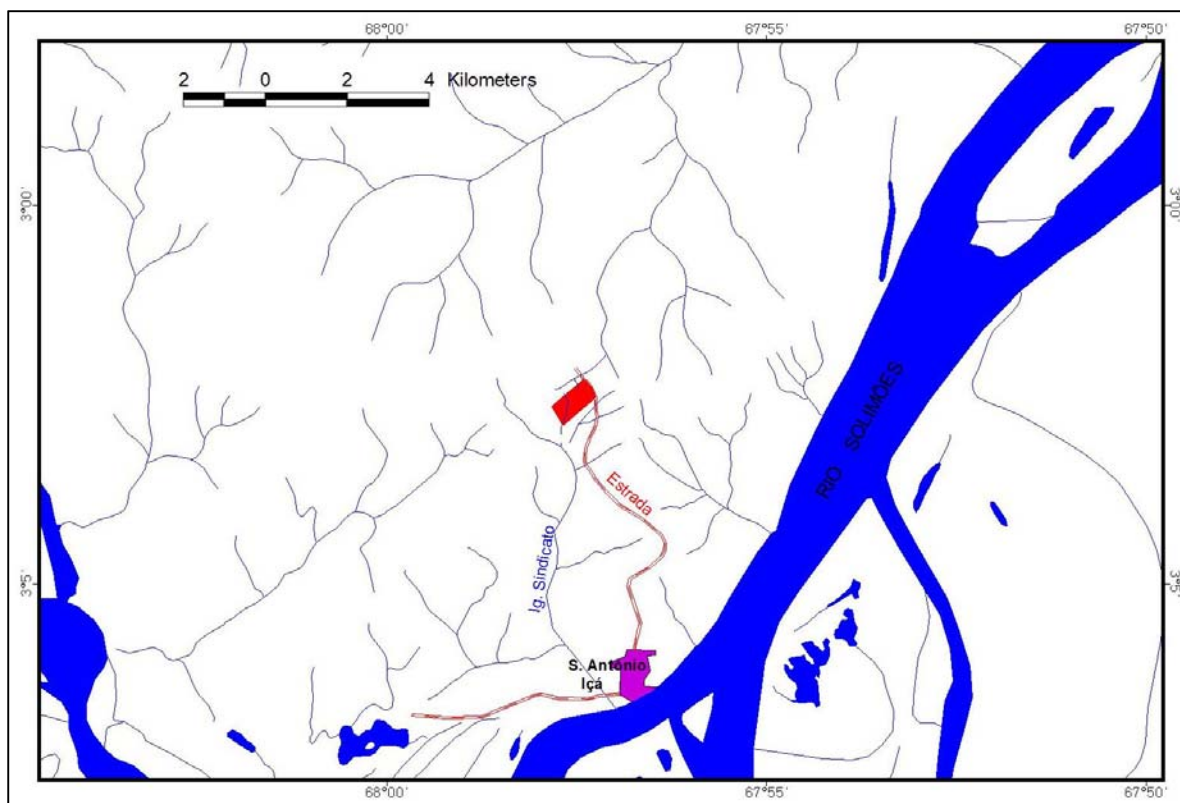


Figura 4: Situação da área avaliada (em vermelho) em relação aos igarapés mais próximos a ela.



Figura 5: Vista de uma área deprimida e alagada (“baixão”), com cerca de 100m², existente no interior do terreno avaliado, próximo a um local onde foi feita uma perfuração a trado.

