



**SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM**



**ESTUDO PARA SELEÇÃO DE
ÁREAS APROPRIADAS PARA
A INSTALAÇÃO DE ATERROS
SANITÁRIOS NOS MUNICÍPIOS
DE UNIÃO, LAGOA ALEGRE,
SANTA CRUZ DOS MILAGRES,
SÃO MIGUEL DO TAPUIO E
SOCORRO DO PIAUÍ**

EMENDA PARLAMENTAR

19350002/2021

MUNICÍPIO DE LAGOA ALEGRE - PI



Realização

Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial (DHT)
Departamento de Gestão Territorial (DEGET)
Divisão de Gestão Territorial (DIGATE)

2022

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Adolfo Sachsida

Secretário Executivo

Hailton Madureira de Almeida

Secretária de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Líliá Mascarenhas Sant'agostino

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente Interino

Cassiano de Souza Alves

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Marcio José Remédio

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Diogo Rodrigues Andrade da Silva

Chefe da Divisão de Gestão Territorial

Maria Adelaide Mansini Maia

Chefe da Divisão de Geologia Aplicada

Tiago Antonelli

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

**ESTUDO PARA SELEÇÃO DE ÁREAS APROPRIADAS
PARA A INSTALAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS
NOS MUNICÍPIOS DE UNIÃO, LAGOA ALEGRE,
SANTA CRUZ DOS MILAGRES, SÃO MIGUEL DO
TAPUIO E SOCORRO DO PIAUÍ**

(EMENDA PARLAMENTAR Nº 19350002/2021)
MUNICÍPIO DE LAGOA ALEGRE – PI

AUTORES

Homero Reis de Melo Junior
Raimundo Almir Costa da Conceicao
Lenilson Jose Souza de Queiroz



TERESINA
2022

CRÉDITOS TÉCNICOS

Departamento de Gestão Territorial

Diogo Rodrigues A. da Silva

Divisão de Gestão Territorial

Maria Adelaide Mansini Maia

Superintendente Regional de Belém

Jânio Souza Nascimento

Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial de Manaus

Homero Reis de Melo Junior

Chefe da Residência Teresina

Gilberto Antonio Neves Pereira da Silva

Assistente de Hidrologia e Gestão Territorial Teresina

Jean Ricardo da Silva Nascimento

Autoria

Homero Reis de Melo Junior

Raimundo Almir Costa da Conceicao

Lenilson Jose Souza de Queiroz

Colaboração

Magno de Sá Freitas

Gabriel Araújo dos Santos

Sebastião Gouvêa Benjamin

Revisão Técnica

Maria Adelaide Mansini Maia

Marcelly Ferreira Machado

José Luiz Marmos

Apoio

Irinéa Barbosa da Silva e Beatriz Siqueira (Revisão Textual)

Ana Lúcia Borges Fontes Coelho (Normalização Bibliográfica)

Washington José Ferreira dos Santos (Projeto Gráfico)

Lucas Victor de Alcântara Estevão (Editoração da Capa)

Pedro da Silva (Diagramação)

Fotos: Estudos in loco para caracterização das áreas selecionadas para implantação de aterros sanitários.

Créditos: Homero Reis de Melo Junior.

Serviço Geológico do Brasil – CPRM

www.cprm.gov.br

seus@cprm.gov.br

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

M528e

Melo Junior, Homero Reis de.

Estudo para seleção de áreas apropriadas para a instalação de aterros sanitários nos municípios de União, Lagoa Alegre, Santa Cruz dos Milagres, São Miguel do Tapuio e Socorro do Piauí: emenda parlamentar n. 19350002/2021, município de Lagoa Alegre, PI / Homero Reis de Melo Junior, Raimundo Almir Costa da Conceição [e] Lenilson José Souza de Queiroz. – Teresina : CPRM, 2022.

1 recurso eletrônico : PDF

ISBN 978-65-5664-334-2

1. Aterro sanitário. 2. Solo – Uso. I. Conceição, Raimundo Almir Costa da. II. Queiroz, Lenilson José Souza de. III. Título.

CDD 628.44564

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Teresa Rosenhayme CRB -7 / 5662

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil – CPRM

Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

APRESENTAÇÃO

Em 2010, foi criada a Política Nacional de Resíduos Sólidos, (PNRS) (Lei nº 12.305, atualizada pela Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020), para decidir sobre o correto gerenciamento dos resíduos sólidos, sendo uma obrigação dos municípios os destinarem adequadamente. Essa política previa acabar com os locais de descarte irregular em quatro anos, o que não aconteceu.

Atualmente, há cerca de 3 mil unidades de lixão no país, concentradas principalmente nas Regiões Norte e Nordeste, onde apenas 11% dos municípios possuem aterros sanitários, valor bem abaixo da Região Sudeste, com cerca de 50%, e da Região Sul, com 90%.

O Serviço Geológico do Brasil CPRM, em apoio à PNRS, vem atuando, ao longo das duas últimas décadas, no atendimento às demandas das prefeituras municipais para a seleção de áreas adequadas para a instalação de aterros sanitários, em consonância com a Norma NBR 13.896, estabelecida, em 1997, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

O presente relatório faz parte de uma série de estudos que visam a seleção apropriada de áreas para a instalação de aterros sanitários municipais no estado do Piauí (União, Lagoa Alegre, Santa Cruz dos Milagres, São Miguel do Tapuí e Socorro do Piauí), por intermédio dos recursos disponibilizados pela **Emenda Parlamentar 19350002/2021**.

Cassiano de Souza Alves
Diretor-Presidente Interino

Alice Silva de Castilho
Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

SUMÁRIO

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
2. ESTUDOS REALIZADOS	3
3. RESULTADOS OBTIDOS.....	5
3.1. Definição dos critérios de seleção de áreas para implantação de um aterro sanitário.....	5
3.2. Definição do centro produtor de lixo.	5
3.3. Estimativa da população municipal em 20 anos.	5
3.4. Estimativa da produção de resíduos domiciliares (RDO) em 20 anos	6
3.5. Cálculo da área mínima necessária do aterro	6
3.6. Avaliação prévia da profundidade do nível estático dos poços cadastrados no SIAGAS.....	8
3.7. Indicação de áreas elegíveis por modelagem matemática	8
3.8. Caracterização das áreas elegíveis	10
3.8.1. Área 1.....	10
3.8.2. Área 2.....	12
3.8.3. Área 3.....	13
3.8.4. Área 4.....	14
3.8.5. Área 5	15
3.9. Análise comparativa e classificação das áreas diante dos critérios estabelecidos.	17
4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	21
REFERÊNCIAS.....	22

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A preocupação com a geração e com a destinação de resíduos sólidos tem sido discutida há algumas décadas em âmbito global, principalmente, devido à expansão da consciência coletiva em relação ao meio ambiente. Assim, a complexidade das atuais demandas ambientais, sociais e econômicas induz a um novo posicionamento nacional nos três níveis de governo, na sociedade civil e na iniciativa privada (IBAMA, 2019).

A aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei Federal nº 12305, de 2 de agosto de 2010, e regulamentada pelo Decreto no. 10.936, de 12 de janeiro de 2022, após 21 anos de discussões no Congresso Nacional, marcou o início de uma forte articulação institucional envolvendo os três entes federados - União, estados e municípios, o setor produtivo e a sociedade em geral - na busca de soluções para os problemas na gestão dos resíduos sólidos que comprometem a qualidade de vida dos brasileiros. A aprovação da PNRS qualificou e deu novos rumos à discussão sobre o tema (IBAMA, 2019).

No Brasil, tradicionalmente, ocorre a competência do município sobre a gestão dos resíduos sólidos produzidos em seu território, incluindo os provenientes dos serviços de saúde, com exceção daqueles de natureza industrial.

O município tem competência para estabelecer o uso do solo em seu território, emitindo as licenças para construção e o alvará de localização para o funcionamento de qualquer atividade, instrumentos indispensáveis para a localização, construção, instalação, ampliação e operação de empreendimentos em seu território, e estabelecer parâmetros ambientais para tais concessões. A lei federal que criou o licenciamento ambiental (Lei nº 6938/1981), quando menciona que a licença ambiental é exigível sem prejuízo de outras licenças possíveis, já prevê a possibilidade de que os municípios exijam licenças municipais (MONTEIRO *et al.*, 2004).

Os procedimentos e os métodos para disposição final dos resíduos sólidos têm evoluído com o progresso do conhecimento sobre os efeitos e as consequências da disposição direta sobre os solos, o comportamento geomecânico dos maciços de resíduos e as soluções técnicas de engenharia para construção e operação dos aterros (ABGE, 2018).

A forma mais adequada, técnica e ambiental de disposição dos resíduos sólidos domiciliares e de limpeza urbana são os aterros sanitários, definidos como a técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais, método que utiliza os princípios da engenharia, como impermeabilização do solo, cercamento, sistema de drenagem de gases, águas pluviais e lixiviado, além da ausência de catadores, garantindo o confinamento dos resíduos e rejeitos na menor área possível e reduzindo-os ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário”, conforme descrito pela Norma NBR 8419 (ABNT, 1992).

O principal objetivo do estudo realizado no município de Lagoa Alegre (PI) foi a seleção de área adequada para a implantação do aterro sanitário municipal, de acordo com a Norma NBR 13.896/1997 da ABNT e as legislações federal e estadual vigentes (Figura 1.1).

O presente relatório faz parte de uma série de estudos que visam a seleção de áreas apropriadas para a instalação de aterros sanitários municipais em cinco municípios do estado do Piauí: Lagoa Alegre, União, Santa Cruz dos Milagres, São Miguel do Tapuío e Socorro do Piauí, por intermédio dos recursos financeiros disponibilizados pela Emenda Parlamentar Federal 19350002/2021.

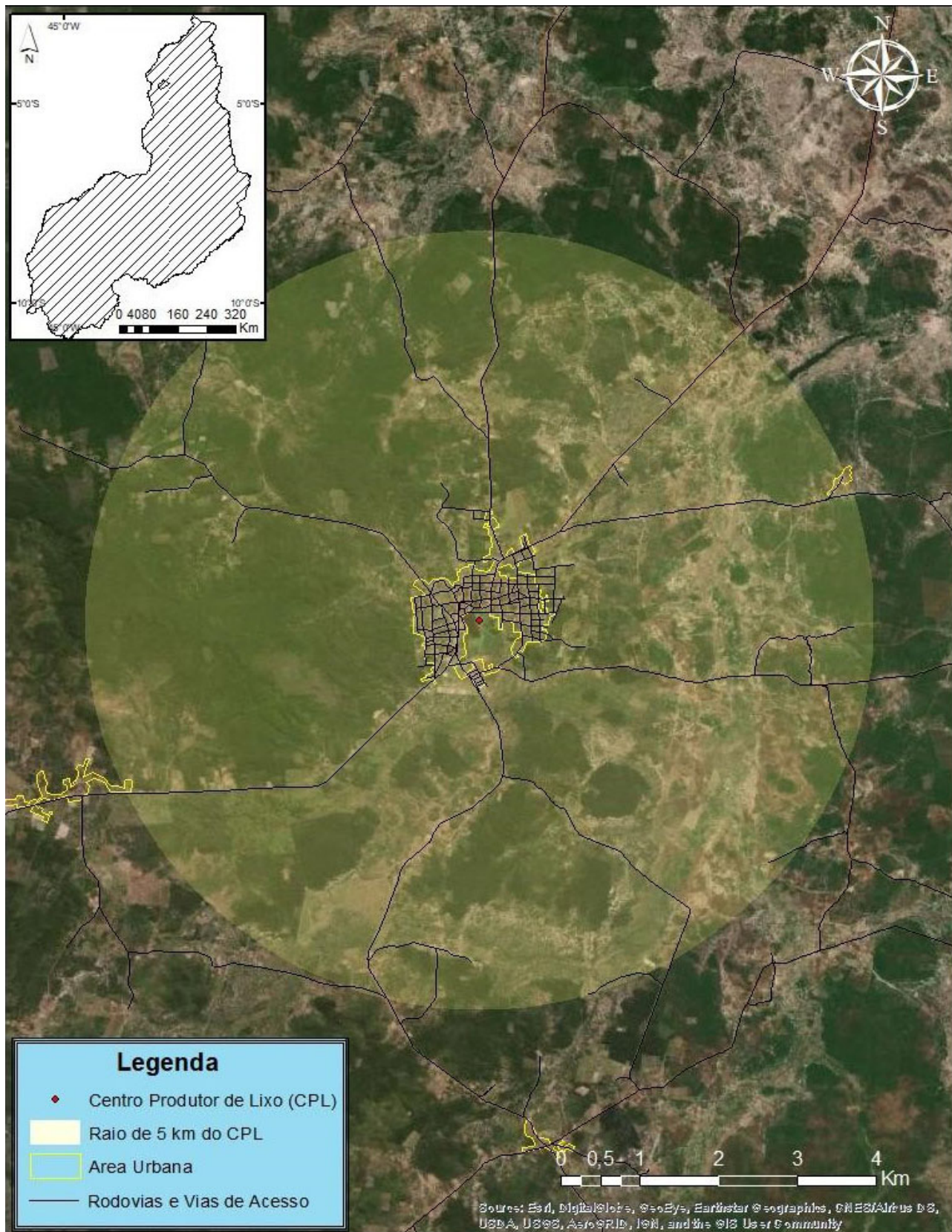


Figura 1.1 - Mapa de localização do município de Lagoa Alegre - PI, localização do Centro Produtor de Lixo (CPL) e raio de 5 km de abrangência para a coleta de resíduos domiciliares (RDO).

