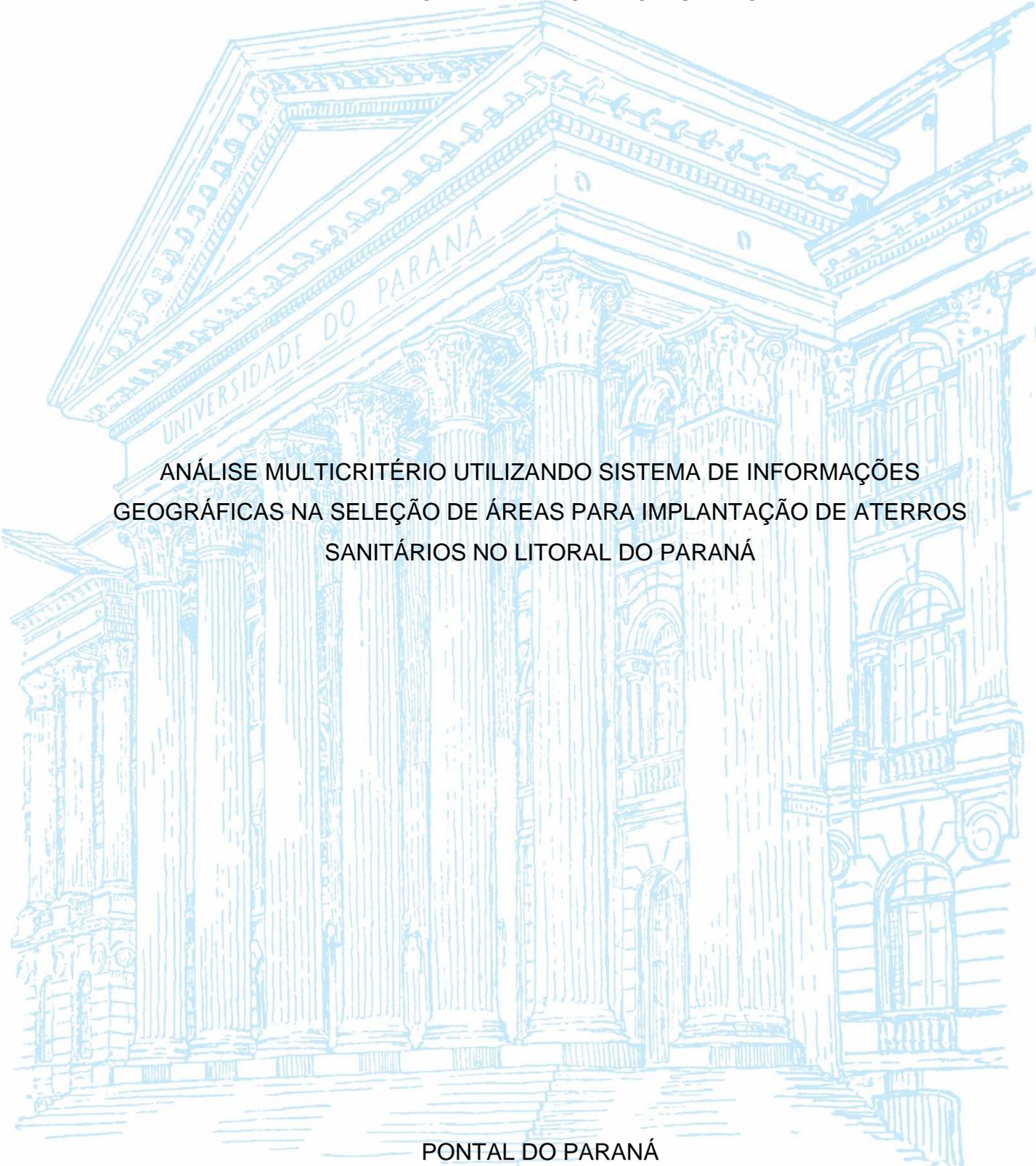


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VIVIANE OLIVEIRA MACHADO MUNARO



ANÁLISE MULTICRITÉRIO UTILIZANDO SISTEMA DE INFORMAÇÕES
GEOGRÁFICAS NA SELEÇÃO DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERROS
SANITÁRIOS NO LITORAL DO PARANÁ

PONTAL DO PARANÁ

2022

VIVIANE OLIVEIRA MACHADO MUNARO

ANÁLISE MULTICRITÉRIO UTILIZANDO SISTEMA DE INFORMAÇÕES
GEOGRÁFICAS NA SELEÇÃO DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERROS
SANITÁRIOS NO LITORAL DO PARANÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Campus Pontal do Paraná, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Almeida Noernberg

PONTAL DO PARANÁ

2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DO CENTRO DE ESTUDOS DO MAR

Munaro, Viviane Oliveira Machado

M963a Análise multicritério para a seleção de áreas na implantação de aterros sanitários no litoral do Paraná utilizando Sistema de Informações Geográficas / Viviane Oliveira Machado Munaro. – Pontal do Paraná, 2022.

1 arquivo [84 f.] : PDF.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Almeida Noernberg

Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Paraná, Campus Pontal do Paraná, Centro de Estudos do Mar, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária.

1. Aterro sanitário. 2. Engenharia ambiental. I. Noernberg, Maurício Almeida.
II. Título. III. Universidade Federal do Paraná.

CDD – 628.445



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Avenida Deputado Anibal Khury, 2033, - Bairro Balneário Pontal do Sul, Pontal do Paraná/PR, CEP 83255-976
Telefone: 4135118600 - <http://www.ufpr.br/>

TERMO

TERMO DE APROVAÇÃO

VIVIANE OLIVEIRA MACHADO MUNARO

“ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA A SELEÇÃO DE ÁREAS NA IMPLANTAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS NO LITORAL DO PARANÁ UTILIZANDO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS.”

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal do Paraná, pela Banca formada pelos membros:

Prof^a. Dra. Amanara Potykyta de Sousa Dias Vieira - CPP-CEM/UFPR

Prof^a. Dra. Elisângela do Prado Oliveiras - CPP-CEM/UFPR

Prof^o Dr. Maurício Almeida Noernberg - CPP-CEM/UFPR
Presidente

Pontal do Paraná, 15 de Setembro de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **MAURICIO ALMEIDA NOERNBERG, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 16/09/2022, às 08:49, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **ELISANGELA DO PRADO OLIVEIRA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 16/09/2022, às 11:28, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **AMANARA POTYKYTA DE SOUSA DIAS VIEIRA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 24/09/2022, às 08:18, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **4875747** e o código CRC **F5B37AF9**.

Rua XV de Novembro, 1299 – Centro – CEP: 80.060-000 – Curitiba-PR
Fone (41) 3360-5187 – E-mail: contratos@ufpr.br

Criado por [pamela.tissei](#), versão 3 por [pamela.tissei](#) em 08/09/2022 13:47:38.

“O sucesso é a soma de pequenos esforços repetidos dia após dia.”
(Robert Collier)

RESUMO

O litoral paranaense é relativamente pequeno quando comparado com outros estados brasileiros litorâneos. Esta região de mata atlântica é conhecida pela grande preservação deste bioma, que se dá pelo grande número de Unidades de Conservação no local. Assim existem muitas áreas restritas para a implantação de empreendimentos potencialmente poluidores, mas que em contrapartida são necessários para o desenvolvimento humano da região e a própria preservação do meio ambiente, como é o caso de um aterro sanitário, que possui muitas restrições ambientais, como distanciamento de corpos hídricos, distanciamento de centros urbanos, terreno pouco íngreme e solo disponível na região com baixa permeabilidade. Diante do apresentado, surge o desafio de procurar áreas no litoral paranaense que não possuam restrições e que sejam ambiental, social e financeiramente viáveis para a alocação do aterro sanitário. Para auxiliar este processo o trabalho lançou mão metodologias de Análise Multicritério de Apoio a Decisão (AMD) associadas a software de Sistema de Informações Geográficas (SIG) afim de compor mapas temáticos dos fatores relevantes para a alocação do empreendimento, unindo-os por fim com o auxílio da metodologia do Processo de Análise Hierárquica (AHP).