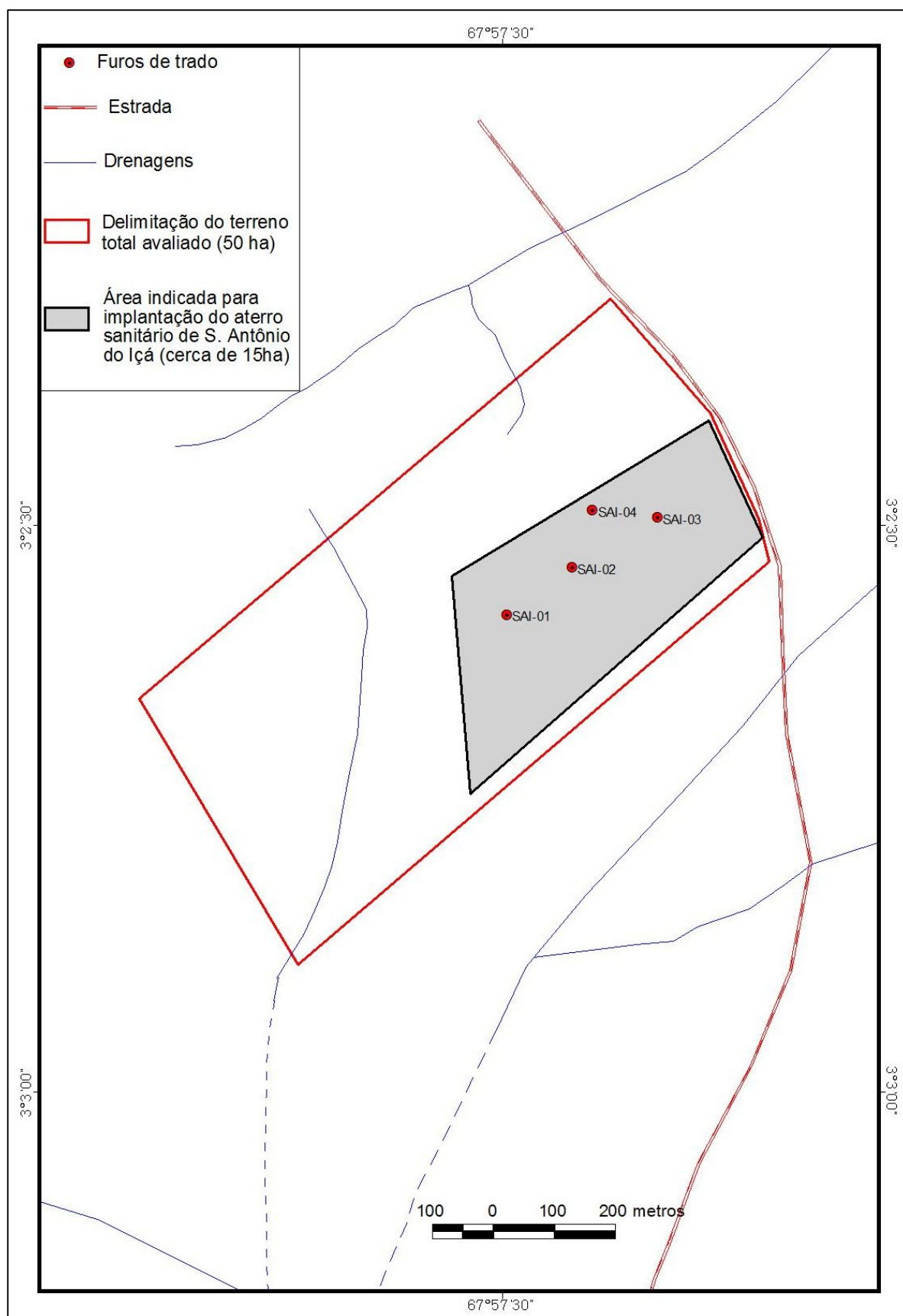


Figura 6: Mapa de detalhe da região de estudo com a situação da área total avaliada (50 ha) e da área selecionada (15 ha) para implantação do aterro sanitário de Santo Antônio do Içá com a localização dos furos de trado realizados e das drenagens existentes no interior e no entorno.