2. ESTUDOS REALIZADOS

Os procedimentos metodológicos utilizados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) para selecionar áreas adequadas à instalação de aterros sanitários municipais em todo o território nacional têm por base a Norma NBR 13.896 da ABNT (1997), a qual institui critérios técnicos, ambientais, econômico-financeiros e político-sociais para implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos. As atividades compreendem trabalhos em escritório, campo e laboratório, cujo fluxo de desenvolvimento está resumido no Quadro 2.1. A descrição detalhada dos materiais e métodos adotados para esse tipo de estudo encontra-se disponível no “Guia de Procedimentos Técnicos do Departamento de Gestão Territorial”, que aborda o tema: “Seleção Adequada de Áreas para Instalação de Aterros Sanitários Municipais”, do SGB-CPRM (MELO JUNIOR *et al.*, 2022).

Quadro 2.1 - Fluxo de trabalho adotado pelo SGB-CPRM para a seleção adequada de áreas para aterros sanitários municipais baseada na Norma NBR 13.896 da ABNT (1997).

ETAPA 1	
ESTUDOS INDIRETOS (ESCRITÓRIO – PRÉ-CAMPO)	Definição dos critérios de seleção de áreas para implantação de um aterro sanitário.
	Definição do centro produtor de lixo.
	Estimativa da população municipal em 20 anos.
	Estimativa da produção de resíduos domiciliares (RDO) em 20 anos.
	Cálculo da área mínima necessária para o aterro.
	Indicação de áreas por modelagem matemática.
	Avaliação prévia da profundidade do nível estático dos poços cadastrados no SIAGAS.
ETAPA 2	
ESTUDOS DIRETOS (COLETA DE PARÂMETROS EM CAMPO)	Avaliação <i>in loco</i> da profundidade do nível estático (poços do tipo cacimba e tubulares).
	Teste de infiltração pelo método <i>open end hole</i> .
	Avaliação da condutividade hidráulica vertical (Kv).
ETAPA 3	
ANÁLISES LABORATORIAIS	Análise granulométrica de solo.
	Análise mineralógica – DRX.
ETAPA 4	
CARACTERIZAÇÃO E SELEÇÃO DAS ÁREAS PRIORITÁRIAS (ESCRITÓRIO – PÓS-CAMPO)	Análise comparativa e classificação das áreas considerando os critérios estabelecidos.

Fonte: elaborada pelos autores

Os estudos diretos compreenderam a coleta de parâmetros em campo, visando a determinação da profundidade do lençol freático diretamente em poços dos tipos cacimba e tubulares, definição dos tipos de solos predominantes e execução de testes de infiltração para determinar a condutividade hidráulica da zona vadosa (não saturada). Nessa etapa também foram coletadas amostras de sedimentos inconsolidados para análises laboratoriais, retirados nas sondagens a trado para determinação da granulometria e da mineralogia dos constituintes dos solos da área avaliada.

Para os testes de infiltração, foi utilizado o método *open end hole* (FIORI, 2010). Os ensaios foram realizados com auxílio de um trado motorizado para execução das sondagens em profundidades de 0,5 m, 1,0 m e 1,5 m. Para revestir os furos, foram utilizados tubos de plástico PVC com 75 mm de diâmetro e os respectivos comprimentos para preencher cada um dos três furos. Em seguida, eles foram saturados com água e medido, em

cada um, o rebaixamento ao longo do tempo, com cronômetro digital, para, posteriormente, aplicar os dados coletados em campo na Equação 2.1, para identificar a condutividade hidráulica da zona não saturada.

$$Kv = 2,303 * \left(\frac{R}{4\Delta t}\right) * \text{Log} \frac{h1}{h0} \quad \text{Equação 2.1}$$

Sendo: R o raio do tubo de PVC, Δt o intervalo de tempo avaliado, h1 a altura final da coluna d'água e h₀ a altura inicial da coluna d'água.

Os valores da condutividade hidráulica vertical Kv foram obtidos nas três profundidades investigadas (0,5 m, 1,0 m e 1,5 m), cujos resultados foram classificados de acordo com Fetter (1988).

A análise granulométrica foi realizada por meio do método de peneiramento, desenvolvido com a utilização de peneiras metálicas com malhas específicas. No método, elas são encaixadas umas nas outras formando uma coluna, o que permite a retenção gradual do material com dimensões de interesse. A ordem das peneiras é estabelecida de acordo com a abertura das malhas, de forma decrescente, do topo para base, e, na porção basal, é instalada uma bandeja para reter o material que atravessou toda a coluna (DIAS, 2004). A escolha da série de peneiras para análise granulométrica estabelece os intervalos de interesse. Normalmente, as malhas são definidas em 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,250 mm, 0,125 mm e 0,063 mm, com a finalidade de identificar as frações granulométricas mais grossas, das quais destacam-se o cascalho e a areia. A determinação dos teores de silte e de argila é realizada pelo método da sedimentação/pipetagem.

Após o empilhamento, as peneiras são agitadas por um “agitador de peneiras”, que confere movimentos mecânicos de alta frequência, proporcionando o deslocamento lateral e descendente do material constituinte dos solos, a fim de acumular as frações granulométricas estabelecidas pela malha de cada uma (DIAS, 2004).

A classificação granulométrica foi realizada de acordo com a proposta feita por Wentworth (1922), adotando a Norma NBR 7181 (ABNT, 2016); enquanto os intervalos de granulometria utilizados para classificar os solos seguem a metodologia estabelecida pela Norma NBR 6.502 (ABNT, 1995).

Para determinar a composição dos minerais constituintes da zona vadosa dos solos nas áreas investigadas foi utilizado o método de difração de raios X, por intermédio de um difratômetro de raios X, no Laboratório de Análises Mineraias (LAMIN), da Superintendência Regional de Manaus. O modelo utilizado foi o X'PERT PRO MPD (PW 3040/60) da Panalytical, com goniômetro PW3050/60 (Theta/Theta) e com tubo de raios X cerâmico de anodo de Cu ($K\alpha_1$ 1,5406 Å), modelo PW3373/00, foco fino longo, 2200W, 60kv. O detector utilizado é do tipo RTMS, X'Celerator.

Após a execução das etapas de escritório (métodos indiretos) e de campo (métodos diretos), associadas aos dados das análises de laboratório, foi possível aplicar a metodologia para a seleção da área com maior viabilidade para a implantação do aterro sanitário municipal. Para ilustrar a classificação das áreas avaliadas de forma didática, Krebs, Adamy e Reis (1999) as separou em três classes: **favoráveis, medianamente favoráveis e desfavoráveis** para a implantação de aterros sanitários.

Utilizou-se do geoprocessamento para integração dos dados e extração de informações para a aplicação dos critérios e seleção das áreas favoráveis. A indicação dessas áreas foi obtida por modelagem matemática (*Model Builder* + Análise Hierárquica do Processo - AHP).

3. RESULTADOS OBTIDOS

3.1. DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DE UM ATERRO SANITÁRIO.

Os critérios de seleção de áreas para implantação de um aterro sanitário são rigorosos, sendo necessário estabelecer uma cuidadosa priorização dos mesmos. O local selecionado para a implantação deve ser aquele que atenda ao maior número de parâmetros estabelecidos pela Norma NBR 13.896 da ABNT (1997), a qual institui critérios técnicos, ambientais, econômico-financeiros e político-sociais, enfatizando os de maior prioridade. A seleção deve ser precedida de análise individual da área selecionada com relação a cada um dos diversos elementos apresentados, fornecendo uma justificativa que permita considerar cada critério como “totalmente atendido”, “parcialmente atendido” ou “não atendido”.

O conjunto de critérios adotados para a seleção de áreas adequadas para instalação de aterros sanitários e as prioridades para o seu atendimento encontram-se apresentados no Apêndice A. Quando os atributos naturais do terreno selecionado não forem suficientes para atender integralmente determinado critério, tais deficiências deverão ser sanadas por meio da implantação de soluções de engenharia.

3.2. DEFINIÇÃO DO CENTRO PRODUTOR DE LIXO

O centro produtor de lixo de Lagoa Alegre compreende, principalmente, sua zona urbana, considerando-se, sobretudo, que essa região concentra cerca de 38% de sua população, além disso, nessa zona ocorre coleta regular de resíduos domiciliares (RDO) (DIAS, 2004).

Neste estudo, considera-se que a produção de lixo ocorre de forma homogênea na zona urbana de Lagoa Alegre, uma vez que suas dimensões são pequenas, apresentando 1,33 km no eixo Norte/Sul e 1,8 km no eixo Leste/Oeste, conforme a Figura 3.1. De acordo com as características fisiográficas e sociais de cada município, como a disponibilidade de áreas livres no entorno da zona urbana e a falta de infraestrutura a distâncias maiores dos centros urbanos, o raio de 10 km geralmente é definido como a distância máxima viável economicamente do centro produtor para a área do aterro sanitário; entretanto, no presente estudo, a distância máxima de 5 km foi considerada ideal, devido, principalmente, às dimensões reduzidas de Lagoa Alegre.

3.3. ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO MUNICIPAL EM 20 ANOS

Para determinar a área necessária para o aterro sanitário municipal de Lagoa Alegre, foi estimado o crescimento demográfico exponencial de sua população durante um período de 20 anos, assim como a produção de resíduos ao longo de sua vida útil (Tabela 3.1). De 2021 até 2041, o coeficiente de crescimento calculado para população urbana de Lagoa Alegre foi de 1,70%/ano, considerando os dados do IBGE (2021), apresentados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Populações recenseadas e estimadas para a sede do município de Lagoa Alegre nos anos de 2000, 2010 e 2021

CENSO/ESTIMATIVA (ano)	POPULAÇÃO URBANA RECENSEADA/ ESTIMADA (nº de Habitantes)
2000	2337
2010	3029
2021	3272

Fonte: IBGE (2022)

3.4. ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS DOMICILIARES (RDO) EM 20 ANOS

O volume de resíduos sólidos domiciliares produzido e aterrado, considerando que a densidade do lixo compactado e armazenado varia em torno de 0,75 ton/m³ (IPT, 2018), ao se aplicar essa relação ao volume identificado de 40.880 toneladas (Tabela 3.2), deve atingir a grandeza de 54.507,27 m³.