Palavras-chave: Aterro Sanitário. Litoral do Paraná. Sistema de Informação Geográfica. Análise Multicritério. Processo de Análise Hierárquica.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - LOCAL DE ESTUDO	15
FIGURA 2 - ORGANOGRAMA DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA A SELEÇÃO DE ÁREAS FAVORÁVEIS PARA A INSTALAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS	26
FIGURA 3 - MAPA DE ALTITUDE	31
FIGURA 4 - MAPA DE DECLIVIDADE.....	32
FIGURA 5 - MAPA DE SOLOS DO PARANÁ	35
FIGURA 6 - MAPA DE DRENAGEM.....	40
FIGURA 7 - MAPA DE NUCLEOS POPULACIONAIS.....	41
FIGURA 8 - MAPA DE ESTRADAS E RODOVIAS	42
FIGURA 9 - MAPA DE UC'S DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	45
FIGURA 10 - MAPA AS UC'S DE PROTEÇÃO INTEGRAL.....	46
FIGURA 11 - MAPA DE POVOS INDÍGENAS E SAMBAQUIS.....	48
FIGURA 12 - MAPA DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO	52
FIGURA 13 – MAPA DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO - “ÁREA MO”	53
FIGURA 14 - MAPA DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO - “ÁREA MO”	54
FIGURA 15 - MAPA DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO - “ÁREA PA”	55
FIGURA 16 – MAPA DO SATÉLITE - “ÁREA PA”	55
FIGURA 17 - MAPA DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO - “ÁREA MA”	56
FIGURA 18 - MAPA DO SATÉLITE - “ÁREA MA”	57
FIGURA 19 - MAPA DO SATÉLITE - “ÁREA GB”	58
FIGURA 20 - MAPA DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO - “ÁREA GB”	58
FIGURA 21 - MAPA DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO - “ÁREA PP”	59
FIGURA 22 - MAPA DO SATÉLITE - “ÁREA PP”	60
FIGURA 23 - MAPA DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO - “ÁREA AN”	61

FIGURA 24 - MAPA DO SATÉLITE - "ÁREA AN"	62
FIGURA 25 - MAPA DO SATÉLITE - "ÁREA CIAS"	63
FIGURA 26 - MAPA DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO - "ÁREA CIAS"	64

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ESCALA FUNDAMENTAL DE SAATY PARA COMPARAÇÃO PAREADA – AHP	23
TABELA 2 - REFERÊNCIAS DAS BASES DE DADOS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS	27
TABELA 3 - ESTIMATIVA DA GERAÇÃO PER CAPITA DIÁRIA DE RSU	28
TABELA 4 - ESTIMATIVA DA GERAÇÃO PER CAPITA DIÁRIA DE RSU	29
TABELA 5 - ESTIMATIVA DO TOTAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COLETADOS E DAS ÁREAS NECESSÁRIAS PARA O ATERRO SANITÁRIO	30
TABELA 6 - TIPO DE SOLO E CARACTERÍSTICAS	37
TABELA 7 - CLASSIFICAÇÃO DOS MAPAS E SUAS RESPECTIVAS NOTAS	48
TABELA 8 - PROCESSO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA	50
TABELA 9 - ÍNDICES DE CONSISTÊNCIA RANDÔMICOS (IR)	51
TABELA 10 - CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS PARA A ALOCAÇÃO DE UM ATERRO SANITÁRIO	53
TABELA 11 - PONTUAÇÃO DAS ÁREAS ESCOLHIDAS	64

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	JUSTIFICATIVA.....	14
1.2	OBJETIVOS	14
1.2.1	Objetivo Geral	14
1.2.2	Objetivos específicos.....	14
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1	LOCAL DE ESTUDO	15
2.2	REQUISITOS E RECOMENDAÇÕES PARA UM ATERRO SANITÁRIO ...	16
2.3	ANÁLISE MULTICRITÉRIO DE APOIO A DECISÃO	21
2.4	USO DE SIG COMO UMA FERRAMENTA	24
3	METODOLOGIA.....	25
3.1	COLETA DE DADOS GEORREFERENCIADOS	27
3.2	DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS.....	28
3.2.1	Área do Aterro Sanitário	28
3.2.2	Profundidade do Lençol Freático.....	30
3.2.3	Topografia	31
3.2.4	Solos.....	34
3.2.5	Corpos Hídricos.....	38
3.2.6	Núcleos Populacionais	40
3.2.7	Estradas	41
3.2.8	Unidades de Conservação.....	42
3.2.9	Área de Segurança Aeroportuária (ASA).....	46
3.2.10	Comunidades Indígenas	47
3.3	REFINAMENTO E TRATAMENTO DOS DADOS	48
4	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	52
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
	REFERÊNCIAS.....	68
	ANEXO I.....	73
	ANEXO II.....	77

1 INTRODUÇÃO

O litoral paranaense, diferente das regiões dos planaltos do Estado do Paraná, possui grande diversidade geológica, cultural, de vegetação e de economia. (PIERRI et. al., 2006). Um dos redutos de preservação da mata atlântica brasileira, esta região tem 80% de seu território destinado a preservação (PIERRI et. al., 2006). Com uma economia variada entre atividade portuária e turismo sazonal, também tem sua população variando de acordo com a época do ano, sendo nos meses de verão o período com maior população flutuante (PIERRI, 2003). Guaratuba, por exemplo, que conta com uma população autóctone de aproximadamente 33.000 habitantes, chegou a receber 500.000 (quinhentos mil) turistas na temporada de 2008 (SCHEUER, 2011).

Este aumento da população sazonal, acaba causando um acréscimo, da produção de resíduos urbanos e o exaurimento da vida útil dos aterros já concebidos. Como ocorre com o aterro sanitário localizado em Pontal do Paraná, gerido pelo Consórcio Intermunicipal para Aterro Sanitário de Pontal do Paraná e Matinhos (CIAS), que tendo iniciado suas atividades no ano 2000, segundo Rassolin ¹(2002 apud SILVA et. al. 2021) possui um memorial descritivo de projeto que aponta sua vida útil prevista para 15 anos, desta forma o exaurimento do local aconteceria no ano de 2015, entretanto o mesmo recebeu resíduos para além desta data. Segundo o jornal JB Litoral (2018) o Ministério Público do Estado do Paraná entrou com uma ação pedindo a suspensão das atividades, alegando que os resíduos sólidos vinham sendo depositados de maneira irregular gerando graves riscos à saúde, ao meio ambiente. Outra reportagem do jornal JB Litoral (2022), afirma que o aterro do Complexo Industrial Eco Tecnológico (CIETec), localizado no município de Paranaguá, distrito de Alexandra, possui contratos com os municípios de Pontal do Paraná, Morretes e Paranaguá. Desta forma este aterro passou a receber os resíduos sólidos do município de Pontal do Paraná.

Além disso, com o novo marco do saneamento básico, estabelecido pela Lei 14.026 de 15 de julho de 2020 (BRASIL, 2020) obrigando os municípios a se adequarem em datas estabelecidas na Lei no que tange os serviços de abastecimento

¹ RASSOLIN, P. Proposta de um modelo de manejo de resíduos sólidos no litoral paranaense: Estudo de caso Consórcio Intermunicipal Aterro Sanitário. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas). UFPR, Curitiba. 2002

de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

A disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos deverá ser implantada até 31 de dezembro de 2020, exceto para os Municípios que até essa data tenham elaborado plano intermunicipal de resíduos sólidos ou plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos e que disponham de mecanismos de cobrança que garantam sua sustentabilidade econômico-financeira, nos termos do art. 29 da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para os quais ficam definidos os seguintes prazos:

- I - até 2 de agosto de 2021, para capitais de Estados e Municípios integrantes de Região Metropolitana (RM) ou de Região Integrada de Desenvolvimento (Ride) de capitais;
- II - até 2 de agosto de 2022, para Municípios com população superior a 100.000 (cem mil) habitantes no Censo 2010, bem como para Municípios cuja mancha urbana da sede municipal esteja situada a menos de 20 (vinte) quilômetros da fronteira com países limítrofes;
- III - até 2 de agosto de 2023, para Municípios com população entre 50.000 (cinquenta mil) e 100.000 (cem mil) habitantes no Censo 2010;
- IV - até 2 de agosto de 2024, para Municípios com população inferior a 50.000 (cinquenta mil) habitantes no Censo 2010. (BRASIL, 2020)

Assim, devem-se buscar áreas para a alocação de empreendimentos de aterros sanitários visando atender a população local e flutuante em consonância com os aspectos ambientais restritivos impostos pelas normativas.

Devido às restrições ambientais impostas para as áreas de novos aterros sanitários, como a impossibilidade de instalação em áreas de preservação, distância mínima de centros populacionais e distância mínima de corpos hídricos, deve-se também levar em conta os critérios baseados na viabilidade econômica, como uma distância máxima dos centros de produção de resíduos sólidos e das vias de tráfego.

Para contribuir com o processo de decisão para a alocação de um aterro sanitário, surge Sistema de Informações Geográficas (SIG) onde é possível

referenciar áreas de interesse ou de exclusão, atribuindo-lhes pesos para que ao final, com a soma dos pesos dos critérios, sejam identificadas as melhores áreas para a implantação do empreendimento.

1.1 JUSTIFICATIVA

O presente estudo vem de encontro à problemática da necessidade de encontrar alternativas locacionais para a instalação de um aterro sanitário. Utilizando metodologia de combinação de critérios e apresentando de forma ilustrativa através de mapas, áreas possíveis para a implantação de um aterro sanitário foram definidas. A metodologia aqui desenvolvida busca servir como ferramenta para gestores no processo de tomada de decisões.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Identificar áreas viáveis para a implantação de aterros sanitários no litoral paranaense através de critérios de seleção pré-estabelecidos utilizando um sistema de informações geográficas.