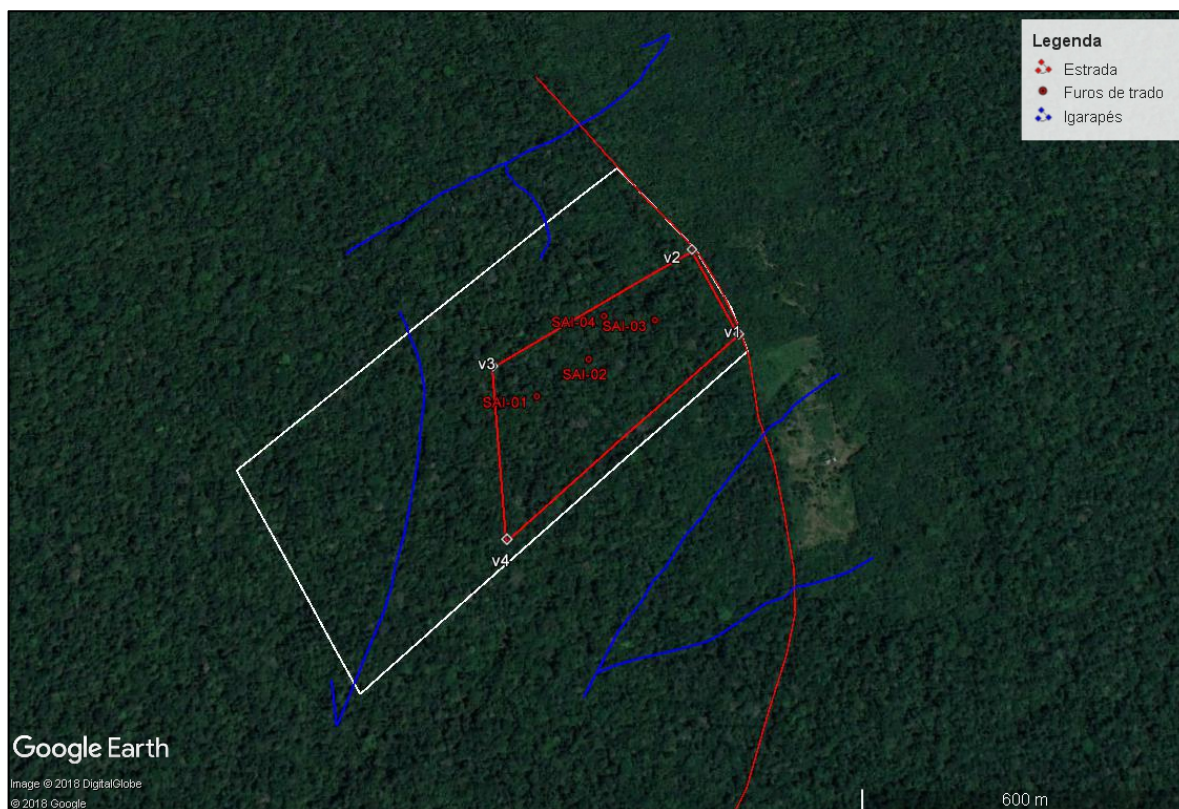


Figura 7: Imagem de satélite de alta resolução (Google Earth) com a situação da área total avaliada (em branco, 50 ha) e da área resultante do detalhamento (em vermelho, 15 ha), com a localização dos furos de trado realizados e das drenagens. Os pontos V1 a V4 são os vértices da área indicada para o aterro, cujas coordenadas são informadas no próximo item.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Foram feitas quatro perfurações a trado na área selecionada de 15 ha, cujas profundidades variaram de 6,5 a 7,2 m. Em todas as sondagens, foi observada a ocorrência de um nível freático suspenso sazonal (acúmulo raso de águas de infiltração superficial devido ao caráter argiloso/siltoso do solo), que mascarou e dificultou a detecção do nível d'água regional (NA), que foi somente estimado, conforme será detalhado adiante (**Figuras 6 e 7 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.

Furo	Coordenadas UTM (Zona 19S)	Cota Aprox. (m)	Profund. Final (m)	Nível freático suspense (m)	Nível d'água provável (m)
SAI-01	9663600 N 615764 E	98	7,2	2,5	6,2
SAI-02	9663676 N 615870 E	98	6,5	1,1	6,0
SAI-03	9663758 N 616010 E	99	7,0	1,2	6,5
SAI-04	9663770 N 615904 E	100	7,0	1,2	4,5

Tabela 2: Características das sondagens executadas na área selecionada para S. Antônio do Içá.