Tabela 3.2 - População urbana estimada e produção de resíduos sólidos domiciliares (RDO) estimada para os anos de 2021 a 2041 na zona urbana do município de Lagoa Alegre

ANO	POPULAÇÃO URBANA ESTIMADA	PRODUÇÃO PER CAPITA/DIA	PRODUÇÃO DE LIXO (kg/dia)	PRODUÇÃO DE LIXO (ton/dia)	PRODUÇÃO DE LIXO (kg/ano)	PRODUÇÃO DE LIXO (ton/ano)
2021	3.272	1,37	4.482,64	4,48	1.636.164	1.636
2022	3.328	1,37	4.558,84	4,56	1.663.978	1.664
2023	3.384	1,37	4.636,35	4,64	1.692.266	1.692
2024	3.442	1,37	4.715,16	4,72	1.721.035	1.721
2025	3.500	1,37	4.795,32	4,80	1.750.292	1.750
2026	3.560	1,37	4.876,84	4,88	1.780.047	1.780
2027	3.620	1,37	4.959,75	4,96	1.810.308	1.810
2028	3.682	1,37	5.044,06	5,04	1.841.083	1.841
2029	3.744	1,37	5.129,81	5,13	1.872.382	1.872
2030	3.808	1,37	5.217,02	5,22	1.904.212	1.904
2031	3.873	1,37	5.305,71	5,31	1.936.584	1.937
2032	3.939	1,37	5.395,91	5,40	1.969.506	1.970
2033	4.006	1,37	5.487,64	5,49	2.002.987	2.003
2034	4.074	1,37	5.580,93	5,58	2.037.038	2.037
2035	4.143	1,37	5.675,80	5,68	2.071.668	2.072
2036	4.213	1,37	5.772,29	5,77	2.106.886	2.107
2037	4.285	1,37	5.870,42	5,87	2.142.703	2.143
2038	4.358	1,37	5.970,22	5,97	2.179.129	2.179
2039	4.432	1,37	6.071,71	6,07	2.216.174	2.216
2040	4.507	1,37	6.174,93	6,17	2.253.849	2.254
2041	4.584	1,37	6.279,90	6,28	2.292.165	2.292
		SOMA	112.001	112,00	40.880.454	40.880

Fonte: elaborada pelos autores, baseado nos dados do Sistema de Informação sobre Resíduos Sólidos (SNIS) de de 2019 e 2020

3.5. CÁLCULO DA ÁREA MÍNIMA NECESSÁRIA DO ATERRO

Para determinar a área necessária do aterro sanitário, deve-se considerar também o volume do material de cobertura (argila) sobre as camadas de resíduos, ponderando-se uma relação de 1:0,2 entre resíduos e cobertura (IPT, 2018). Assim, o volume acumulado do material de cobertura ao final de 20 anos, no município de Lagoa Alegre, deverá atingir 10.901,45 m³ (correspondente a 0,2 x 54.502,27 m³). Logo, o volume total de material aterrado, ao longo desse período, deve ser da ordem de 65.403,72 m³.

Tabela 3.3 - Área total das trincheiras e do aterro estimado de acordo com as profundidades e volumes das trincheiras

PROFUNDIDADE DAS TRINCHEIRAS (m)	VOLUME DAS TRINCHEIRAS (m ³)	ÁREA DAS TRINCHEIRAS (m ²)	ÁREA DAS TRINCHEIRAS (ha)	ÁREA TOTAL DO ATERRO (m ²)	ÁREA TOTAL DO ATERRO (ha)
2	50	32704,36	3,27	39245,24	3,9245
3	75	21802,91	2,18	26163,49	2,6163
4	100	16352,18	1,64	19622,62	1,9623
5	125	13081,75	1,31	15698,09	1,5698

Fonte: elaborada pelos autores

Dessa forma, a área total necessária para a instalação do aterro corresponderá a 1,57 hectares, considerando que a área de cada trincheira seja de 25 m² e a profundidade atinja 5 m.

3.6. AVALIAÇÃO PRÉVIA DA PROFUNDIDADE DO NÍVEL ESTÁTICO DOS POÇOS CADASTRADOS NO SIAGAS

Para verificar a profundidade do lençol freático, que corresponde ao nível estático (NE) nas cinco áreas investigadas, de maneira indireta, foi consultado o banco de dados do Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (SIAGAS), do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), constatando-se a existência de 282 poços cadastrados nos limites de Lagoa Alegre, com dados de nível estático disponíveis. Entretanto, para a avaliação do presente estudo foram considerados somente os poços existentes no raio de até 5 km de distância do centro produtor de lixo (CPL), os quais totalizam 89 poços. A profundidade do nível estático verificada varia de 2 m a 18 m, com valores médios de 8,44 m e mediana de 8,63 m.

3.7. INDICAÇÃO DE ÁREAS ELEGÍVEIS POR MODELAGEM MATEMÁTICA

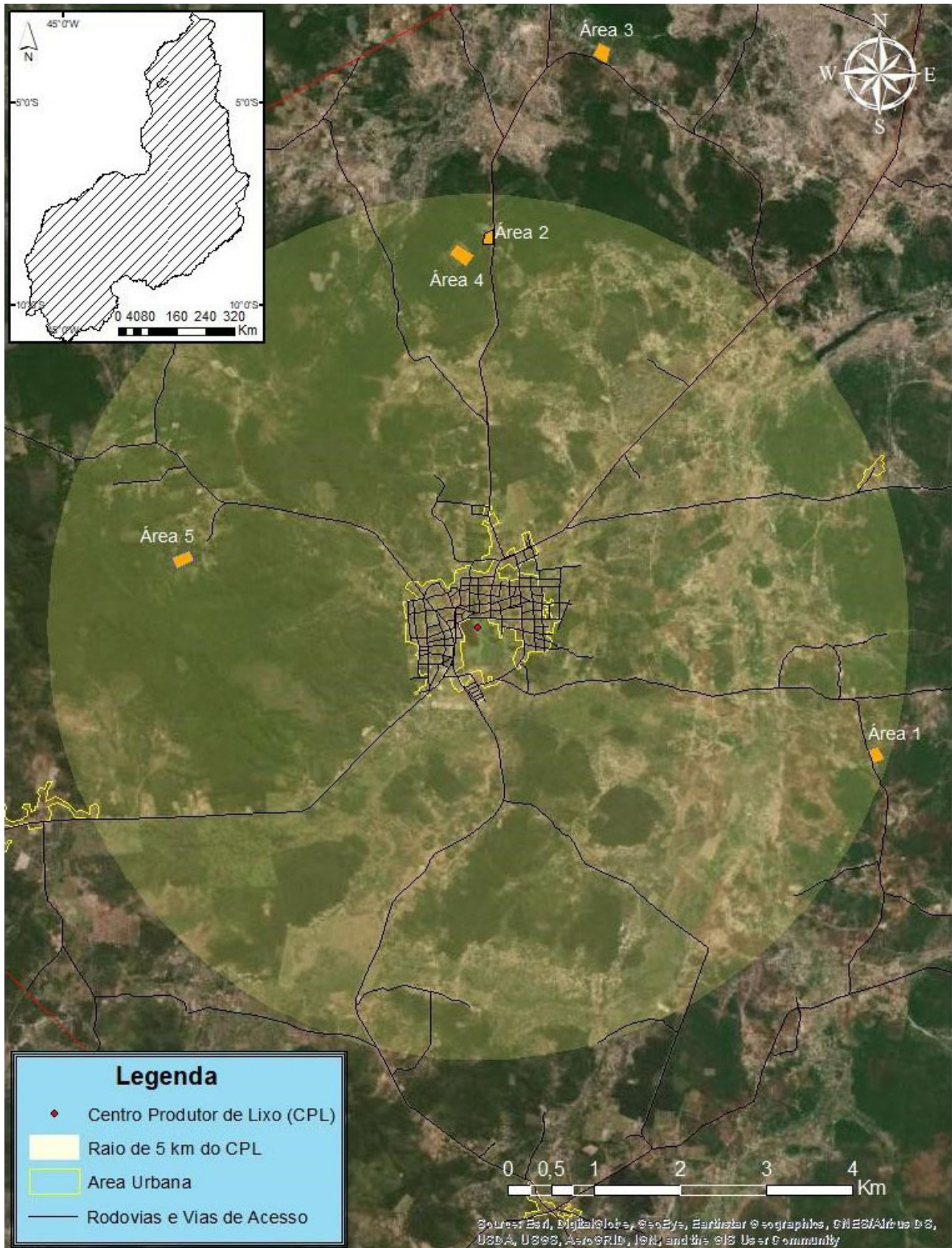
A partir da aplicação dos critérios de seleção (Apêndice A) baseados na análise espacial (*Model Builder* + Análise Hierárquica do Processo - AHP) das áreas favoráveis à implantação de aterros sanitários, foram selecionadas quatro áreas em um raio inferior a 5 km de distância e uma a cerca de 7,5 km do centro produtor de lixo (CPL), no centro urbano de Lagoa Alegre, cuja localização e dimensões são apresentadas na Figura 3.1 e na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Dimensões das áreas investigadas nos levantamentos de campo realizados no raio aproximado de 5 km do CPL da cidade de Lagoa Alegre

ÁREAS INVESTIGADAS	DIMENSÕES (m ²)	DIMENSÕES (Ha)	DISTÂNCIA APROXIMADA DO CPL (km)
Área 1	26.026,00	2,60	5,79
Área 2	28.120,69	2,81	4,78
Área 3	31.485,00	3,15	7,5
Área 4	39.602,92	3,96	4,70
Área 5	31.866,00	3,19	4,27

Fonte: elaborado pelos autores

Os dados utilizados, obtidos e gerados para a execução deste estudo, encontram-se apresentados no Apêndice B.



Fonte: elaborado pelos autores

Figura 3.1 - Localização das áreas avaliadas para implantação do Aterro Sanitário de Lagoa Alegre - PI

3.8. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS ELEGÍVEIS

3.8.1. Área 1

A Área 1 está localizada a sudeste da zona urbana de Lagoa Alegre, a cerca de 5,79 km do centro produtor de lixo, mais precisamente na região conhecida por Alto Bonito. No local foi efetuado o furo de trado FT-02 para realizar testes de infiltração, conforme pode ser observado na Figura 3.2.



Fonte: acervo dos autores

Figura 3.2 - Dados de rebaixamento do nível da água em cada sondagem executada no FT - 02

Os dados de rebaixamento do nível da água nas sondagens realizadas são apresentados na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Dados de rebaixamento do nível da água em cada sondagem executada no FT - 02

FT - 02 (ALTO BONITO) - DATA DE EXECUÇÃO: 30/08/2021					
TEMPO (minutos)	SONDAGEM 0,5 M (rebaixamento em cm)	TEMPO (minutos)	SONDAGEM 1,0 M (rebaixamento em cm)	TEMPO (minutos)	SONDAGEM 1,5 M (rebaixamento em cm)
1	3,5	1	0,5	1	1,5
2	7,0	2	1,0	2	2,5
3	11,5	3	1,5	3	3,0
4	13,0	4	2,0	4	4,0
5	15,0	5	2,5	5	4,5
6	17,0	6	3,5	6	5,0
7	19,5	7	4,0	7	6,0
8	22,0	8	4,5	8	6,5
9	25,0	9	5,0	9	7,5
10	26,5	10	6,0	10	8,0
15	38,0	15	8,5	15	11,5
20	43,0	20	11,5	20	14,3

Fonte: elaborada pelos autores

A Tabela 3.6 apresenta os valores da condutividade hidráulica vertical (Kv) nas três profundidades avaliadas, assim como as médias e as medianas agrupadas.

Tabela 3.6 - Valores da condutividade hidráulica vertical Kv obtidos nas três profundidades investigadas no FT - 02

	FT-02				
	SONDAGEM 0,5 M	SONDAGEM 1,0 M	SONDAGEM 1,5 M	MEDIANA	MÉDIA
Kv (cm/seg)	0,00019601	0,00024500	0,000176188	0,00019601	0,00020573
Kv (m/seg)	0,00000196	0,00000245	1,76188E-06	0,00000196	0,00000206
Kv (m/dia)	0,169350017	0,211683996	0,152226049	0,16935002	0,17775335

Fonte: elaborada pelos autores

Os valores de Kv medianos ($1,96 \times 10^{-4}$ cm/seg ou 0,17 m/dia) identificados para os testes da Área 1 caracterizam, no geral, para esse parâmetro, valores médios de $2,06 \times 10^{-6}$ m/seg, enquadrando-se como silte arenoso ou areia fina siltosa. Nas análises granulométricas realizadas, foram identificadas granulometrias correspondentes à areia, com predominância das frações média, fina e muito fina e como silte, conforme pode ser verificada no Apêndice B.

A predominância de material arenoso (62,88%) no FT-02 foi corroborada pelas análises de difração de raios-x, onde o principal mineral identificado foi o quartzo, com pequenas frações de caulinita (argilomineral), conforme apresentado no difratograma do Apêndice B (Quadro 2).

3.8.2. Área 2

A Área 2 está localizada a norte da zona urbana do município, em uma localidade conhecida como Sembal, a aproximadamente 4,78 km do centro produtor de lixo, com acesso pela Estrada de Cupins, apresentando 2,81 hectares de dimensão. Ao lado, foi identificado um poço tubular cuja profundidade registrada do nível estático foi de 14,13 m (Figura 3.3).

No local, foi realizado o furo de trado FT-04 (Figura 3.4) para executar o teste de infiltração. Os dados de rebaixamento do nível da água, nas sondagens do FT-04 são apresentados na Tabela 3.7.