1.2.2 Objetivos específicos

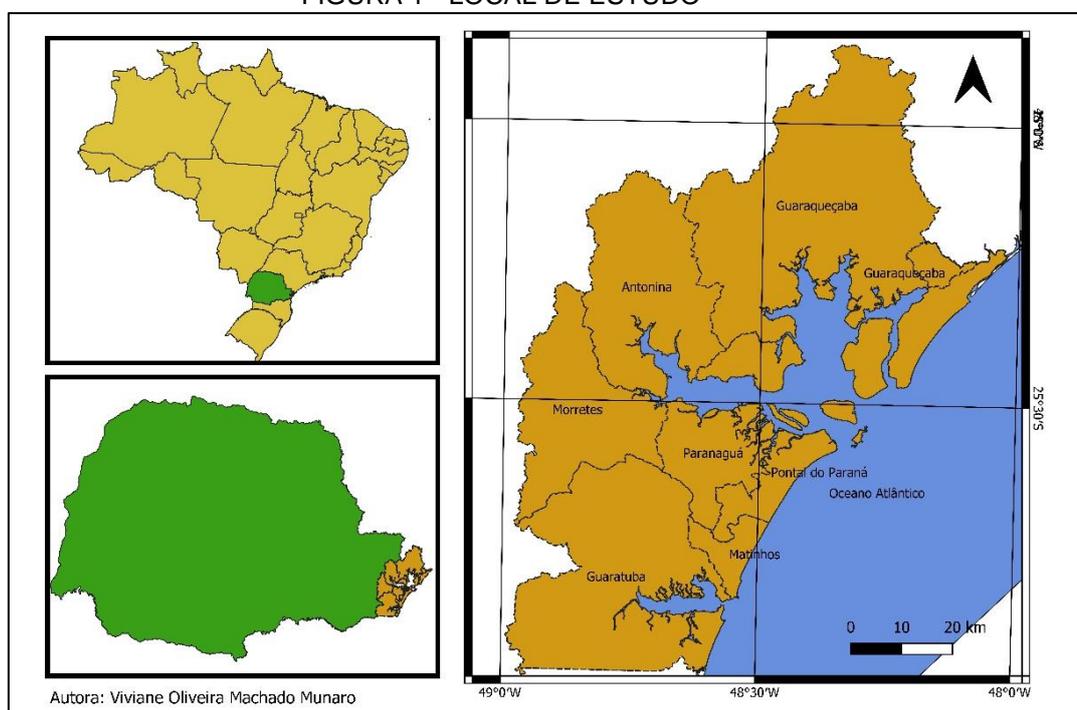
- Identificar o local de estudo e suas condições ambientais e sociais;
- Definir os critérios técnicos envolvidos na seleção de áreas para implantação de aterros sanitários;
- Atribuir pesos aos critérios através de uma avaliação multicritério;
- Aos critérios excludentes implementar uma lógica *booleana*;
- Representar em mapa as áreas potenciais para a implantação do aterro sanitário.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 LOCAL DE ESTUDO

O litoral paranaense (FIGURA 1) se localiza entre os paralelos 25° e 26° de latitude sul e 48° e 49° de longitude oeste. Tem uma superfície total de 6.061,2 km² que representa apenas 3% da superfície do Paraná, e uma população total estimada de 302.544 habitantes em 2022 (IBGE, 2022).

FIGURA 1 - LOCAL DE ESTUDO



Fonte: Observatório do Litoral Paranaense - UFPR (2022).

Este litoral caracteriza-se pela sua diversidade física e biológica, que influenciou a ocupação, condicionando seus usos. Segundo Pierri (et al., 2006) o Paraná é um estado de planaltos, que perfazem em torno de 95% do território, sendo as outras duas unidades de paisagem a Serra do Mar e o litoral, com apenas 5%, entretanto, a diversidade se concentra nessas duas unidades. Nelas ocorrem morros e serras de até 1.600 m de altitude, remanescentes de antigos planaltos, planícies e leques aluviais, planícies costeiras, grandes ilhas costeiras e amplos complexos estuarinos.

Segundo Pierre (2003), do ponto de vista administrativo, o litoral paranaense é formado por sete municípios: Guaraqueçaba, Antonina, Morretes, Paranaguá, Pontal

do Paraná, Matinhos e Guaratuba. Até meados do século XVII, a área total pertencia ao estado de São Paulo, tendo-se desmembrado Paranaguá, em 1648, e sucessivamente os demais municípios, sendo o último Pontal do Paraná, em 1997. São municípios muito próximos a Curitiba, a capital do estado, Antonina o mais próximo, dista 63 km de Curitiba, e o mais longe, Guaraqueçaba dista 158 km. Antonina e Morretes, localizados no fundo da Baía de Paranaguá, não alcançam o mar aberto, e Matinhos é o único que tem costa exclusivamente para mar aberto. De extensão territorial bastante desigual, Matinhos é o menor, com 111,5 km² (2% do total litorâneo); e o maior, Guaraqueçaba, com 2.159,3 km² (35% do total).

Quanto a ocupação do litoral paranaense, de acordo com Martin et al. (1988) se iniciou há aproximadamente 6.000 anos pelo homem do sambaqui, como atestam quase três centenas de sambaquis da região. Estes monumentos, construídos principalmente com conchas, estão localizados nas costas estuarinas e próximos à linha de costa oceânica da época de sua construção (PIERRI, 2006). Desta forma, na região tem-se uma grande quantidade de sítios arqueológicos encontrados e muitos, possivelmente, ainda não descobertos. Outra característica marcante desta região foi a capacidade de conservar a sua biodiversidade natural, sendo que atualmente a região possui mais de 80% de sua área dentro de Unidades de Conservação (UC's). Esta característica, de possuir uma parte representativa do seu território dentro de UC's, tem exercido forte influência sobre a história recente e dinâmica social do litoral paranaense (BORSATTO, et al., 2007).

Diante do apresentado sobre a região litorânea paranaense, as instalações de grandes empreendimentos na região devem passar por um estudo detalhado, pois além das limitações financeiras impostas pelo empreendimento, existem as limitações ambientais e legais, o que dificulta o processo de decisão e de escolha no que se refere a implementação da localização ideal para um aterro sanitário.

2.2 REQUISITOS E RECOMENDAÇÕES PARA UM ATERRO SANITÁRIO

O aterro sanitário, segundo Procópio (et al., 2021), pode ser definido como:

[...] obras de engenharia projetadas de acordo com critérios técnicos e cuja finalidade é garantir a disposição de resíduos sólidos, minimizando os riscos de danos à saúde pública e ao meio ambiente.

De acordo com a ABNT NBR 8419 (1992), aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos é definido como:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário.

Os aterros sanitários são distintos dos lixões e dos aterros controlados, no caso dos lixões, são depósitos de lixo a céu aberto e sem controle de emissões de gases ou de lixiviados. Os aterros controlados, por sua vez, são antigos lixões que passaram por processos de melhoramentos em termos técnicos e operacionais. No Brasil, 60% dos resíduos sólidos urbanos (em toneladas) são dispostos em aterros sanitários, por outro lado, áreas de disposição inadequada, incluindo lixões e aterros controlados, ainda estão em operação e receberam quase 40% do total de resíduos coletados (ABRELPE, 2021).

De acordo com a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010), que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) atribui a responsabilidade na gestão dos resíduos sólidos para os municípios e o Distrito Federal, bem como para o gerador do resíduo sólido.

Os municípios que instituírem microrregiões de acordo com o Plano Diretor Municipal (§ 3º do art. 25 da Constituição Federal) para integralizar e organizar o planejamento e execução das ações na gestão de resíduos sólidos terão prioridade no acesso aos recursos da União, segundo Brasil (2010). Entretanto de acordo com a Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020 (BRASIL, 2020), que atualiza o marco legal do saneamento básico e dá outras providências estabelece que:

[...] os consórcios intermunicipais de saneamento básico terão como objetivo, exclusivamente, o financiamento das iniciativas de implantação de medidas estruturais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, drenagem e

manejo de águas pluviais, vedada a formalização de contrato de programa com sociedade de economia mista ou empresa pública, ou a subdelegação do serviço prestado pela autarquia intermunicipal sem prévio procedimento licitatório.

Desta forma é incentivada a adoção por parte dos municípios a uma gestão integralizada dos resíduos sólidos, formando assim consórcios intermunicipais, apesar disto a legislação mas atual, que atualiza o marco legal do saneamento básico, veio trazer a abertura de mercado para o saneamento básico no Brasil, obrigando a livre concorrência entre empresas através de um processo licitatório.

Em relação ao plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, Brasil (2010) traz no Art. 19 o conteúdo mínimo que deve ser apresentado:

- II – identificação de áreas favoráveis para disposição final ambientalmente adequada de rejeitos, observado o plano diretor de que trata o § 1º do art. 182 da Constituição Federal e o zoneamento ambiental, se houver;
- III – identificação das possibilidades de implantação de soluções consorciadas ou compartilhadas com outros municípios, considerando, nos critérios de economia de escala, a proximidade dos locais estabelecidos e as formas de prevenção dos riscos ambientais;

Ainda de acordo com Brasil (2010) no Art. 47, são proibidas as seguintes formas de destinação ou disposição final dos resíduos sólidos:

- I – lançamento em praias, no mar ou em quaisquer corpos hídricos;
- II – lançamento in natura a céu aberto, excetuados os resíduos de mineração;
- III – queima a céu aberto ou em recipientes, instalações e equipamentos não licenciados para essa finalidade;
- IV – outras formas vedadas pelo poder público.

Para a seleção de áreas adequadas para a instalação de aterros sanitários Procópio (et al., 2021) comenta que:

Os aspectos a serem considerados na seleção de uma área são: vida útil do aterro, densidade populacional do entorno, valor comercial do terreno, distância do centro de geração de resíduos, disponibilidade de material de cobertura, profundidade do lençol freático, distância dos cursos d'água e existência de infraestrutura, tais como vias de acesso, água e luz.