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

FURO SAI-01 (Figura 8):

- 0,00 a 0,60m: solo orgânico areno-argiloso, marrom-escuro a preto, com muitas raízes;
- 0,60 a 1,10m: solo areno-argiloso (areia fina), de cor marrom-clara;
- 1,10 a 3,20m: solo areno-argilo-siltoso (44-48% de areia fina-média, 26-32% de argila e 25% de silte), maciço, de cor creme-esbranquiçada;
- 3,20 a 5,80m: areia fina-média silto-argilosa (52-54% de areia, 23-27% de silte e 20-23% de argila), creme a cinza-clara;
- 5,80 a 7,20m: areia fina-grossa, pouco argilosa, quase solta, esbranquiçada. Furo paralisado neste nível devido à liquefação do material arenoso, que impede sua recuperação pelo trado.

FURO SAI-02 (Figura 9):

- 0,00 a 0,80m: solo orgânico areno-argiloso, marrom-escuro, com restos de raízes;
- 0,80 a 3,00m: solo areno-silto-argiloso (44-46% de areia fina-média, 26-29% de silte e 27-28% de argila), alaranjado nos primeiros 70cm e creme-esbranquiçado daí em diante;
- 3,00 a 4,00m: argila plástica, creme-esbranquiçada, silto-arenosa (37% de argila, 35% de silte e 28% de areia fina). Tabatinga;
- 4,00 a 6,50m: areia fina-grossa, silto-argilosa (53-54% de areia, 25-30% de silte e 18-20% de argila), creme a cinza-clara. Furo paralisado neste nível devido à liquefação do material arenoso, que impede sua recuperação pelo trado.

FURO SAI-03 (Figura 10):

- 0,00 a 0,70m: solo orgânico areno-argiloso, marrom-escuro, com restos de raízes;
- 0,70 a 1,40m: solo areno-silto-argiloso (50% de areia fina-média, 27% de silte e 23% de argila), alaranjado-claro a amarronzado;
- 1,40 a 3,50m: solo areno-argilo-siltoso (47-49% de areia fina, 26-28% de argila e 25% de silte), maciço a plástico, creme-esbranquiçado;
- 3,50 a 4,60m: areia fina-média silto-argilosa (48% de areia, 28% de silte e 24% de argila), creme;

- 4,60 a 7,00m: areia fina-grossa silto-argilosa (52% de areia, 28% de silte e 20% de argila), creme. Furo paralisado neste nível devido à liquefação do material arenoso, que impede sua recuperação pelo trado.

FURO SAI-04 (Figura 11):

- 0,00 a 0,20m: solo orgânico arenoso, marrom-escuro;
- 0,20 a 0,65m: solo areno-argilo-siltoso, cinza-escuro;
- 0,65 a 0,70m: crosta de argila endurecida, rígida, petrificada;
- 0,70 a 2,70m: solo areno-argilo-siltoso, plástico (36% de areia fina, 34% de argila e 30% de silte), creme, Tabatinga;
- 2,70 a 3,90m: solo areno-silto-argiloso (47% de areia fina, 26-30% de silte e 23-26% de argila), semi-plástico, creme;
- 3,90 a 7,00m: areia fina-grossa silto-argilosa (58% de areia, 22% de silte e 20% de argila), cinza-clara. O teor de areia aumenta com a profundidade. Devido à liquefação dessa camada arenosa não houve recuperação de material nos intervalos 5,5-6,0 e 6,5-7,0m.