Fonte: acervo dos autores

Figura 3.3 - Verificação do nível estático em poço tubular localizado ao lado da Área 2



Fonte: acervo dos autores

Figura 3.4 - Execução do FT-04 na Área 2

Tabela 3.7 - Dados de rebaixamento do nível da água em cada sondagem executada no FT - 04

FT - 04 (ÁREA 2) - DATA DE EXECUÇÃO: 31/08/2021					
TEMPO (minutos)	SONDAGEM 0,5 m (rebaixamento em cm)	TEMPO (minutos)	SONDAGEM 1,0 m (rebaixamento em cm)	TEMPO (minutos)	SONDAGEM 1,5 m (rebaixamento em cm)
1	0,00	1	0,30	1	0,10
2	0,00	2	0,50	2	0,50
3	0,00	3	0,50	3	0,90
4	0,00	4	0,60	4	1,50
5	0,00	5	0,70	5	2,00
6	0,00	6	0,80	6	2,40
7	0,00	7	0,90	7	2,90
8	0,00	8	1,00	8	3,40
9	0,30	9	1,20	9	3,40
10	0,40	10	1,90	10	3,90
15	0,40	15	2,00	15	5,50
20	0,50	20	2,90	20	7,00

Fonte: elaborada pelos autores

A Tabela 3.8, por sua vez, apresenta os valores da condutividade hidráulica vertical (Kv) nas três profundidades avaliadas, assim como as médias e as medianas agrupadas.

Tabela 3.8 - Valores da condutividade hidráulica vertical Kv obtidos nas três profundidades investigadas no FT - 04

				FT-03	
	SONDAGEM 0,5 m	SONDAGEM 1,0 m	SONDAGEM 1,5 m	MEDIANA	MÉDIA
Kv (cm/seg)	0,00012655	0,00001773	0,00033197	0,00012655	0,00015875
Kv (m/seg)	0,00000127	0,00000018	3,3197E-06	0,00000127	0,00000159
Kv (m/dia)	0,10933515	0,01531637	0,2868251	0,10933515	0,13715888

Fonte: elaborada pelos autores

Os valores de Kv medianos ($1,27 \times 10^{-4}$ cm/s ou 0,11 m/dia), identificados para os testes do FT- 04 da Área 2, caracterizam, no geral para esse parâmetro, valores médios de $1,59 \times 10^{-6}$ m/seg, enquadrando-se como silte arenoso, areia fina e areia siltica.

Nas análises granulométricas realizadas, foram identificados solos correspondentes à areia, perfazendo 57,82% do total analisado, com predominância da fração fina, porém, com valor aproximado de 39,83% de argila e silte, um conteúdo elevado. (Apêndice B – Quadro 1).

A análise mineralógica por difração de raios-X confirmou a predominância de solos arenosos no FT-04, pois, conforme apresentado no difratograma, há predominância de quartzo com pequenas frações de caulinita (Apêndice B – Quadro 1).

3.8.3. Área 3

A Área 3 está localizada a norte da zona urbana de Lagoa Alegre, com acesso principal pela Estrada de Cupins e apresenta dimensões aproximadas de 3,15 hectares, a cerca de 7,50 km do centro produtor de lixo. Está localizada próxima à Comunidade de Santo Antônio, é composta por vegetação de capoeira baixa com presença de árvores de babaçu de médio porte e solo constituído por areia fina a muito fina e argilosa, de acordo com as observações de campo. Dentro dos limites da área, foi identificado um poço tubular cuja profundidade do nível estático identificada foi de apenas 4 m. Foi executada a sondagem FT-03 para coleta de solos e realização dos testes de infiltração.

A Tabela 3.9 apresenta os dados de rebaixamento do nível da água durante a execução dos testes de infiltração nas sondagens realizadas no FT-03, enquanto a Tabela 3.10 ilustra os valores da condutividade hidráulica vertical (Kv) obtidos nas três profundidades avaliadas, assim como as médias e as medianas agrupadas.

Tabela 3.9 - Dados de rebaixamento do nível da água em cada sondagem executada no FT - 03

FT - 03 (ÁREA 3) - DATA: 31/08/2021					
TEMPO (Minutos)	SONDAGEM 0,5 M (rebaixamento em cm)	TEMPO (minutos)	SONDAGEM 1,0 M (rebaixamento em cm)	TEMPO (minutos)	SONDAGEM 1,5 M (rebaixamento em cm)
1	0,50	1	12,50	1	1,00
2	1,50	2	22,50	2	1,70
3	2,00	3	30,00	3	2,00
4	3,00	4	35,00	4	2,50
5	3,50	5	38,00	5	3,00
6	4,00	6	42,00	6	3,50
7	4,50	7	43,00	7	4,00
8	5,00	8	46,00	8	4,50
9	6,00	9	49,00	9	5,00
10	6,50	10	51,00	10	5,50
15	9,50	15	59,00	15	7,50
20	12,00	20	65,00	20	10,00

Fonte: elaborada pelos autores

Tabela 3.10 - Valores da condutividade hidráulica vertical Kv obtidos nas três profundidades investigadas no FT - 04

	SONDAGEM 0,5 m	SONDAGEM 1,0 m	SONDAGEM 1,5 m	FT-04	
				MEDIANA	MÉDIA
Kv (cm/seg)	0,00024833	0,00012882	0,00017992	0,00017992	0,00018569
Kv (m/seg)	0,00000248	0,00000129	1,7992E-06	0,00000180	0,00000186
Kv (m/dia)	0,21455729	0,11130451	0,1554525	0,15545250	0,16043810

Fonte: elaborada pelos autores

Os valores de Kv medianos ($1,80 \times 10^{-4}$ cm/seg ou 0,15 m/dia), identificados para os testes do FT- 03 da Área 3, caracterizam, no geral, para esse parâmetro, valores médios de $1,86 \times 10^{-6}$ m/seg, enquadrando-se como silte arenoso, areia fina e areia síltica.

Nas análises granulométricas realizadas foram identificados solos constituídos por areia, correspondendo a 62,21% do total analisado, com predominância de frações fina a muito fina com 28,15% de teor de argila (Apêndice B - Quadro 1).

O difratograma ilustra o quartzo como mineral predominante nas amostras coletadas no FT-03, ocorrendo ainda pequenas frações de hematita, caulinita e rutilo, corroborando os resultados identificados nas análises granulométricas (Apêndice B - Quadro 2).

3.8.4. Área 4

A Área 4 está localizada a norte de Lagoa Alegre a partir da saída pela Estrada de Cupins, no sentido do município de Miguel Alves, distante 4,70 km do centro produtor de lixo. Possui cerca de 3,96 hectares de dimensão, onde foi executado o FT-05 para coleta de amostras de solos e execução do teste de infiltração. A cerca de 700 m de distância do local, foi identificado um poço cacimba (Figura 3.5), onde a profundidade registrada do nível estático foi de 4,40 m. Da mesma forma, o valor do nível estático identificado para o poço tubular na Área 3 pode ser considerado para a Área 4, considerando a distância de 250 metros para a última.



Fonte: acervo dos autores

Figura 3.5 - Poço cacimba identificado próximo à Área 4

A Tabela 3.11 apresenta os dados de rebaixamento do nível da água durante a execução dos testes de infiltração nas sondagens de 0,5 m, 1,0 m e 1,5 m de profundidade realizados no FT-05.

Tabela 3.11 - Dados de rebaixamento do nível da água em cada sondagem executada no FT - 05

FT - 05 (ÁREA 4) - DATA DE EXECUÇÃO: 31/08/2021					
TEMPO (minutos)	SONDAGEM 0,5 M (rebaixamento em cm)	TEMPO (minutos)	SONDAGEM 1,0 M (rebaixamento em cm)	TEMPO (minutos)	SONDAGEM 1,5 M (rebaixamento em cm)
1	0,10	1	3,00	1	1,50
2	0,50	2	5,50	2	2,50
3	1,50	3	8,40	3	4,00
4	1,90	4	10,50	4	6,50
5	2,50	5	13,50	5	7,00
6	2,50	6	16,00	6	8,40
7	3,00	7	18,00	7	9,50
8	3,50	8	20,00	8	10,90
9	3,90	9	22,00	9	11,90
10	4,50	10	23,90	10	13,00
15	6,30	15	34,00	15	19,20
20	8,40	20	43,50	20	25,40

Fonte: elaborada pelos autores

Na Tabela 3.12 são apresentados os valores da condutividade hidráulica vertical (Kv), obtidos nas três profundidades avaliadas, assim como os valores médios e medianos identificados para esse parâmetro.

Tabela 3.12 - Valores da condutividade hidráulica vertical Kv obtidos nas três profundidades investigadas no FT - 05

	SONDAGEM 0,5 m	SONDAGEM 1,0 m	SONDAGEM 1,5 m	FT-05	
				MEDIANA	MÉDIA
Kv (cm/seg)	0,00775533	0,00020896	0,00022108	0,00022108	0,00272845
Kv (m/seg)	0,00007755	0,00000209	2,2108E-06	0,00000221	0,00002728
Kv (m/dia)	6,70060218	0,18053756	0,19101109	0,19101109	2,35738361

Fonte: elaborada pelos autores

De acordo com os dados apresentados na Tabela 3.12, a condutividade hidráulica vertical mediana identificada foi de $2,21 \times 10^{-4}$ cm/seg ou 0,19 m/dia, que representa um valor médio de $2,73 \times 10^{-5}$ m/seg. Os valores identificados no FT-05 correspondem a silte arenoso, areia fina ou areia siltica.

Nas análises granulométricas foram identificados 74,26% de teor de areia nas amostras do FT-05, com predominância das granulometrias fina e média, além de 18,92% de de argila. As características granulométricas das amostras do FT-05 são apresentadas no Apêndice B – Quadro 1.

O difratograma apresentado ilustra o quartzo como mineral predominante nas amostras coletadas no FT-05, ocorrendo, ainda, pequenas frações de caulinita e rutilo, corroborando os resultados identificados nas análises granulométricas (Apêndice B – Quadro 2).

3.8.5. Área 5

A Área 5, avaliada no município de Lagoa Alegre, possui dimensões aproximadas de 3,19 hectares e está localizada a noroeste de sua sede urbana, a partir da saída da Rodovia PI-358, sentido município de União, seguindo à esquerda pela primeira estrada vicinal, a cerca de 4,27 km do centro produtor de lixo. O local está localizado em uma região conhecida por Cacimba do Cipó, onde o FT-01 (Figura 3.6) foi executado. Foi identificado, a 300 metros de distância da Área 5, um poço cacimba (Figura 3.7) com sistema de abastecimento público por chafariz, em que o nível estático identificado foi de 7,20 m de profundidade.



Fonte: acervo dos autores

Figura 3.6 - Execução do FT-01



Fonte: acervo dos autores

Figura 3.7 - Poço tubular localizado próximo ao local onde foi executado o FT-01

Os dados de rebaixamento do nível da água nas sondagens são apresentados na Tabela 3.13.

Tabela 3.13 - Dados de rebaixamento do nível da água em cada sondagem executada no FT - 01

FT - 01 (ÁREA 5) - DATA DE EXECUÇÃO: 30/08/2021					
TEMPO (minutos)	SONDAGEM 0,5 M (rebaixamento em cm)	TEMPO (minutos)	SONDAGEM 1,0 M (rebaixamento em cm)	TEMPO (minutos)	SONDAGEM 1,5 M (rebaixamento em cm)
1	1,00	1	1,80	1	13,40
2	1,50	2	2,34	2	24,00
3	2,00	3	5,00	3	30,00
4	3,00	4	6,70	4	36,00
5	3,50	5	8,00	5	43,00
6	4,50	6	10,00	6	48,50
7	5,00	7	11,50	7	53,50
8	6,00	8	13,00	8	58,00
9	6,50	9	15,00	9	64,00
10	7,20	10	16,00	10	66,50
15	10,50	15	22,00	15	83,00
20	12,00	20	31,00	20	96,00

Fonte: elaborada pelos autores

A Tabela 3.14 apresenta os valores da condutividade hidráulica vertical (Kv), obtidos nas três profundidades avaliadas, assim como os valores médios e medianos identificados para esse parâmetro.