Não obstante, devemos nos ater nos dispositivos legais para a implantação de um empreendimento como este, assim primeiramente temos a ABNT NBR 8419 (1992), que define os critérios básicos para a seleção de uma área para aterro sanitário, tendo como:

- a) zoneamento ambiental;
- b) zoneamento urbano;
- c) acessos;
- d) vizinhança;
- e) economia de transporte;
- f) titulação da área escolhida;
- g) economia operacional do aterro sanitário (jazida, etc.);
- h) infra-estrutura urbana;
- i) bacia e sub-bacia hidrográfica onde o aterro sanitário se localizará.

A ABNT NBR 13896 (1997), também define os critérios para a localização dos aterros sanitários, como sendo:

Um local para ser utilizado para aterros de resíduos não perigosos deve ser tal que:

- a) o impacto ambiental a ser causado pela instalação do aterro seja minimizado;
- b) a aceitação da instalação pela população seja maximizada;
- c) esteja de acordo com o zoneamento da região;
- d) possa ser utilizado por um longo espaço de tempo, necessitando apenas de um mínimo de obras para início da operação.

Esta normativa define também os critérios técnicos que devem ser previstos na seleção de áreas para implantação de aterros sanitários:

- a) topografia - esta característica é fator determinante na escolha do método construtivo e nas obras de terraplenagem para a construção da instalação. Recomendam-se locais com declividade superior a 1% e inferior a 30%;
- b) geologia e tipos de solos existentes - tais indicações são importantes na determinação da capacidade de depuração do solo e da velocidade de infiltração. Considera-se desejável a existência, no local, de um depósito natural extenso e homogêneo de materiais com coeficiente de permeabilidade inferior a 10^{-6} cm/s e uma zona não saturada com espessura superior a 3,0 m;
- c) recursos hídricos - deve ser avaliada a possível influência do aterro na qualidade e no uso das águas superficiais e subterrâneas próximas. O aterro deve ser localizado a uma distância mínima de 200 m de qualquer coleção hídrica ou curso de água;
- d) vegetação - o estudo macroscópico da vegetação é importante, uma vez que ela pode atuar favoravelmente na escolha de uma área quanto aos aspectos de redução do fenômeno de erosão, da formação de poeira e transporte de odores;
- e) acessos - fator de evidente importância em um projeto de aterro, uma vez que são utilizados durante toda a sua operação;
- f) tamanho disponível e vida útil - em um projeto, estes fatores encontram-se inter-relacionados e recomenda-se a construção de aterros com vida útil mínima de 10 anos;
- g) custos - os custos de um aterro têm grande variabilidade conforme o seu tamanho e o seu método construtivo. A elaboração de um cronograma físico-financeiro é necessária para permitir a análise de viabilidade econômica do empreendimento;
- h) distância mínima a núcleos populacionais – deve ser avaliada a distância do limite da área útil do aterro a núcleos populacionais, recomendando-se que esta distância seja superior a 500 m. (NBR 13896, 1997)

Por fim, a ABNT NBR 15849 (2010) também traz alguns critérios para a seleção de áreas para aterros sanitários de pequeno porte, mas podemos considerar para projetos maiores devido a sua ampla aplicação dos critérios:

- a) para tipo consistência e granulometria das camadas de subsolo na base do aterro; recomenda-se a utilização de solos naturalmente pouco permeáveis (solos argilosos, argilo-arenosos, ou argilosiltosos);
- b) no caso de existência de corpos d'água superficiais na área ou em seu entorno imediato; recomenda-se o respeito a uma distância mínima de 200 m de qualquer coleção hídrica ou curso d'água;
- c) proximidade do freático em relação à base do aterro ou em seu entorno imediato;
- d) ocorrência de inundações: as áreas com essas características não devem ser utilizadas;
- e) as características topográficas da área devem ser tais que permitam uma das soluções adotáveis para o preenchimento do aterro, recomendando-se locais com declividade superior a 1 % e inferior a 30 %;
- f) recomenda-se distância do limite da área útil do aterro a núcleos populacionais vizinhas mínima de 500 m;
- g) a vida útil previsível do aterro sanitário de pequeno porte passível de ser implantado na área deve ser superior a 15 anos.

Diante do apresentado, existe um desafio para os gestores públicos e da sociedade civil do litoral paranaense na alocação de aterros sanitários ambientalmente, legalmente e economicamente viáveis, e que contenham todos os requisitos contemplados pela literatura utilizada neste estudo.

Para tal, é necessário lançar mão ferramentas que possam auxiliar gestores públicos, ou os órgãos ambientais municipais e estaduais na tomada de decisões de alocação para empreendimentos de aterros sanitários.

2.3 ANÁLISE MULTICRITÉRIO DE APOIO A DECISÃO

A análise multicritério é uma ferramenta utilizada quando a tomada de decisões envolve a avaliação de diversas problemáticas.

De acordo com Gomes et. al.,² (1998 apud Ferreira et. al., 2018):

[...] os primeiros métodos de Apoio Multicritério a Decisão (AMD) surgiram por volta de 1970, com a finalidade de enfrentar situações específicas, visto que, cada método possui suas próprias características o qual se adequa com o cenário deparado.

Almeida (2013) reforça que os métodos de Apoio Multicritério à decisão (AMD) são necessários, quando a situação estudada não representa uma única medida para todos os objetivos do problema. Vale ressaltar que o apoio multicritério a decisão não busca por uma solução ótima, e ainda permite modelar o problema levando em conta as preferências e a experiência do tomador de decisões.

Moreira (2007) relata que a Escola Americana desenvolveu um dos métodos para tomada de decisão multicritério, na presença de critérios quantitativos e qualitativos, o chamado método *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Baseado na representação hierárquica na resolução do problema, o método buscará uma medida global para cada uma das alternativas, através de uma comparação par a par de cada elemento em um determinado nível hierárquico.

De acordo com Ferreira et al. (2018):

O método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), é dos principais modelos matemáticos de apoio à decisão disponível no mercado. Tal método foi estruturado para tomada de decisão em ambientes complexos em que os critérios são considerados para priorização e seleção de alternativas, ou seja, têm-se uma lógica hierárquica no resultado final.

Esta metodologia considera que os diferentes fatores são comparados dois-a-dois e um valor de importância relativa é atribuído ao relacionamento entre eles, conforme uma escala pré-definida na TABELA 1. Tendo por estrutura uma matriz

² GOMES, L. F. A. M.; MOREIRA, A. M. M. Da informação a tomada de decisão: agregando valor através dos métodos multicritério. Revista de Ciência e Tecnologia Política e Gestão para a Periferia. Recife. (1998).

quadrada $n \times n$, na qual as linhas e colunas contêm os fatores. Uma mesma ordem é estabelecida para localização dos fatores, ao longo das linhas e das colunas.

TABELA 1 - ESCALA FUNDAMENTAL DE SAATY PARA COMPARAÇÃO PAREADA – AHP

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Fraca importância	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Forte importância	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Muito forte importância	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.
2, 4, 6 e 8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

Fonte: Saaty e Vargas (1991)

De acordo com Oliveira et al. (2009), estabelecidas as comparações pareadas, o modelo AHP informa uma razão de consistência (RC), que indica a probabilidade de que as comparações tenham sido geradas aleatoriamente. O valor informado é utilizado para determinar o grau de coerência. Segundo Saaty e Vargas (1991), é razoável que se aceite os valores obtidos para os pesos dos fatores sempre que se alcance uma razão de consistência (RC) inferior a 0,1.

Para a combinação final dos critérios, foi utilizado método de Combinação Linear Ponderada, que de acordo com Ferreira et al. (2011), onde o valor de cada pixel correspondente a uma determinada variável é multiplicada por seu respectivo coeficiente e depois são somados para se obter a imagem correspondente ao mapa final desejado. Como o somatório dos pesos é a unidade, o valor final vem calculado na mesma escala dos escores normalizados dos fatores.

Foi utilizado também a lógica booleana para os critérios voltados a exclusão, ou seja, áreas impeditivas para a alocação do aterro sanitário. Assim o valor final de cada pixel calculado é dado pela EQUAÇÃO (1).

$$V = (\sum_{i=1}^n P_i X_i) X_r \quad (1)$$

Onde:

V = valor final do pixel

P_i = peso do fator i

X_i = valor do fator i

X_r = fator restritivo (valor 0 ou 1)

2.4 USO DE SIG COMO UMA FERRAMENTA

Os Sistemas de Informações Geográficas oferecem ferramentas de banco de dados, geração de mapas e de análise espacial que podem auxiliar na tomada de decisão a partir de diferentes fontes de dados espaciais (imagens de satélite, cartas, fotografias aéreas, levantamentos de campo, senso, etc.)

Conforme Assad e Sano (1998, p. 3):

Os instrumentos computacionais do Geoprocessamento, chamados de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), permitem a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. Os SIGs tornam possível ainda a automatização da produção de documentos cartográficos.

Câmara (et al., 2004) divide a análise espacial a partir do tipo de dado que a compõe, estes podem ser:

- Eventos ou Padrões Pontuais – fenômenos expressos através de ocorrências identificadas como pontos localizados no espaço, denominados processos pontuais. São exemplos: localização de crimes, ocorrências de doenças e localização de espécies vegetais.

- Superfícies Contínuas – estimadas a partir de um conjunto de amostras de campo, que podem estar regularmente ou irregularmente distribuídas. Usualmente, este tipo de dado é resultante de levantamento de recursos naturais, e que incluem mapas geológicos, topográficos, ecológicos, fitogeográficos e pedológicos.
- Áreas com Contagens e Taxas Agregadas – tratam-se de dados associados a levantamentos populacionais, como censos e estatísticas de saúde, e que originalmente se referem a indivíduos localizados em pontos específicos do espaço. Por razões de confidencialidade, estes dados são agregados em unidades de análise, usualmente delimitadas por polígonos fechados (setores censitários e municípios).