Assim, com relação à textura dos solos investigados, conforme se observa na descrição dos furos, no laudo de análises granulométricas (anexo) e na **Figura 13**, a área de 15 ha selecionada assenta-se sobre um perfil de solo/subsolo composto basicamente por três horizontes, do topo para a base:

- solo areno-silto-argiloso a areno-argilo-siltoso (36-50% de areia fina-média, 23-34% de argila e 25-30% de silte), maciço a semi-plástico, alaranjado a creme, com espessura de 3,0 a 3,9m, com aptidão média a boa para dar suporte ao aterro sanitário de Santo Antônio do Içá;
- areia fina-média, silto-argilosa (48-54% de areia, 23-28% de silte e 20-24% de argila), creme a cinza-clara, que se estende até 5,8m de profundidade e mostra passagem gradual para o horizonte inferior. No furo SAI-02, o mais central da área, esse estrato arenoso é substituído por uma camada de argila plástica, silto-arenosa, esbranquiçada;
- areia fina-grossa, silto- argilosa (52-58% de areia, 22-30% de silte e 18-20% de argila), quase solta, esbranquiçada a cinza-clara. É neste horizonte arenoso que se encontra o NA da área (**Figura 13**).

A área avaliada em detalhe, com 8 hectares de superfície, é delimitada pelos seguintes vértices (**Figura 7**):

Vértice	Latitude	Longitude
V1	-2.809096°	-67.737463°
V2	-2.807864°	-67.738858°
V3	-2.808930°	-67.740799°
V4	-2.806861°	-67.743154°



Figura 8: Aspectos da perfuração e de todo perfil de solo areno-argiloso atravessado pelo furo SAI-01.



Figura 9: Aspectos da perfuração e do material atravessado em dois intervalos do furo SAI-02.



Figura 10: Aspectos da perfuração e do material atravessado em dois intervalos do furo SAI-03.



Figura 11: Aspectos da perfuração e do solo argilo-arenoso atravessado pelo furo SAI-04.

As perfurações foram executadas durante o período chuvoso da região. Assim, deve-se ressaltar que, nas quatro sondagens, com pouco mais de 1m perfurado observava-se intensa infiltração, pelas paredes dos furos, das águas acumuladas na superfície e subsuperfície do entorno (**Figura 5**). Tal fato, que gerava a produção de uma contínua coluna d'água nos furos (**Figura 12**), dificultou a detecção do nível freático real no terreno. O que ocorre é que as águas pluviais se infiltram pelo solo mais superficial, consequência do emaranhado de raízes da floresta e, ao encontrar um substrato onde predomina a fração granulométrica mais fina (argila + silte) a cerca de 1m de profundidade, de baixa permeabilidade, estas águas se acumulam no topo do horizonte silto-argiloso e, devido à topografia muito plana do terreno, não têm para onde escoar, ou escoam muito lentamente, e criam um nível freático suspenso, que foi cortado pelas perfurações (**Tabela 2**).

O nível d'água real do terreno foi estimado com base na diferença de cota (medida por GPS) entre o talvegue (linha do fundo de um vale pelo qual correm as águas) dos igarapés mais próximos e os locais dos furos executados, levando-se em consideração também o nível das camadas arenosas desses furos (**Tabela 2 e Figura 13**).

Essa característica de predomínio da fração argila + silte na parte superior dos solos do terreno avaliado, quando se pensa na implantação de aterro sanitário no local, por um lado é positiva, pois tais solos são pouco permeáveis e, conseqüentemente, servem como barreira natural e dificultam a dispersão/migração dos eventuais contaminantes gerados no aterro; por outro lado, como explicado acima, propiciam a criação de um nível freático suspenso que, por meio de custosos procedimentos, deverá ser obrigatoriamente drenado de modo a permitir, sem empecilhos, o andamento adequado das operações do aterro nos períodos chuvosos.



Figura 12: Coluna d'água no furo SAI-04 gerada a partir da infiltração contínua, pelas paredes do furo, das águas de chuva acumuladas na subsuperfície do terreno do entorno (vide Figura 5).