Tabela 3.14 - Valores da condutividade hidráulica vertical Kv obtidos nas três profundidades investigadas no FT - 01

				FT-06	
	SONDAGEM 0,5 m	SONDAGEM 1,0 m	SONDAGEM 1,5 m	MEDIANA	MÉDIA
Kv (cm/seg)	0,00019417	0,00022240	0,00015386	0,00019417	0,00019014
Kv (m/seg)	0,00000194	0,00000222	1,5386E-06	0,00000194	0,00000190
Kv (m/dia)	0,16776142	0,1921532	0,13293776	0,16776142	0,16428411

Fonte: elaborada pelos autores

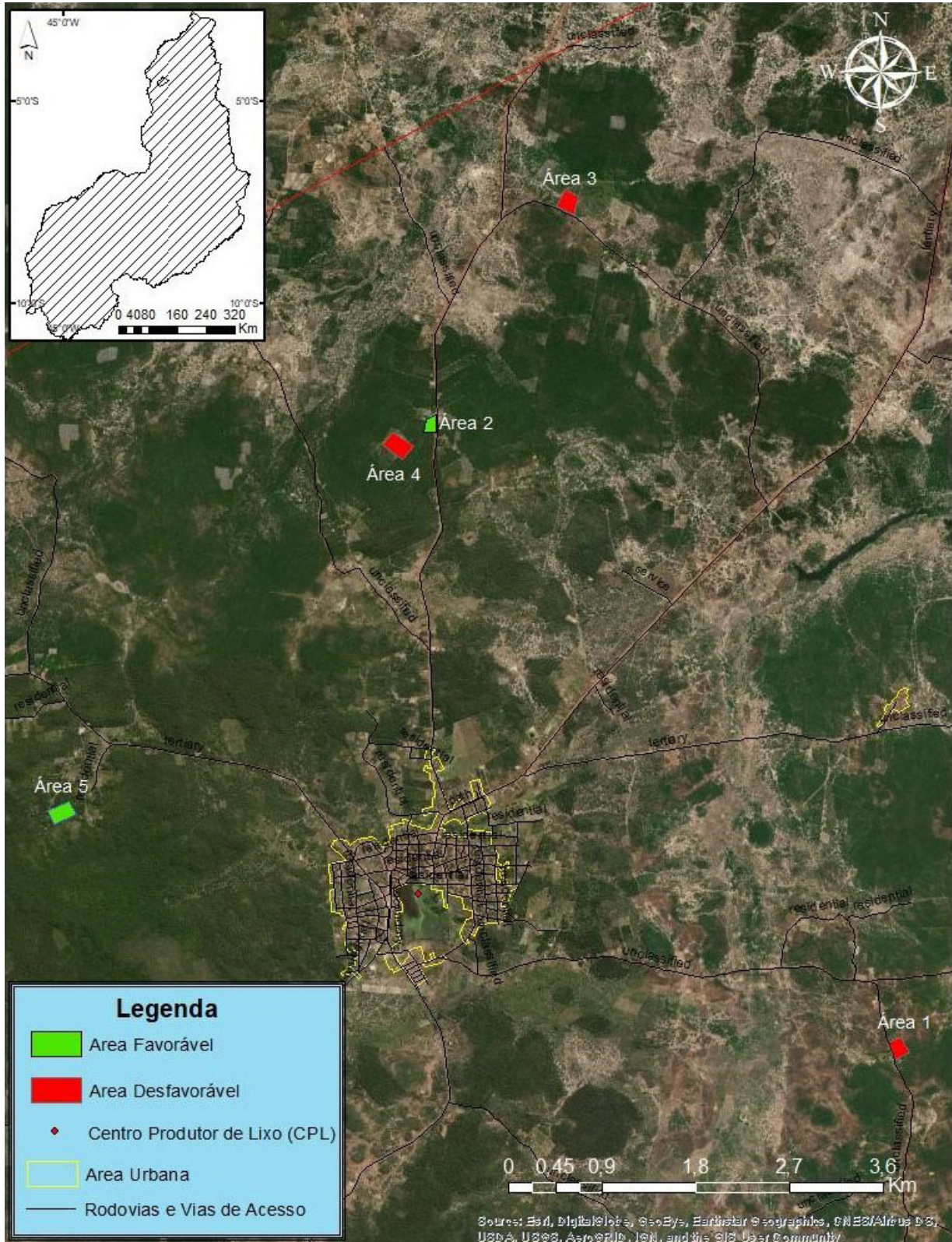
De acordo com a Tabela 3.14, a condutividade hidráulica vertical mediana identificada foi de $1,94 \times 10^{-4}$ cm/seg ou 0,17 m/dia, o que representa um valor médio de $1,90 \times 10^{-6}$ m/seg. Os valores de Kv correspondem a silte arenoso, areia fina ou areia siltica no FT-01, mantendo-se correlacionável ao identificado nos demais testes de infiltração executados.

Nas análises granulométricas foram identificados 63,24% de teor de areia nas amostras do FT-01, com predominância das granulometrias média e muito fina e com teores de silte de 29,61% (Apêndice B – Quadro 1).

Os principais minerais identificados nas amostras coletadas no FT-01 correspondem ao quartzo como mineral predominante, com pequenas frações de caulinita (Apêndice B – Quadro 2).

3.9. ANÁLISE COMPARATIVA E CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS FRENTE AOS CRITÉRIOS ESTABELECIDOS.

Após a análise detalhada das cinco áreas previamente definidas por intermédio de geoprocessamento e pelos levantamentos de campo, foi possível caracterizar os critérios técnicos, econômico-financeiros e político-sociais definidos pela NBR 13.896 (ABNT, 1997) e, dessa forma, ponderar a(s) área(s) mais favorável(is) para instalação do aterro sanitário municipal. Para ilustrar a classificação das áreas avaliadas de forma didática, Krebs et al. (1999) as separou em três classes: favoráveis, **medianamente favoráveis e desfavoráveis** para a implantação de aterros sanitários (Figura 3.8).



Fonte: elaborado pelos autores

Figura 3.8 - Localização das áreas avaliadas para implantação do Aterro Sanitário de Lagoa Alegre - PI

Definidas as prioridades e os tipos de atendimento para cada parâmetro avaliado pela norma NBR 13.896 nas cinco áreas, de acordo com Monteiro *et al.* (2004), seus níveis de atendimento são apresentados na Tabela 3.15. Em seguida, foram inferidos os respectivos percentuais de atendimento, conforme apresentado na Tabela 3.16, para, finalmente, ser obtida a classificação da Tabela 3.17, em valores absolutos.

Tabela 3.15 - Critérios de seleção de áreas para implantação de aterros sanitários, conforme a NBR 13.896 da ABNT (1997), com os índices de atendimento de cada área pré-selecionada

CRITÉRIOS	PRIORIDADE	ATENDIMENTO				
		ÁREA 1	ÁREA 2	ÁREA 3	ÁREA 4	ÁREA 5
		%	%	%	%	%
Proximidade a cursos d'água	10	T	T	T	T	T
Proximidade a núcleos residenciais	10	T	T	T	T	T
Proximidade a aeroportos	10	T	T	T	T	T
Distância do lençol freático	10	N	T	N	N	T
Distância de núcleos de baixa renda	6	T	T	T	T	T
Vias de acesso com baixa ocupação	6	T	T	T	T	T
Problemas com a comunidade local	6	T	T	T	T	T
Aquisição do terreno	4	P	P	P	P	P
Investimento em infraestrutura	4	P	P	P	P	P
Vida útil mínima	3	T	T	T	T	T
Uso do solo	3	T	T	T	T	T
Permeabilidade natural do solo	3	P	P	P	P	P
Extensão da bacia de drenagem	3	T	T	T	T	T
Acesso a veículos pesados	3	T	T	T	T	T
Material de cobertura	3	T	T	T	T	T
Manutenção do sistema de drenagem	2	T	T	T	T	T
Distância ao centro de coleta	1	N	T	N	T	T

Legenda: T – atende integralmente; P – atende parcialmente; N – não atende.

Fonte: modificado de MONTEIRO *et al.*, 2001

Tabela 3.16 - Porcentagem de atendimento das áreas pré-selecionadas para implantação do aterro sanitário municipal de Lagoa Alegre, com a Norma NBR. 13.896 da ABNT (1997)

CRITÉRIOS	PRIORIDADE	ATENDIMENTO				
		ÁREA 1	ÁREA 2	ÁREA 3	ÁREA 4	ÁREA 5
		%	%	%	%	%
Proximidade a cursos d'água	10	100	100	100	100	100
Proximidade a núcleos residenciais	10	100	100	100	100	100
Proximidade a aeroportos	10	100	100	100	100	100
Distância do lençol freático	10	0	100	0	0	100
Distância de núcleos de baixa renda	6	100	100	100	100	100
Vias de acesso com baixa ocupação	6	100	100	100	100	100
Problemas com a comunidade local	6	100	100	100	100	100
Aquisição do terreno	4	50	50	50	50	50
Investimento em infraestrutura	4	50	50	50	50	50
Vida útil mínima	3	100	100	100	100	100
Uso do solo	3	100	100	100	100	100
Permeabilidade natural do solo	3	50	50	50	50	50
Extensão da bacia de drenagem	3	100	100	100	100	100
Acesso a veículos pesados	3	100	100	100	100	100
Material de cobertura	3	100	100	100	100	100
Manutenção do sistema de drenagem	2	100	100	100	100	100
Distância ao centro de coleta	1	0	100	0	100	100

Fonte: modificado de MONTEIRO *et al.*, 2001

Tabela 3.17 - Pontuação final das áreas pré-selecionadas para implantação do Aterro Sanitário do Município de Lagoa Alegre, de acordo com a Norma NBR 13.896 da ABNT (1997)

CRITÉRIOS	PRIORIDADE	ATENDIMENTO				
		ÁREA 1	ÁREA 2	ÁREA 3	ÁREA 4	ÁREA 5
		%	%	%	%	%
Proximidade a cursos d'água	10	10	10	10	10	10
Proximidade a núcleo residenciais	10	10	10	10	10	10
Proximidade a aeroportos	10	10	10	10	10	10
Distância do lençol freático	10	0	10	0	0	10
Distância de núcleos de baixa renda	6	6	6	6	6	6
Vias de acesso com baixa ocupação	6	6	6	6	6	6
Problemas com a comunidade local	6	6	6	6	6	6
Aquisição do terreno	4	2	2	2	2	2
Investimento em infraestrutura	4	2	2	2	2	2
Vida útil mínima	3	3	3	3	3	3
Uso do solo	3	3	3	3	3	3
Permeabilidade natural do solo	3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Extensão da bacia de drenagem	3	3	3	3	3	3
Acesso a veículos pesados	3	3	3	3	3	3
Material de cobertura	3	3	3	3	3	3
Manutenção do sistema de drenagem	2	3	3	3	3	3
Distância ao centro de coleta	1	0	1	0	1	1
Pontuação Final das Áreas		71,5	82,5	71,5	72,5	82,5

Fonte: modificado de MONTEIRO *et al.*, 2001

Vale destacar que de acordo com os critérios estabelecidos por Krebs *et al.* (1999) as áreas medianamente favoráveis são aquelas cujas medidas mitigadoras são suficientes para que uma região investigada atenda aos critérios técnicos; as áreas favoráveis são naturalmente adequadas; as áreas desfavoráveis possuem as mesmas características, no entanto, no sentido oposto, não podem ser corrigidas por meio de medidas mitigadoras, como obras estruturantes. Dessa forma, de acordo com os autores, quando um critério técnico não for atendido, a área é automaticamente descartada. Esse fato foi verificado em relação à profundidade do lençol freático identificado nos poços avaliados nas imediações das áreas 1, 3 e 4 (Tabela 3.17), considerando que o nível estático identificado foi de 3,59 m, 4,0 m e 4,40 m, respectivamente. Diante dessa situação, somente as áreas 2 e 5 puderam ser consideradas favoráveis para a instalação do Aterro Sanitário Municipal de Lagoa Alegre, pois ambas atenderam totalmente aos 14 itens do total avaliado. No que se refere à permeabilidade natural do solo, correspondente à condutividade hidráulica vertical (Kv) da zona não saturada, a Norma NBR 13.896 (ABNT, 1997) estabelece que os solos locais devem apresentar valores de Kv na ordem de 5×10^{-5} cm/s. Em todas as áreas investigadas foram identificados valores limites para esse parâmetro, na ordem de 10^{-4} cm/s. ,por esse motivo, considerou-se que esse fator foi parcialmente atendido em todas as áreas.