Diante das várias formas de se apresentar em mapas os dados encontrados em campo, também surge o desafio de, em se tratando dos vários critérios para a seleção de um aterro sanitário, compilar em uma só representação as condições limitantes e favoráveis para a implantação do empreendimento. Havendo, desta forma, a necessidade de métodos para unificar os critérios oriundos de diferentes origens e escalas.

3 METODOLOGIA

Foram realizadas pesquisas bibliográficas a respeito dos conceitos que envolvem os aterros sanitários e das peculiaridades da área de estudo. Foram também pesquisadas as fontes de dados geoespaciais necessários para a análise multicritério, tais como, altimetria, rede de drenagem, tipologia de solos, localização de estradas, núcleos populacionais, unidades de conservação e terras indígenas.

Os critérios para a seleção da melhor área para o aterro foram determinados a partir da avaliação bibliográfica de normas de referência. A atribuição dos pesos aos critérios encontrados foi feita de forma subjetiva.

Para a análise multicritério foi utilizado o Processo de Análise Hierárquica - AHP (*Analytic Hierarchy Process*), de acordo com a metodologia de Saaty (1980).

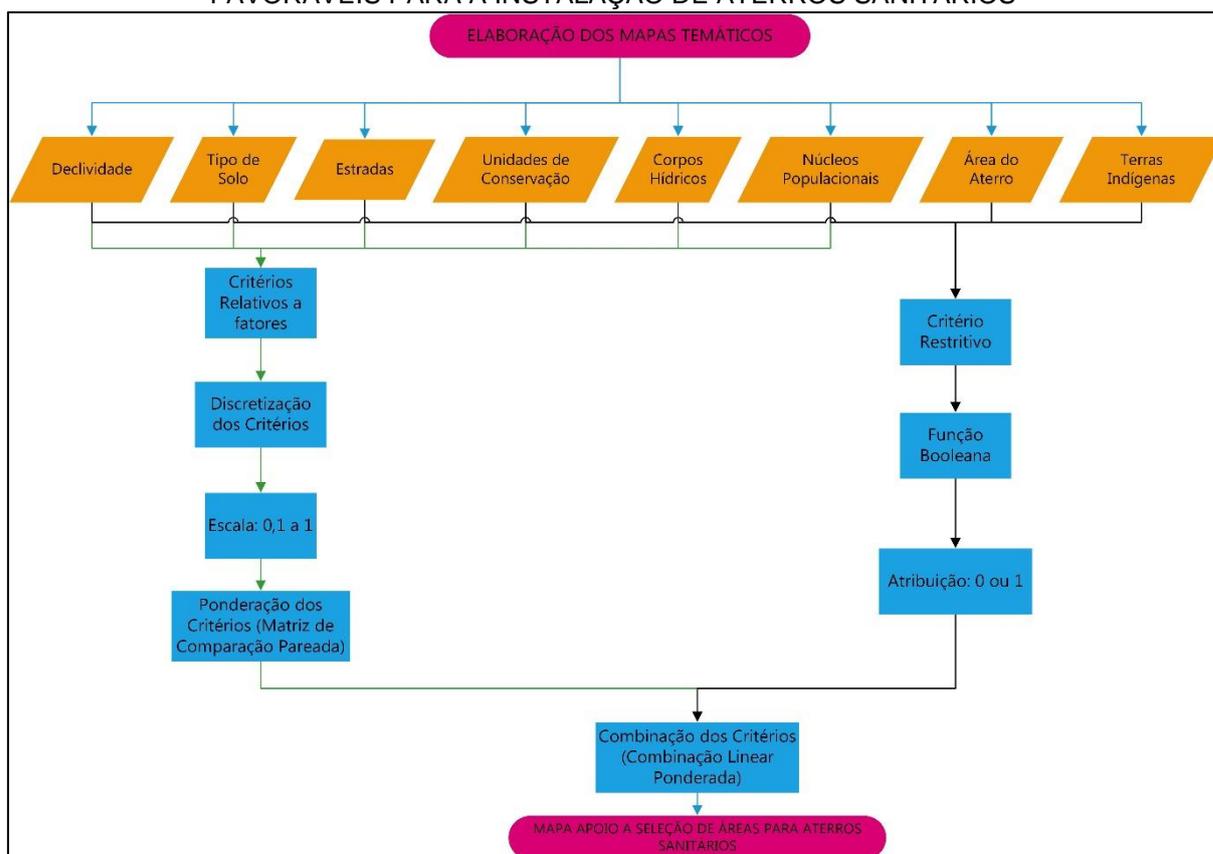
Para a combinação dos critérios o procedimento utilizado foi a Combinação Linear Ponderada (CLP), que combina os fatores através de uma média ponderada,

entretanto para as áreas impeditivas como Unidades de Conservação (UC), Áreas de Preservação Permanente (APP) e centros populacionais foi utilizada a lógica booleana para incorporar ao mapa estas áreas.

A criação dos mapas temáticos que representam cada um dos critérios, critérios estes definidos com base nas recomendações das Normas Brasileiras de Referencia (NBR's) NBR 8419 (1992), NBR 13896 (1997) e NBR 15849 (2010), e da combinação dos critérios que representam áreas viáveis e com um maior potencial de receber um aterro sanitário foram produzidos através do Sistema de Informações Geográficas QGIS.

As etapas de análise multicritérios para a geração do mapa de áreas favoráveis à implementação de aterros sanitários é apresentada na forma de um organograma (FIGURA 2).

FIGURA 2 - ORGANOGrama DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA A SELEÇÃO DE ÁREAS FAVORÁVEIS PARA A INSTALAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS



Fonte: A autora (2022).

3.1 COLETA DE DADOS GEORREFERENCIADOS

Os critérios escolhidos, de acordo com as normativas anteriormente citadas e representados de acordo com a FIGURA 2, para compor a análise para a alocação do empreendimento de um aterro sanitário no litoral paranaense, tiveram seus dados georreferenciados, camadas vetoriais e raster, baixadas de diversos sites de instituições reconhecidas, por fornecer dados estatísticos e informações geográficas.

As bases de dados são apresentadas e referenciadas na TABELA 2.

TABELA 2 - REFERÊNCIAS DAS BASES DE DADOS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Dados Utilizados nos Critérios	Órgão	Base de dados
Núcleos populacionais	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	http://geoinfo.cnpm.embrapa.br/layers/geonode%3Aareas_urbanas_br_15
Solos	Instituto Água e Terra	https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Dados-e-Informacoes-Geoespaciais-Tematicos
Limite dos Municípios do Litoral	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=acesso-ao-produto
Altitude	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais / SRTM V.3 - 30 metros	http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php
Estradas	UFPR Litoral	http://www.litoral.ufpr.br/portal/observatoriolitoral/geodados/arquivos-shapefile/
Baía de Oceano	UFPR Litoral	http://www.litoral.ufpr.br/portal/observatoriolitoral/geodados/arquivos-shapefile/
Drenagem	UFPR Litoral	http://www.litoral.ufpr.br/portal/observatoriolitoral/geodados/arquivos-shapefile/
Unidades de Conservação	Prefeitura de Paranaguá	https://geonode.paranagua.pr.gov.br/layers/geonode:a__038_001_ucspaulaEtAl_2018/metadata_detail
Terras Indígenas	Fundação Nacional do Índio	https://www.gov.br/funai/ptbr/atuacao/terras-indigenas/geoprocessamento-e-mapas
Manguezais	UFPR Litoral	http://www.litoral.ufpr.br/portal/observatoriolitoral/geodados/arquivos-shapefile/

Fonte: A autora (2022).

3.2 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS

3.2.1 Área do Aterro Sanitário

Diante do apresentado, podemos definir os critérios para a seleção de áreas para implementar um aterro sanitário a partir do dimensionamento de um tamanho mínimo do aterro, prevendo sua vida útil em 16 anos.

Para este dimensionamento se utilizou o valor de massa média per capita recolhida de 0,87 kg/hab./dia (*CGPC*), dado obtido do Diagnóstico Temático - Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos 2020 (SNIS, 2021). Os dados populacionais e estimativas populacionais para os municípios da região estudada foram obtidos do sítio do portal do IBGE (IBGE, 2022).

Desta forma, pode ser estimada a massa bruta de Resíduos Sólidos Urbanos destinados ao aterro sanitário gerada a cada ano, por município (*RSUi*), obtida segundo a EQUAÇÃO (2), apresentada por Lourenço et al (2015):

$$RSUi = Pi \times CGPC \times 365/1000 \quad (2)$$

Onde:

RSUi = massa de resíduo coletado no ano *i*, em ton/ano;

Pi = População no ano "*i*";

CGPC = Coeficiente de Geração Per Capita de RSU, em Kg/hab/ano.

Os resultados obtidos para as características de cada município do litoral do Paraná são apresentados na TABELA 3. Bem como a estimativa da população no ano de 2037 e sua respectiva geração de resíduos sólidos no ano como podemos ver na TABELA 4.