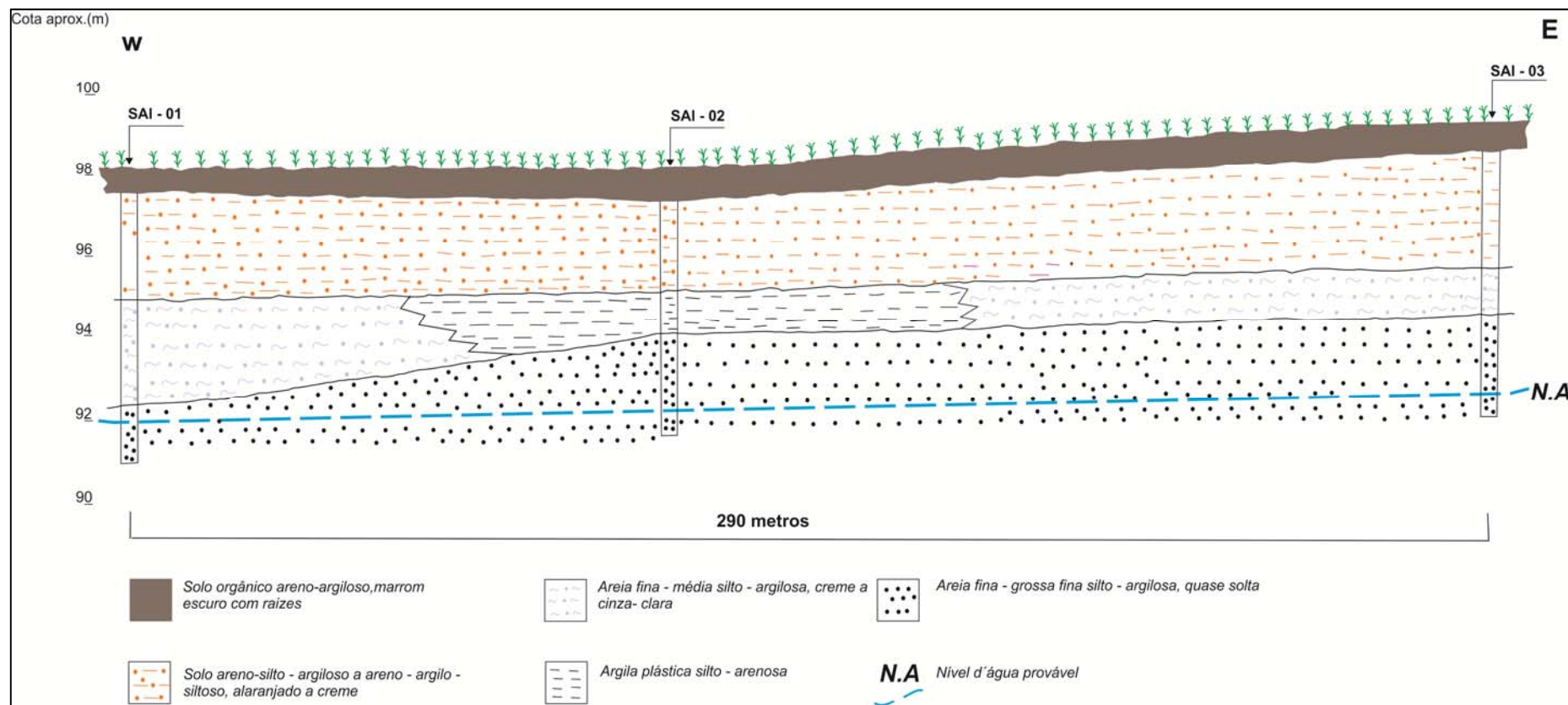


Figura 13: Perfil W-E do solo/subsolo na área avaliada para implantação do aterro sanitário de S. Antônio do Içá com base nos furos SAI-01, 02 e 03

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Pelo exposto nos itens anteriores, e conforme apresentado nas figuras 6, 7 e 13, os estudos realizados definiram uma área com 15 hectares que possui **aptidão técnica média a boa** para servir como local de implantação do aterro sanitário de Santo Antônio do Içá, que, se operar de maneira correta, deverá ter vida útil de mais de 15 anos.