A pontuação final obtida a partir da soma de todos os parâmetros avaliados individualmente foi o critério utilizado para identificar a(s) área(s) mais favorável(is) para instalação do referido empreendimento. Por fim, dentre as cinco áreas avaliadas, as áreas 2 e 5 empataram, atingindo o valor final de 82,5 pontos; e as áreas 1, 3 e 4 apresentaram pelo menos um parâmetro não atendido, sendo, automaticamente, descartadas.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De acordo com os estudos realizados no município de Lagoa Alegre (PI), com o objetivo de identificar as áreas mais apropriadas para a instalação do aterro sanitário municipal, foi possível ponderar as seguintes conclusões, além de apreciar algumas recomendações, como:

- Para dimensionar a área do Aterro Sanitário de Lagoa Alegre foram consideradas duas possibilidades: a primeira aprecia a disposição dos resíduos sólidos em celas e empilhamento com projeção de taludes e, a segunda, sugere a construção de trincheiras para disposição dos resíduos. Na primeira situação, a área necessária para sua instalação é de apenas 0,36 hectares; na segunda opção, recomenda-se a construção de trincheiras com dimensões de 5 m x 5 m x 4 m, correspondendo ao volume de 100 m³ por trincheira. Para essas dimensões, seria necessária uma área total de 1,96 hectares para o aterro sanitário municipal;
- Recomenda-se que seja utilizado o sistema de valas ou trincheiras para a disposição final dos resíduos sólidos domiciliares de Lagoa Alegre, considerando, principalmente, a população urbana estimada, para 2021, de apenas 3.272 habitantes (38% da população total), cujo coeficiente de crescimento populacional, calculado em 1,70% com base nos últimos 20 anos, deverá ser de 4.584 habitantes até o ano de 2041. A facilidade de operação para instalar e gerenciar esse tipo de sistema de disposição deverá ser considerada;
- O tipo de solo predominante nas áreas avaliadas de Lagoa Alegre corresponde à areia, equivalente a 66% das amostras analisadas, com frações variando entre as granulometrias muito fina a muito grossa;
- As análises de difração de raios-X, representadas nos difratogramas, confirmam os resultados obtidos nas análises granulométricas, em que o quartzo é o mineral predominante, acompanhado de pequenas frações de caulinita, hematita e rutilo;
- Os valores de permeabilidade ou condutividade hidráulica vertical (Kv) dos solos, que constituem a zona não saturada das áreas avaliadas, foram identificados na ordem de 10⁻⁴ cm/s ou 10⁻¹ m/dia, característicos de solos arenosos, conforme descrito por Fetter (1988) e corroborado pelas análises granulométricas e pelas difrações de raios-X;
- Dentre as cinco áreas avaliadas no município de Lagoa Alegre, as áreas 2 e 5 atenderam integralmente a 14 dos 17 critérios avaliados pela Norma NBR 13.896 (ABNT, 1997), e parcialmente aos demais critérios. As demais áreas não atenderam a nenhum dos critérios avaliados, sendo consideradas inadequadas, e de acordo com o método estabelecido por Krebs *et al.* (1999), e foram descartadas;
- Apesar das áreas 2 e 5 terem obtido a mesma pontuação (82,5 pontos), recomenda-se que o Aterro Sanitário Municipal de Lagoa Alegre seja construído na Área 2, em função da maior profundidade do lençol freático identificado (14,13 metros);
- Não é recomendada a constituição de consórcio intermunicipal para instalação de aterro sanitário que atenda ao município de Lagoa Alegre, pois o mesmo possui fronteira mais próxima com as sedes municipais vizinhas de José de Freitas (32 km distante) e União (32,5 km distante). A distância entre as sedes municipais inviabiliza economicamente a celebração de um aterro consorciado;
- Devido as dimensões e ao tamanho da população do município de Lagoa Alegre, aliados ao volume de resíduos sólidos domiciliares (RDO) produzidos até o final da vida útil do aterro e a facilidade operacional, recomenda-se que o Aterro Sanitário Municipal de Lagoa Alegre utilize o sistema de valas ou trincheiras para a disposição final dos resíduos, cujas dimensões e volume já foram apontados. As bases das trincheiras deverão ser impermeabilizadas com mantas constituídas por polietileno de alta densidade (PEAD), considerando a condutividade hidráulica vertical (Kv) dos solos constituintes da zona não saturada;
- Em etapa anterior à elaboração do projeto executivo do aterro sanitário municipal de Lagoa Alegre, recomenda-se a realização de um estudo hidrogeológico local, a fim de determinar o sentido do fluxo subterrâneo no aquífero livre, para orientar na instalação de poços de monitoramento;
-

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. **Geologia de Engenharia e Ambiental**. São Paulo: ABGE, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8419**: apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6502**: rochas e solos. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13896**: aterros de resíduos não perigosos - critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7181**: solo: análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- BRASIL. Presidência da República. Lei n. 6938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 02 set. 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 18 nov. 2022.
- DIAS, J. A. **Análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos**: uma introdução à oceanografia geológica. Faro: Universidade do Algarve, 2004.
- FETTER, C. W. **Applied hydrogeology**. 2.ed. New York: Macmillan, 1988. 592 p.
- FIORI, J. P. O. **Avaliação de métodos de campo para a determinação de condutividade hidráulica em meios saturados e não saturados**. 2010. 110 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2010.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estatística por cidade e estado**: Socorro do Piauí. Brasília: IBGE, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/socorro-do-piaui/panorama>. Acesso em: 20 jun. 2022.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. **Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**: Lei n. 12.305/2010. [Brasília, DF]: IBAMA, 2022. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/residuos/control-de-residuos/politica-nacional-de-residuos-solidos-pnrs>. 2019. Acesso em: 10 nov. 2022.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Lixo municipal**: manual de gerenciamento integrado. 4.ed. - São Paulo: IPT;CEMPRE, 2018.
- KREBS, A. S. J.; ADAMY, A.; REIS, M. R. **Alternativas locais para a disposição de resíduos sólidos urbanos na área de Porto Velho**. Porto Velho: CPRM, 1999.
- MELO JUNIOR, Homero Reis; MARMOS, José Luiz; CONCEIÇÃO, Raimundo Almir Costa; MAIA, Maria Adelaide Mansini; MACHADO, Marceley Ferreira. **Guia de procedimentos técnicos do Departamento de Gestão Territorial**: volume 6 – seleção e caracterização de áreas adequadas para a instalação de aterros sanitários. Brasília: SGB-CPRM, 2022. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/23007>. Acesso em: 29 nov. 2022.
- MONTEIRO, J. H. P.; FIGUEIREDO, C. E. M.; MAGALHÃES, A. F.; MELO, M. A. F.; BRITO, J. C. X. de; ALMEIDA, T. P. F. de; MANSUR, G. L. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.
- WENTWORTH, C. K. A scale of grade and glass terms for clastic sediments. The **Journal of Geology**, Chicago, v.30, n. 5, p.377-392, 1922.

APÊNDICE A

ESTABELECIMENTO DO CONJUNTO DE CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE ÁREAS ADEQUADAS PARA A INSTALAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS E DEFINIÇÃO DE PRIORIDADES PARA O ATENDIMENTO AOS CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

1. CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

1.1 Técnicos

A seleção de uma área para servir de aterro sanitário à disposição final de resíduos sólidos domiciliares deve atender, no mínimo, aos critérios técnicos impostos pela norma NBR 13.896 da ABNT (1997) e pelas legislações federal, estadual e municipal (quando houver).

Todas as condicionantes e restrições relativas às normas da ABNT, assim como os aspectos técnicos da legislação atualmente em vigor, estão consideradas nos critérios listados na Tabela A.1.

Tabela A.1: Critérios técnicos estabelecidos pela Norma NBR 13.896/1997 da ABNT para seleção de área para implantação de aterro sanitário

ITEM	CRITÉRIOS	OBSERVAÇÕES
1	Uso do solo	As áreas têm que se localizar em regiões onde o uso do solo seja rural (agrícola) ou industrial, e fora de qualquer Unidade de Conservação Ambiental.
2	Proximidade aos cursos d'água relevantes	As áreas não podem situar-se a menos de 200 metros de corpos d'água relevantes, tais como rios, lagos, lagoas e oceano, nem estar a menos de 50 metros de qualquer corpo d'água, inclusive valas que pertençam ao sistema de drenagem municipal ou estadual.
3	Proximidade aos núcleos residenciais urbanos	As áreas não devem situar-se a menos de 1.000 m de núcleos residenciais urbanos que abriguem 200 ou mais habitantes.
4	Proximidade aos aeroportos	As áreas não podem situar-se próximas a aeroportos ou aeródromos e devem respeitar a legislação em vigor.
5	Distância do lençol freático	As distâncias mínimas recomendadas pelas normas federais e estaduais são: <ul style="list-style-type: none"> • Para aterros com impermeabilização inferior por meio de manta plástica sintética, a distância do lençol freático até a manta não poderá ser inferior a 1,5 metros. • Para aterros com impermeabilização inferior por meio de camada de argila, a distância do lençol freático até a camada impermeabilizante não poderá ser inferior a 2,5 metros, e deverá ter um coeficiente de permeabilidade menor que 10⁻⁶ cm/s.
6	Vida útil mínima	É desejável que as novas áreas de aterro sanitário tenham, no mínimo, cinco anos de vida útil.
7	Permeabilidade do solo natural	É desejável que o solo do terreno selecionado tenha uma certa impermeabilidade natural, com vistas a reduzir as possibilidades de contaminação do aquífero. As áreas selecionadas devem ter características argilosas e jamais deverão ser arenosas.
8	Extensão da bacia de drenagem	A bacia de drenagem das águas pluviais deve ser pequena, de modo a evitar o ingresso de grandes volumes pluviométricos na área do aterro.
9	Facilidade de acesso a veículos pesados	O acesso ao terreno deve ter pavimentação de boa qualidade, sem rampas íngremes e sem curvas acentuadas, de forma a minimizar o desgaste dos veículos coletores e permitir o livre acesso ao local de vazamento, mesmo na época de chuvas muito intensas.
10	Disponibilidade de material de cobertura	Preferencialmente, o terreno deve possuir ou situar-se próximo a jazidas de material de cobertura, de modo a assegurar a permanente cobertura do lixo a baixo custo.

Fonte: modificado de MONTEIRO *et al.*, 2001

1.2 Econômico-Financeiros

A Tabela A.2 apresenta os critérios econômico-financeiros apresentados pela Norma NBR 13.896 da ABNT (1997), utilizada para a seleção das áreas para implantação de aterros sanitários no Brasil.

Tabela A.2: Critérios econômico-financeiros estabelecidos pela Norma NBR 13.896 ABNT (1997) para seleção e área para implantação de aterro sanitário

ITEM	CRITÉRIOS	OBSERVAÇÕES
1	Distância ao centro geométrico de coleta	É desejável que o percurso de ida (ou de volta) que os veículos de coleta fazem até o aterro, por meio das ruas e estradas existentes, seja o menor possível, com vistas a reduzir o seu desgaste e o custo de transporte do lixo.
2	Custo de aquisição do terreno	Se o terreno não for de propriedade da prefeitura, deverá estar, preferencialmente, em área rural, uma vez que o seu custo de aquisição será menor do que o de terrenos situados em áreas industriais.
3	Custo de investimento em construção e infraestrutura	É importante que a área escolhida disponha de infraestrutura completa, reduzindo os gastos de investimento em abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, drenagem de águas pluviais, distribuição de energia elétrica e telefonia.
4	Custos com manutenção do sistema de drenagem	A área escolhida deve ter um relevo suave, de modo a minimizar a erosão do solo e reduzir os gastos com a limpeza e manutenção dos componentes do sistema de drenagem.

Fonte: modificado de MONTEIRO *et al.*, 2001

1.3 Político Sociais

Por último, a legislação vigente estabelece os critérios político-sociais para a seleção das áreas de implantação de aterros sanitários, conforme a Tabela A.3.

Tabela A.3: Critérios político-sociais estabelecidos pela Norma NBR 13.896 (ABNT, 1997) para seleção de área para implantação de aterro sanitário

ITEM	CRITÉRIOS	OBSERVAÇÕES
1	Distância de núcleos urbanos de baixa renda	Aterros são locais que atraem pessoas desempregadas, de baixa renda ou sem outra qualificação profissional, que buscam a catação do lixo como forma de sobrevivência e que passam a viver desse tipo de trabalho em condições insalubres, gerando, para a prefeitura, uma série de responsabilidades sociais e políticas. Por isso, caso a nova área se localize próxima a núcleos urbanos de baixa renda, deverão ser criados mecanismos alternativos de geração de emprego e/ou renda que minimizem as pressões sobre a administração do aterro em busca da oportunidade de catação. Entre tais mecanismos, destacam-se iniciativas de incentivo à formação de cooperativas de catadores, que podem trabalhar em instalações de reciclagem dentro do próprio aterro ou mesmo nas ruas da cidade, de forma organizada, fiscalizada e incentivada pela prefeitura.
2	Acesso à área através de vias com baixa densidade de ocupação	O tráfego de veículos transportando lixo é um transtorno para os moradores das ruas por onde transitam, sendo desejável que o acesso à área do aterro seja por locais de baixa densidade demográfica.
3	Inexistência de problemas com a comunidade local	É desejável que nas proximidades da área selecionada não tenha havido nenhum tipo de problema da prefeitura com a comunidade local, com organizações não governamentais (ONGs) e com a mídia, pois a indisposição com o poder público causará reações negativas na instalação do aterro.