TABELA 3 - ESTIMATIVA DA GERAÇÃO PER CAPITA DIÁRIA DE RSU

Município	População total (2021)	CGPC (kg/hab/dia)	RSUi (t/ano)
Guaraqueçaba	7.554	0,87	2.399
Antonina	18.919		6.008
Morretes	16.485		5.235
Paranaguá	157.378		49.975
Pontal do Paraná	28.529		9.059

Matinhos	35.705	11.338
Guaratuba	37.974	12.059

Fonte: A autora (2022).

TABELA 4 - ESTIMATIVA DA GERAÇÃO PER CAPITA DIÁRIA DE RSU

Município	Projeção População 2037	RSUi (t/ano)
Guaraqueçaba	6.954	2.208
Antonina	18.469	5.865
Morretes	17.070	5.421
Paranaguá	175.438	55.710
Pontal do Paraná	37.739	11.984
Matinhos	42.995	13.653
Guaratuba	44.679	14.188

Fonte: A autora (2022).

Utilizando o crescimento projetado pelo IBGE (2022), para os municípios deste estudo, obteve-se a massa total gerada no período de 16 anos.

O volume final de resíduos sólidos confinado no aterro sanitário, foi obtido utilizando o cálculo segundo Salamoni (2009), onde se analisou o peso específico dos resíduos sólidos confinados em diversas condições operacionais de aterros sanitários e chegou ao valor de 910 kg/m³ (*DRS*), o volume do recobrimento da célula (V_{RC}) considerado foi de 30% a mais do volume do resíduo confinado $\left(\frac{RSU}{DRS}\right)$ (LOURENÇO et al, 2015).

$$V_{RSU} = \left(\frac{RSU}{DRS}\right) + V_{RC} \quad (3)$$

Onde:

RSU = massa de resíduo coletado no ano, em ton/ano;

V_{RSU} = volume do resíduo no aterro sanitário, em m³;

DRS = peso específico do resíduo após compactação, em ton/m³;

V_{RC} = volume do recobrimento da célula.

$$V_{RC} = 0,3 \left(\frac{RSU}{DRS}\right) \quad (4)$$

Para o cálculo da área do aterro sanitário é feita a divisão do volume de Resíduo Sólido Urbano (RSU) enterrado pela altura de 30 metros (h), para o acondicionamento das células, somado a um acréscimo de 50% para a área de infraestrutura (A_{IE}) (LOURENÇO et al, 2015). Assim a área é determinada pela EQUAÇÃO (5).

$$A_t = \frac{V_{RSU}}{h} + A_{IE} \quad (5)$$

Onde:

A_t = área total estimada do aterro sanitário;

h = altura média de cada parcela de aterro;

A_{IE} = área de infraestrutura do aterro.

Desta forma, a projeção da massa total de resíduos sólidos gerados em cada município do litoral paranaense e a área total destinada para sua devida locação no aterro sanitário é apresentada na TABELA 5.

TABELA 5 - ESTIMATIVA DO TOTAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COLETADOS E DAS ÁREAS NECESSÁRIAS PARA O ATERRO SANITÁRIO

Município	RSU acumulado (t)	Volume (m ³)	Área (m ²)	Área (ha)
Guaraqueçaba	36.653	52.361	2.618	0,262
Antonina	94.828	135.469	6.773	0,677
Morretes	85.441	122.059	6.103	0,610
Paranaguá	851.603	1.216.576	60.829	6,083
Pontal do Paraná	171.467	244.953	12.248	1,225
Matinhos	202.399	289.141	14.457	1,446
Guaratuba	212.243	303.204	15.160	1,516

Fonte: A autora (2022).

3.2.2 Profundidade do Lençol Freático

Como já apresentado na ABNT NBR 15849, um dos critérios para a alocação do aterro sanitário é uma certa distância do lençol freático, esta distância é mais precisamente detalhada no Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, onde Monteiro et al. (2001) recomenda:

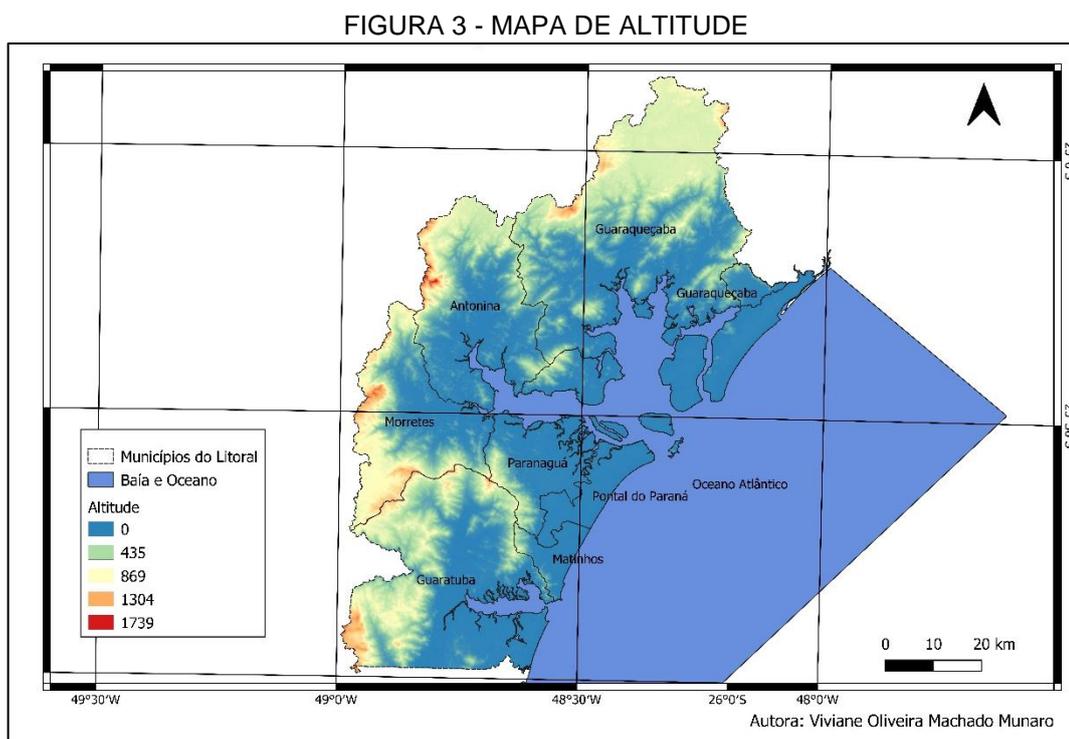
- Para aterros com impermeabilização inferior através de manta plástica sintética, a distância do lençol freático à manta não poderá ser inferior a 1,5 metro.

- Para aterros com impermeabilização inferior através de camada de argila, a distância do lençol freático à camada impermeabilizante não poderá ser inferior a 2,5 metros e a camada impermeabilizante deverá ter um coeficiente de permeabilidade menor que 10^{-6} cm/s.

Entretanto, não há disponível para a verificação e análise no atual trabalho, dados georreferenciados da estimativa de profundidade do lençol freático. Diante do exposto, é válido lembrar do intuito da pesquisa, que se limita em apontar, de acordo com a legislação e com premissas ambientais e econômicas, possíveis áreas para a alocação do empreendimento, entretanto carece de uma verificação in loco das condições legais e ambientais, dentre elas, a sondagem do solo para conhecer sua real permeabilidade e a altura do lençol freático.

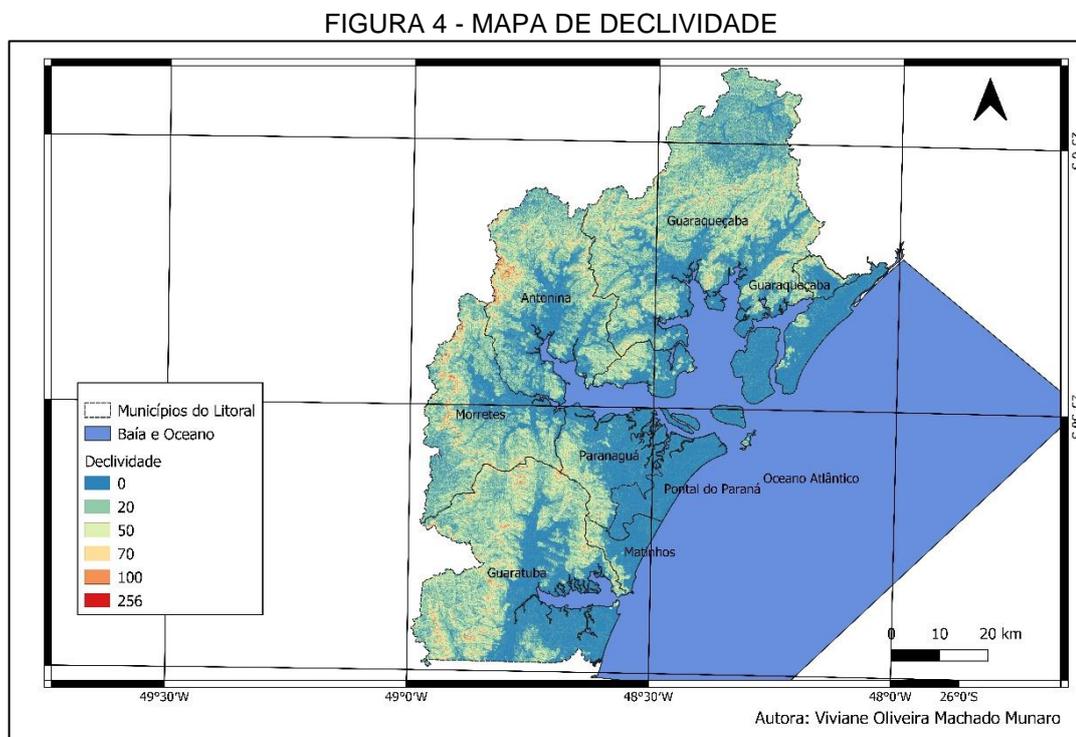
3.2.3 Topografia

A partir da ABNT NBR 13896 (1997), que define a declividade para a implantação do aterro sanitário como sendo de até 30%, pode-se recorrer a um Modelo Digital de Elevação (MDE), arquivo baixado do TOPODATA, para as regiões das quadriculas 24S495 e 24S494.