Os resultados das investigações de campo e das perfurações executadas revelaram **dois fatores técnicos muito positivos e um negativo** no que diz respeito à aptidão dessa área em dar suporte ao aterro sanitário:

- o primeiro fator 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. Esse horizonte, com 3,0 a 3,9m 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). Mesmo no horizonte de solo inferior a este, de textura areno-silto-argilosa, a equivalência entre a quantidade das frações “areia fina” e “silte + argila” indica um subsolo com baixa permeabilidade;

- o segundo fator positivo é a característica de o terreno apresentar o nível das águas subterrâneas (NA) entre 4,5 e 6,5m 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 2,0 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;

- o fator negativo, também ligado à baixa permeabilidade dos solos aliada à topografia plana do terreno, é a existência, nesta época do ano, de um nível freático suspenso raso (em geral, menos de 1,5m de profundidade) que, por meio de custosos procedimentos, deverá ser obrigatoriamente drenado de modo a permitir, sem empecilhos, o andamento adequado das operações do aterro nos períodos chuvosos.

Mesmo com os aspectos positivos enunciados, 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 Santo Antônio do Içá 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 a silto-argiloso 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

ANDRADE, J. B. L. 1999. *Diagnóstico da situação atual do sistema de limpeza urbana no município de Parintins (AM)*. Relatório Interno. Parintins, 16p.

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: CPRM

Data de Entrada: 22/02/2018

Endereço: Prefeitura de Santo Antônio de Içá

Data de Saída: 12/03/2018

Endereço:

Encoreço.

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)					
202	1,0 - 2,0 - SAI-01	116,11	322,37	438,48	246,02	315,50	franco arenosa	
203	2,0 - 3,0 - SAI-01	114,60	367,71	482,31	262,70	255,00	franco argiloso arenosa	
204	3,0 - 3,5 - SAI-01	118,99	397,18	516,17	248,33	235,50	franco argiloso arenosa	
205	3,5 - 4,5 - SAI-01	262,63	274,00	536,63	234,38	229,00	franco argiloso arenosa	
206	4,5 - 5,5 - SAI-01	21,96	498,53	520,49	274,01	205,50	franco argiloso arenosa	
207	1,0 - 2,0 - SAI-02	105,82	333,63	439,45	288,55	272,00	franca franco argilosa	
208	2,0 - 2,5 - SAI-02	54,02	410,55	464,57	263,94	271,50	franca franco argilosa	
209	2,5 - 3,0 - SAI-02	67,69	371,94	439,63	280,87	279,50	franco argilosa	
210	3,0 - 4,0 - SAI-02	33,09	246,59	279,68	354,32	366,00	franco argilosa	
211	4,0 - 5,0 - SAI-02	179,60	360,73	540,32	254,18	205,50	franco argilo arenosa	
212	5,0- 6,0 - SAI-02	19,83	508,33	528,16	295,34	176,50	franca franco arenosa	
213	1,0 - 1,5 - SAI-03	103,45	400,51	503,96	264,54	231,50	franco argilo arenosa	
214	1,5 - 2,5 - SAI-03	47,19	421,37	468,56	254,44	277,00	franco argilo arenosa	
215	2,5 - 3,5 SAI-03	104,84	382,13	486,97	249,53	263,50	franco argilo arenosa	
216	3,5 - 4,5 SAI-03	118,91	361,00	479,90	283,60	236,50	franco argilo arenosa	
217	5,0 - 6,0 - SAI-03	78,08	436,88	514,96	283,54	201,50	franco argilo arenosa	
218	1,5 - 2,5 - SAI-04	10,47	355,41	365,88	298,63	335,50	franco argilosa	
219	3,0 - 3,5 - SAI-04	28,70	447,62	476,32	262,18	261,50	franco argilo arenosa	
220	3,5 - 4,0 - SAI-04	42,08	427,21	469,29	304,71	226,00	franca	
221	4,0 - 5,0 - SAI-04	330,02	246,07	576,09	224,41	199,50	franco argilo arenosa	