Fonte: modificado de MONTEIRO *et al.*, 2004

2. DEFINIÇÃO DE PRIORIDADES PARA O ATENDIMENTO AOS CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

O local selecionado para implantar um aterro sanitário deve ser aquele que atenda ao maior número de critérios estabelecidos pela Norma NBR 13.896 (ABNT, 1997), dando ênfase aos de maior prioridade. Tal seleção deve ser precedida de uma análise individual de cada área selecionada, no que concerne aos diversos critérios apresentados, fornecendo a justificativa que permita considerá-los como “totalmente atendido”, “parcialmente atendido” ou “não atendido”.

Quando os atributos naturais do terreno selecionado não forem suficientes para atender integralmente ao critério analisado, tais deficiências deverão ser sanadas por meio da implantação de soluções de engenharia.

2.1 Priorização dos Critérios de Seleção

Desta forma, é realizada uma hierarquização dos critérios estabelecidos, elegendo-se prioridades de 1 a 6 para os parâmetros analisados na seleção das novas áreas para implantação de aterro sanitário, conforme descrito na Tabela A.4.

Tabela A.4: Hierarquização dos critérios de seleção de áreas para implantação de aterros sanitários municipais de acordo com a metodologia adotada

CRITÉRIOS	PRIORIDADE
Atendimento ao SLAP* e à legislação ambiental em vigor	1
Atendimento aos condicionantes político-sociais	2
Atendimento aos principais condicionantes econômicos	3
Atendimento aos principais condicionantes técnicos	4
Atendimento aos demais condicionantes econômicos	5
Atendimento aos demais condicionantes técnicos	6

*SLAP = Sistema de Licenciamento de Atividade Poluidora.

Fonte: modificado de MONTEIRO *et al.*, 2001

2.2 Ponderação do Atendimento aos Critérios

Para escolher a melhor área, é necessário que se fixem pesos, tanto para as prioridades, quanto para o atendimento aos critérios selecionados, como mostrado na Tabela A.5.

Tabela A.5: Pesos dos critérios e dos tipos de atendimentos estabelecidos para a análise das áreas investigadas

Tabela A.5: Pesos dos critérios e dos tipos de atendimentos estabelecidos para a análise das áreas investigadas

PESOS DOS CRITÉRIOS E DO TIPO DE ATENDIMENTO	
PRIORIDADE DOS CRITÉRIOS	PESO
1	10
2	6
3	4
4	3
5	2
6	1
TIPO DE ATENDIMENTO	PESO
Total	100%
Parcial ou com obras	50%
Não atendido	0%

Fonte: modificado de MONTEIRO *et al.*, 2001

2.3 Escolha da Melhor Área

Será considerada melhor área aquela que obtiver o maior número de pontos após a aplicação dos pesos às prioridades e ao atendimento dos critérios.

APÊNDICE B

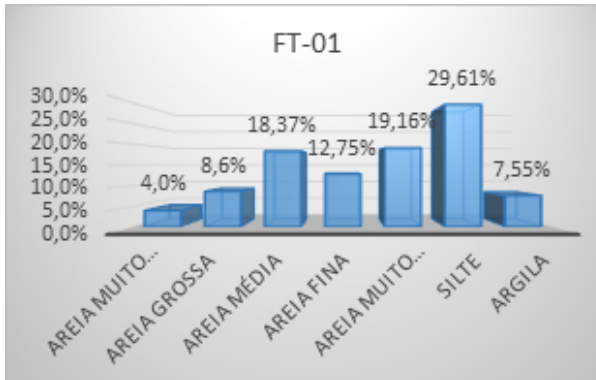
RESULTADOS LABORATORIAIS

1. ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

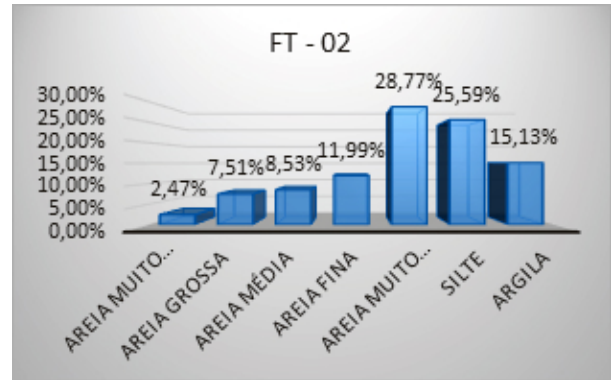
A seguir, são apresentados os resultados das análises granulométricas dos solos coletados nos furos de trados realizados para sondagem do material (Quadro B.1).

Quadro B.1: Gráfico ilustrando o resultado da análise granulométrica realizada nos solos coletados nos furos de trado

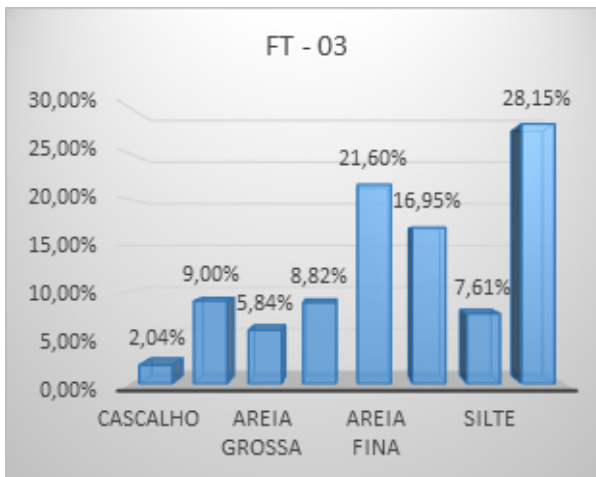
FT-01 - Área 5



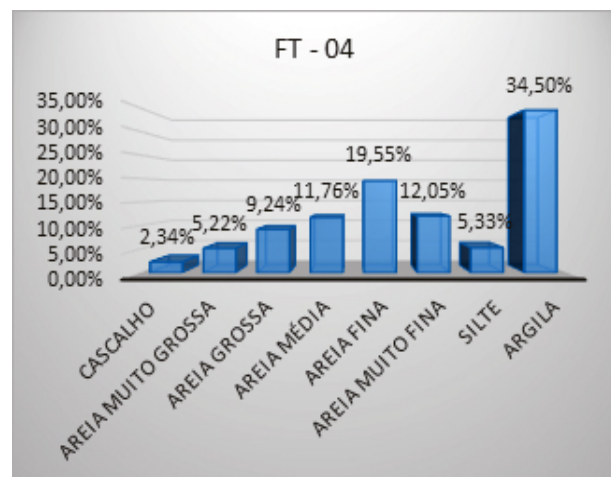
FT-02 - Área 1



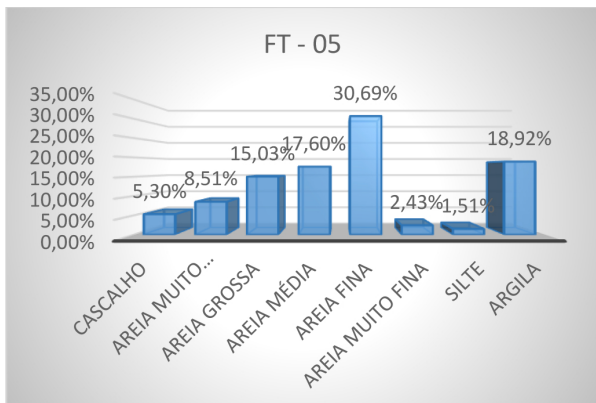
FT-03 - Área 3



FT-04 - Área 2



FT-05 - Área 4



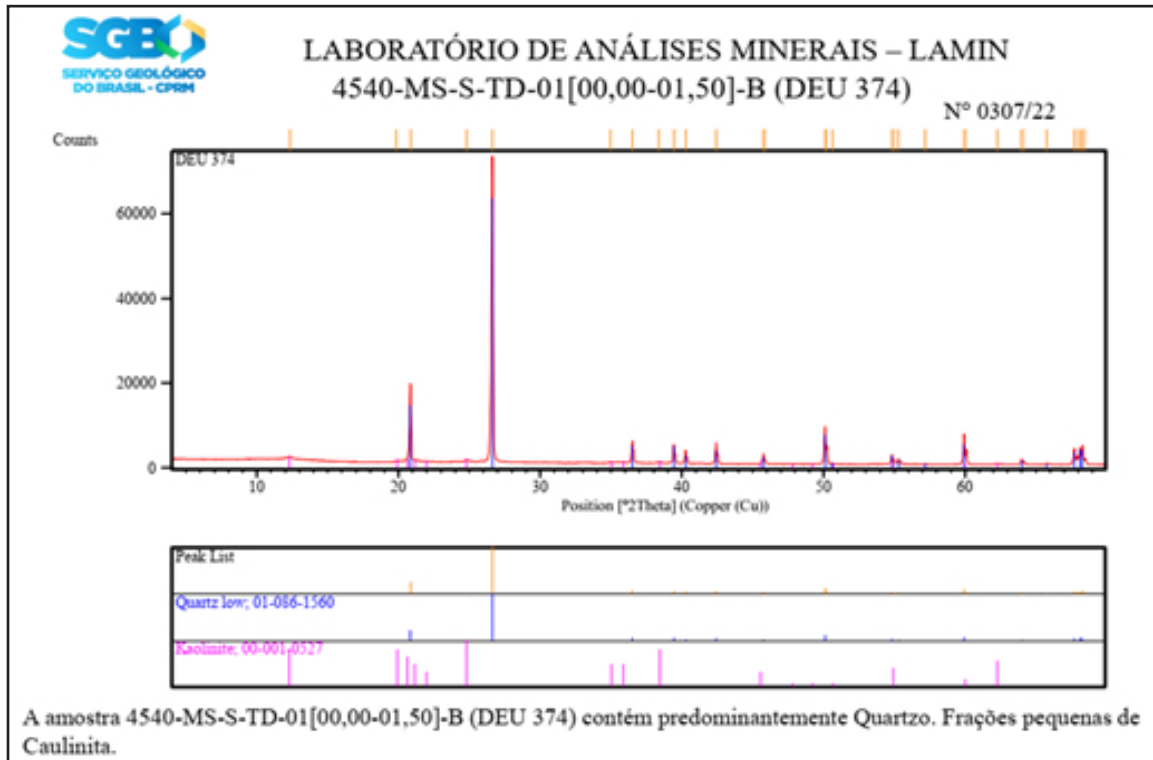
Fonte: elaborado pelos autores

2. ANÁLISES MINERALÓGICAS

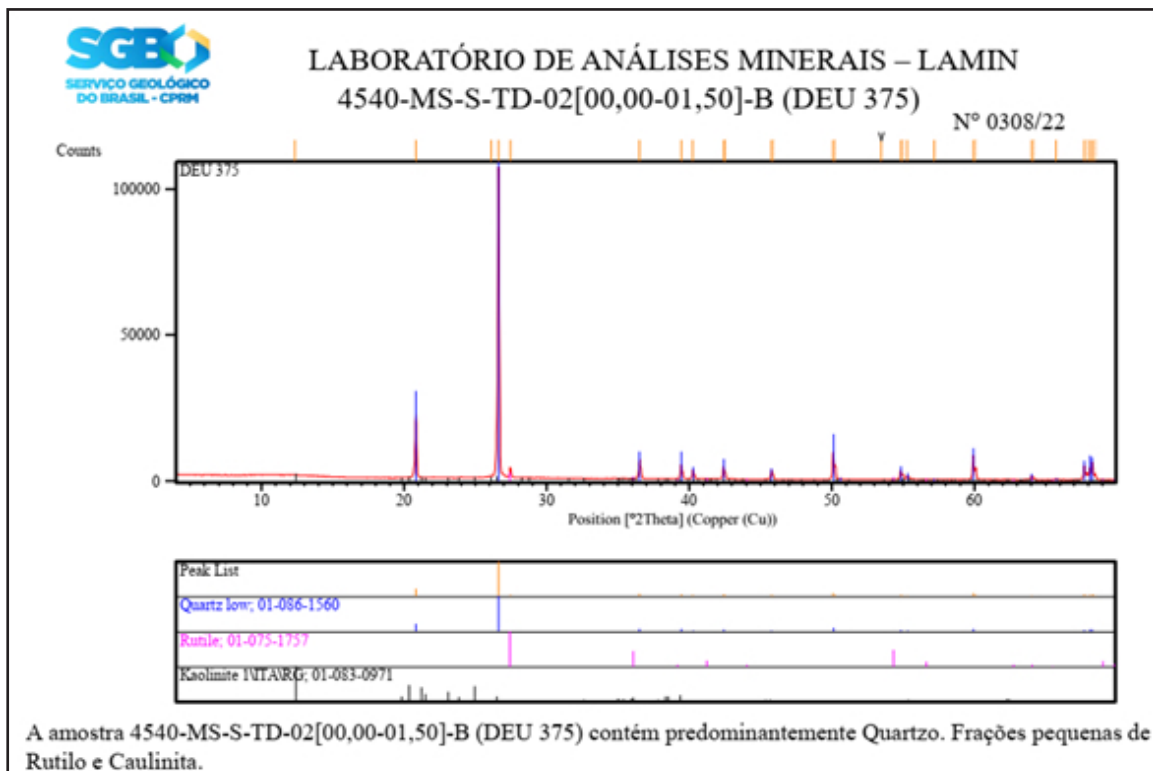
As análises mineralógicas do material coletado nos furos de sondagem são apresentadas no Quadro B.1.