Fonte: TOPODATA – INPE (2022).

Através do auxílio do software QGIS, foram tratados os dados de altitude (FIGURA 3) para a região estudada extraindo o mapa de declividade apresentado na FIGURA 4.



Fonte: TOPODATA - INPE (2022).

O mapa de declividade é apresentado de acordo com a classificação do IBGE (2007, pg. 189), onde apresenta:

[..] distinções são empregadas principalmente para prover informações sobre possibilidade do emprego de equipamentos agrícolas, mormente os mecanizados, e facilitar inferências sobre susceptibilidade à erosão dos vários ambientes.

O relevo é classificado da seguinte forma:

Plano - superfície de topografia lisa ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades inferiores a 3%.

Suave Ondulado - superfície de topografia ligeiramente movimentada, constituída por conjunto de pequenas colinas ou outeiros, ou sucessão de pequenos vales

pouco encaixados (rasos), configurando pendentes ou encostas com declives entre 3 até 8%.

Ondulado - superfície de topografia relativamente movimentada, constituída por conjunto de medianas colinas e outeiros, ou por interflúvios de pendentes curtas, formadas por vales encaixados, configurando em todos os casos pendentes ou encostas com declives maiores que 8% até 20%.

Forte Ondulado - superfície de topografia movimentada, com desníveis fortes, formadas por conjunto de outeiros ou morros, ou por superfície entrecortada por vales profundos, configurando encostas ou pendentes com declives maiores que 20 até 45%.

Montanhoso - superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes ou muito fortes, predominantemente maiores de 45 até 75%.

Escarpado - áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo superfícies muito íngremes, usualmente ultrapassando 75%, tais como: aparados, itaimbés, frentes de cuevas, falésias e vertentes de declives muito fortes. (EMBRAPA, 2018)

Apesar da classificação feita por EMBRAPA (2018), optou-se por separar, discretizar as declividades do litoral paranaense seguindo o critério da ABNT NBR 15849 (BRASIL, 2010) que trata especificamente da alocação de aterro sanitário, assim, foi utilizado a lógica booleana separando as declividades de maneira a cumprir com a normativa, ou não, sendo classificado entre 1% e 30% e acima de 30%, respectivamente, juntamente com a separação de classes de declividade, como 1-10%, 10-20% e 20-30%, afim de atribuir pontuações maiores para áreas com menor declividade e pontuações menores para áreas mais íngremes, claro que levando em conta a restrição de declividades acima de 30%, estas já foram atribuídas como áreas proibidas, devido aos fatores econômicos de movimentação de aterros e cortes de taludes.

3.2.4 Solos

O tipo de solo é de extrema importância para determinação da alocação de um aterro sanitário, visto que a percolação do chorume no solo deve ser baixa, afim de evitar que este entre em contato com o lençol freático e conseqüentemente levar à sua contaminação. Segundo Iwai (2005, pg. 44) o chorume pode ser definido como:

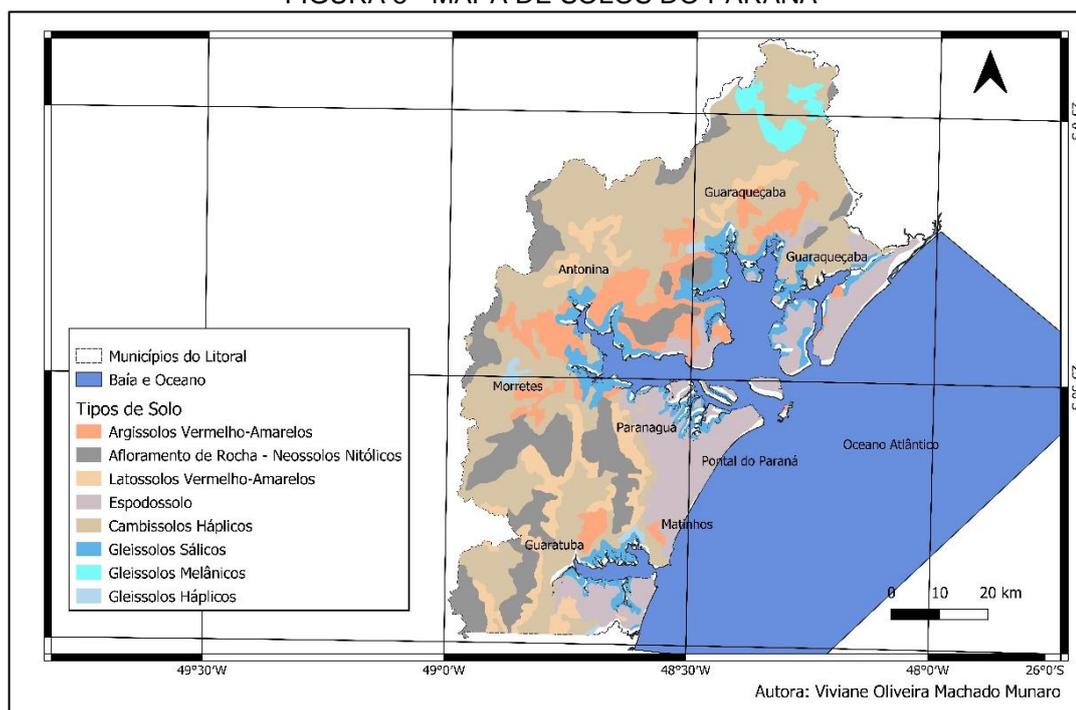
[...] a fase líquida da massa aterrada de resíduos, que percola através desta removendo materiais dissolvidos ou suspensos.

Este líquido é muito prejudicial à saúde pública quando em contato com os corpos hídricos, devido a sua composição química, podendo conter altas concentrações de metais pesados, sólidos suspensos e compostos orgânicos originados da degradação de substâncias que são metabolizadas, como carboidratos, proteínas e gorduras. Por apresentar substâncias altamente solúveis, pode escorrer e alcançar as coleções hídricas superficiais ou até mesmo infiltrar-se no solo e atingir as águas subterrâneas, comprometendo sua qualidade e potenciais usos (CELERE et al, 2007).

Desta forma, para diminuir estes riscos, a ABNT NBR 13896 (1997) recomenda que o solo da região, ou materiais disponíveis devem ser homogêneos com coeficiente de permeabilidade inferior a 10^{-6} cm/s. Para a diminuição de custos de implantação da obra do aterro sanitário, foi definido para a escolha em relação ao tipo solos com tendência a ter menor coeficiente de permeabilidade obtendo valores mais altos em relação a solos com possibilidade de obter coeficientes de permeabilidade maiores, assim o tipo de solo não é considerado como critério impeditivo para a alocação do empreendimento, haja visto, que pode se utilizar de materiais sintéticos para a impermeabilização do solo, em contrapartida estima-se que resultaria em um maior investimento monetário da obra.

O mapa de solos foi construído com base nos dados do Instituto Água e Terra (IAT – Paraná), dados estes retirados do sítio da própria instituição. Estas informações foram polidas para a área de interesse e apresentadas na FIGURA 5.

FIGURA 5 - MAPA DE SOLOS DO PARANÁ



Fonte: Instituto Água e Terra – PARANÁ (2022).

O Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos da EMBRAPA (2018) estabelece as classes de drenagem do solo se referindo a quantidade e rapidez com que a água recebida pelo solo infiltra e/ou escoar, afetando as condições hídricas do solo – duração de período em que permanece úmido, molhado ou encharcado. Quanto a drenagem do solo as classes, segundo EMBRAPA (2018), são:

- Excessivamente drenado – a água é removida do solo muito rapidamente; o material de solo tem elevada porosidade e permeabilidade, sendo comum aos solos desta classe de drenagem a textura arenosa.
- Fortemente drenado – a água é removida rapidamente do perfil; solos muito porosos e permeáveis, como aqueles de textura média e arenosa, pertencem a esta classe de drenagem.
- Acentuadamente drenado – a água é removida rapidamente do perfil; os solos desta classe de drenagem são normalmente de textura média ou argilosa, porém sempre muito porosos e bem permeáveis.
- Bem drenado – a água é removida do solo com facilidade, porém não rapidamente; os solos desta classe de drenagem comumente apresentam textura média ou

argilosa, não ocorrendo normalmente mosqueados devido a processos de oxidação e redução.

- Moderadamente drenado – a água é removida do solo um tanto lentamente, de modo que o perfil permaneça molhado por uma pequena, porém significativa, parte do tempo. Os solos desta classe de drenagem comumente apresentam uma camada de permeabilidade lenta no solum ou imediatamente abaixo dele. O lençol freático acha-se imediatamente abaixo do solum ou afetando a parte inferior do horizonte B, por adição de água por meio de translocação lateral interna ou alguma combinação dessas condições.