Quadro B.1: Difratograma com os principais minerais identificados nos solos coletados nos furos de trado

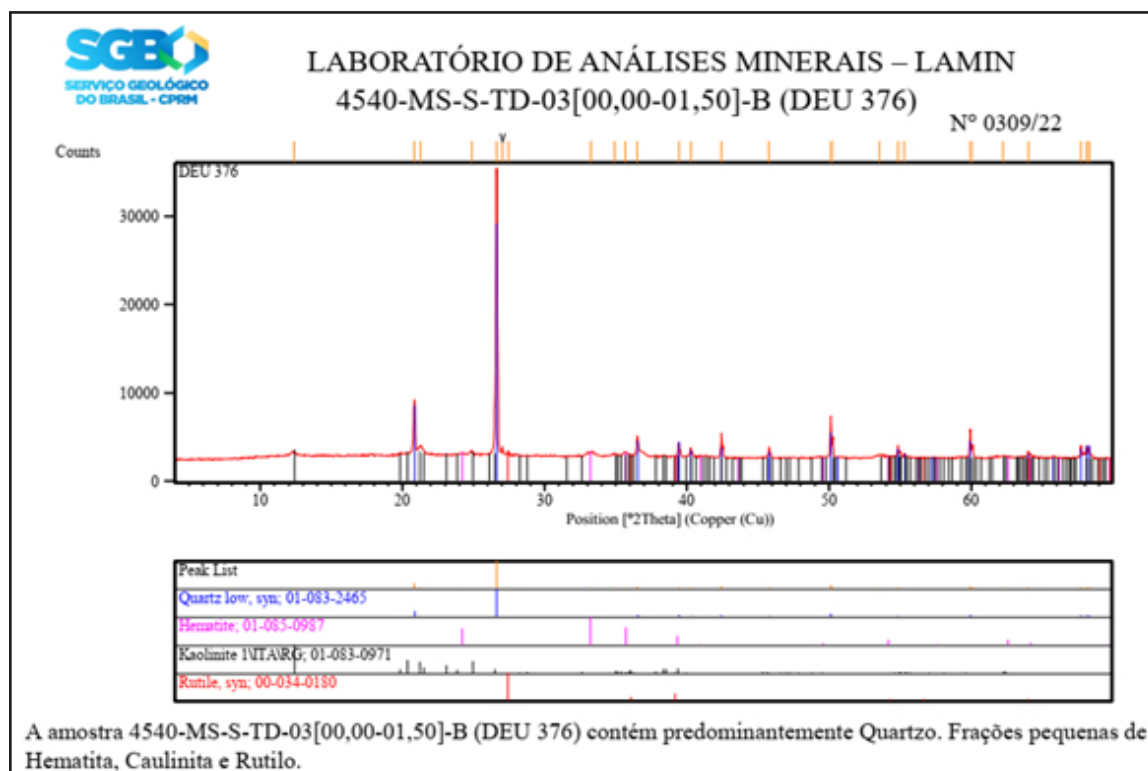
FT-01 - Área 5



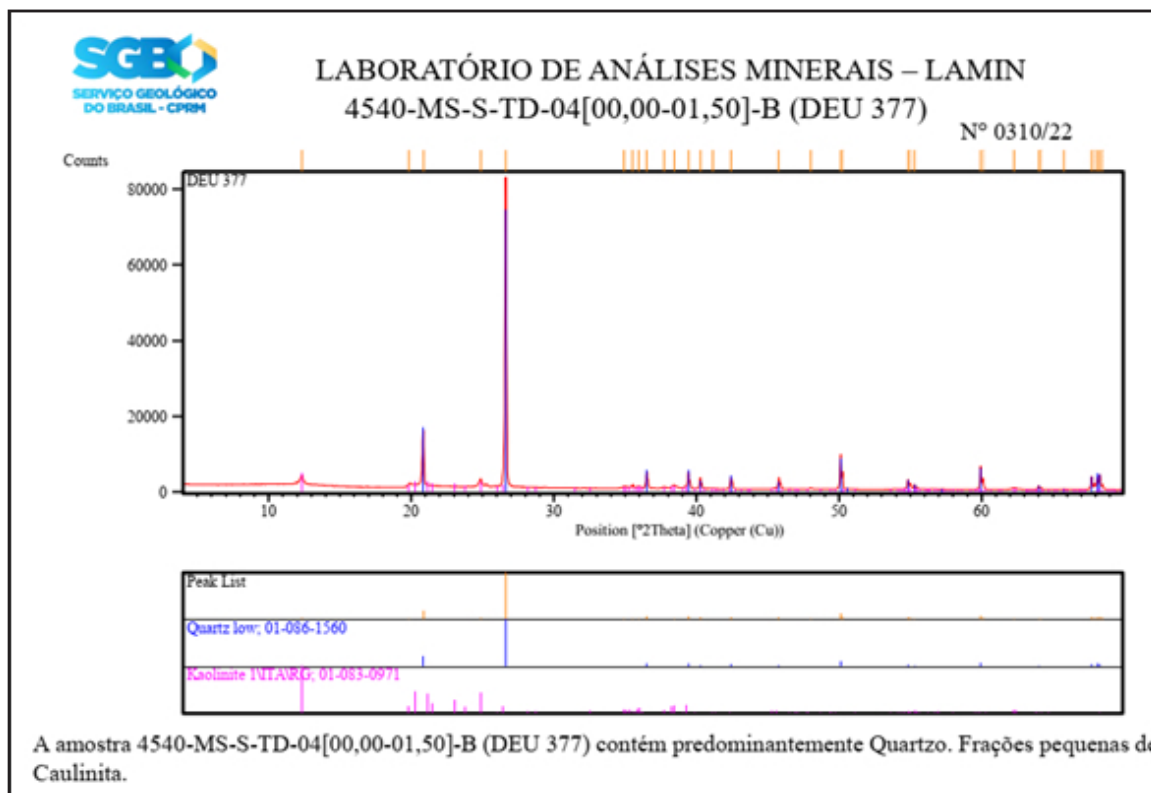
FT-02 - Área 1



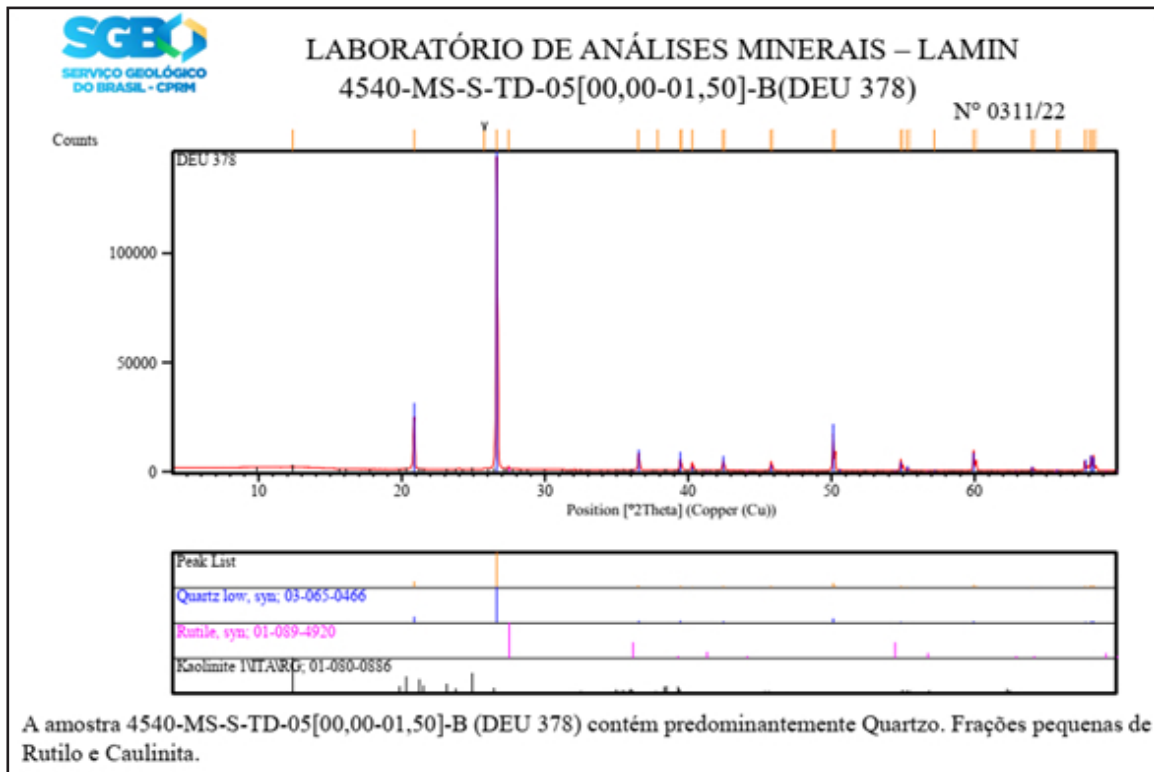
FT-03 - Área 3



FT-04 - Área 2



FT-05 - Área 4



Fonte: LAMIM - Manaus

O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de 17 *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O Serviço Geológico do Brasil – CPRM atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em três grandes linhas de atuação:

- Geologia e Recursos Minerais;
- Geologia Aplicada e Ordenamento Territorial;
- Hidrologia e Hidrogeologia.

Todas as áreas de atuação do SGB-CPRM, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB-CPRM com os ODS.

ÁREA DE ATUAÇÃO GEOCIÊNCIAS

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS



LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS



AValiação DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS MARINHOS



LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS



LEVANTAMENTOS BÁSICO DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS



PREVISÃO DE ALERTA DE CHEIAS E INUNDAÇÕES



AGROGEOLOGIA



LEVANTAMENTOS BÁSICO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



RISCO GEOLÓGICO



GEODIVERSIDADE



PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOPARQUES



ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO



GEOLOGIA MÉDICA



RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO



ÁREA DE ATUAÇÃO SERVIÇOS COMPARTILHADOS

GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO



TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO



LABORATÓRIO DE ANÁLISE MINERAIS



MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA



PALEONTOLOGIA



PARCERIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS



REDE DE BIBLIOTECAS



REDE DE LITOTECAS



ÁREA DE ATUAÇÃO PROGRAMAS INTERNOS

SUSTENTABILIDADE



PRÓ-EQUIDADE



COMITÊ DE ÉTICA



Maiores informações: <http://www.cprm.gov.br/publique/Sobre-a-CPRM/Responsabilidade-Social/Objetivos-de-Desenvolvimento-Sustentavel---ODS-319>

Sede Brasília

Setor Bancário Norte - SBN
Quadra 02, Asa Norte
Bloco H - Edifício Central Brasília
Brasília - DF
CEP 70040-904
Tel.: (61) 2108-8400

Escritório Rio de Janeiro - ERJ

Av. Pasteur, 404 - Urca
Rio de Janeiro - RJ
CEP 22290-255
Tel.: (21) 2295-0032

Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial

Tel.: (31) 3878-0337

Departamento de Gestão Territorial

Tel.: (51) 3406-7307

Divisão de Geologia Aplicada

Tel.: (11) 3775-5152

Divisão de Gestão Territorial

Tel.: (21) 2546-0419

Ouvidoria

Tel.: (21) 2295-4697
ouvidoria@cprm.gov.br

Serviço de Atendimento ao Usuário (SEUS)

Tel.: (21) 2295-5997
seus@cprm.gov.br

www.sgb.gov.br