- Imperfeitamente drenado – a água é removida do solo lentamente, de tal modo que este permaneça molhado por período significativo, mas não durante a maior parte do ano. Os solos desta classe de drenagem comumente apresentam uma camada de permeabilidade lenta no solum, lençol freático alto, adição de água por meio de translocação lateral interna ou alguma combinação destas condições.

- Mal drenado – a água é removida do perfil tão lentamente que este permanece molhado por uma grande parte do ano. O lençol freático comumente está à superfície ou próximo dela durante uma considerável parte do ano. As condições de má drenagem são devidas a lençol freático elevado, camada lentamente permeável no perfil, adição de água por meio de translocação lateral interna ou alguma combinação destas condições. É frequente a ocorrência de mosqueado no perfil e características de gleização.

- Muito mal drenado – a água é removida do perfil tão lentamente que o lençol freático permanece à superfície ou próximo dela durante a maior parte do ano. Solos desta classe de drenagem usualmente ocupam áreas planas ou depressões, onde há, frequentemente, estagnação de água. São comuns, nesses solos, características de gleização e/ou acúmulo, pelo menos superficial, de matéria orgânica, comumente com horizonte hístico.

Os solos encontrados no litoral paranaense de acordo com a FIGURA 5, e suas respectivas características de textura e drenagem, retirados de EMBRAPA (2018) são apresentados na TABELA 6 onde se relacionam em uma escala arbitrária de 0 a 1, onde 0 é o solo com características arenosas e que se encontram constantemente saturados, indicando uma distância do lençol freático pequena na região, e 1 imperfeitamente drenados. Estes valores atribuídos de forma discricionária foram utilizados para compor um mapa temático para a locação do aterro sanitário.

TABELA 6 - TIPO DE SOLO E CARACTERÍSTICAS

Tipo de Solo	Textura	Drenagem	Valor atribuído
Argissolos	Varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte B, sempre havendo aumento de argila daquele para este	Forte a imperfeitamente drenado	1
Latossolos	De um modo geral, os teores da fração argila no <i>solum</i> aumentam gradativamente com a profundidade ou permanecem constantes ao longo do perfil	Variam de fortemente a bem drenados	0,8
Espodossolos	Predominantemente arenosa	-	0,1
Cambissolos	Tem textura francoarenosa ou mais argilosa	Fortemente até imperfeitamente drenados	0,5
Gleissolos	Podem ter textura arenosa somente nos horizontes superficiais, desde que seguidos de horizonte glei de textura francoarenosa ou mais fina.	Encontram permanente ou periodicamente saturados por água, são solos mal ou muito mal drenados em condições naturais	0,1

Fonte: Adaptado EMBRAPA (2018).

3.2.5 Corpos Hídricos

Conforme definição da Lei n. 12.651/2012 (BRASIL, 2012), Área de Preservação Permanente (APP) é uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Para o efeito desta Lei considera-se APP:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;

b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45° , equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII - os manguezais, em toda a sua extensão;

VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

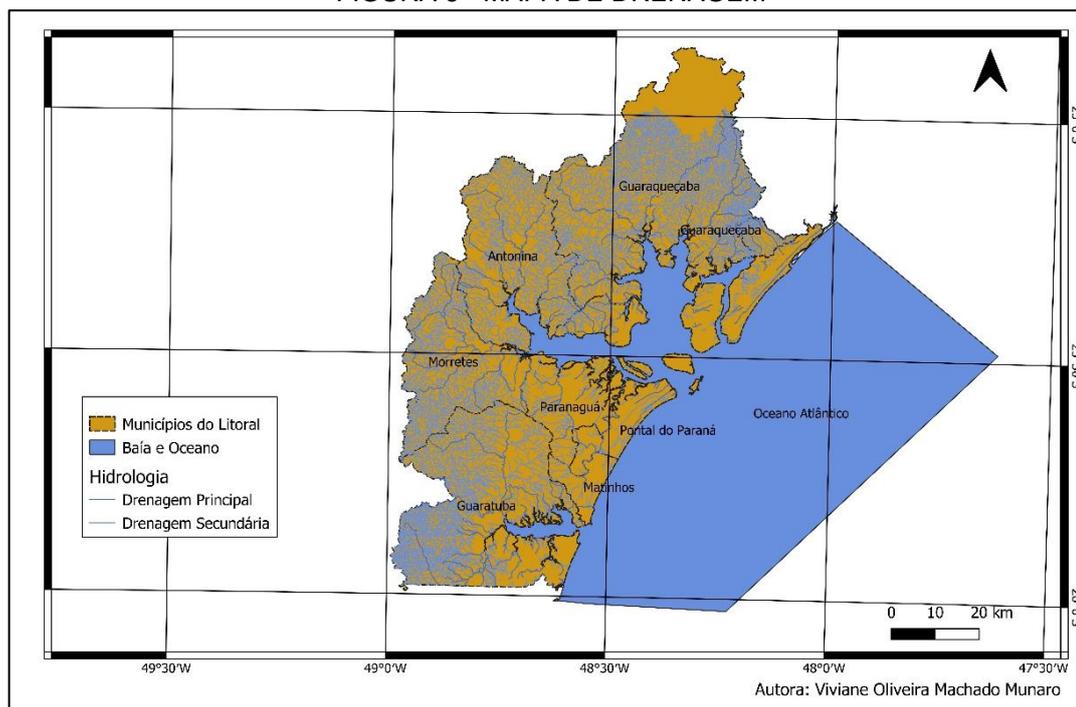
X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.

Entretanto para facilitar os processos de aplicação de APP's para os corpos hídricos, foi utilizado a orientação da ABNT NBR 13896 (1997) que define uma distância mínima de 200 metros de qualquer curso d'água, afim de se evitar contaminação devido a presença do chorume.

Desta forma, foi adquirido os dados de cursos hídricos, bem como da baía de Paranaguá em formato *shapefile* do sítio do observatório do litoral paranaense. Os dados de corpos hídricos foram compilados e apresentados na FIGURA 6.

FIGURA 6 - MAPA DE DRENAGEM



Fonte: Observatório do Litoral Paranaense – UFPR (2022).

Foi aplicado um *buffer* de 200 metros em todos os corpos hídricos, afim de compor a área de exclusão para a implantação do aterro sanitário.

3.2.6 Núcleos Populacionais

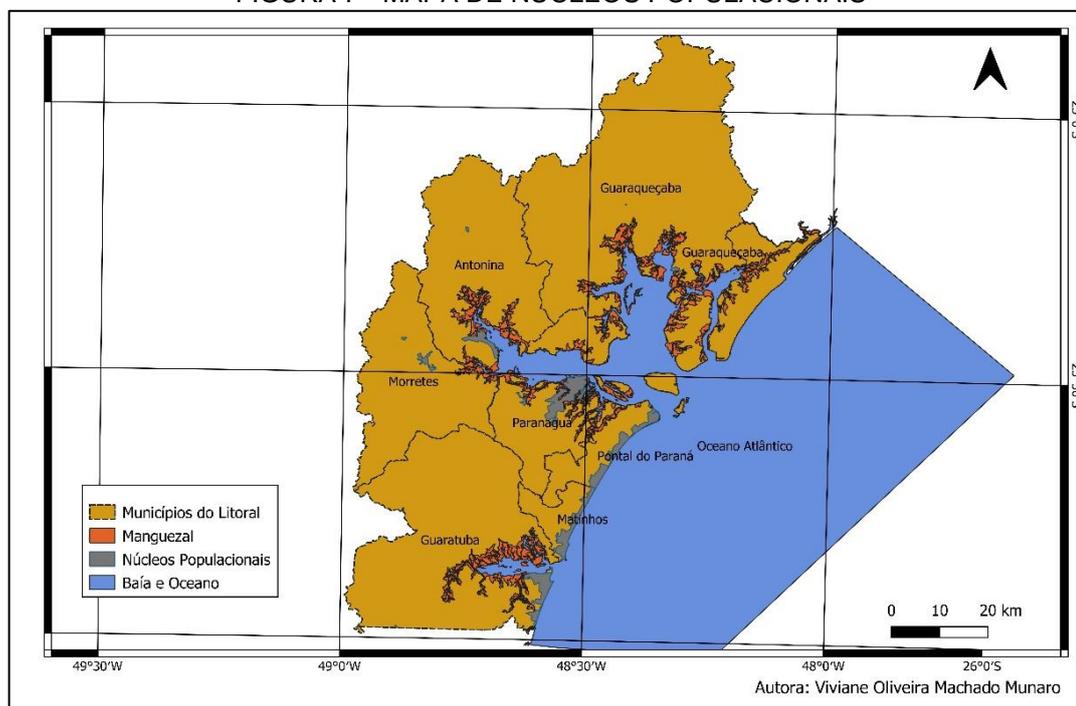
A população circunvizinha pode sentir alterações desfavoráveis na sua rotina devido a implantação de aterro sanitário, como levantado por Abreu et al. (2018) que elenca os problemas encontrados como: “[...] escolha inadequada do local, insegurança quanto à saúde da população, desvalorização dos terrenos próximos ao aterro e mau cheiro”.

Apesar dos cuidados existentes no aterro sanitário, como cobertura e compactação diárias dos resíduos, para conter o mau cheiro e a poluição visual, ainda assim a área ao entorno sofre devido à desvalorização dos imóveis e mau cheiro devido ao transporte dos resíduos sólidos pelas vias de acesso.

Desta forma, para minimizar os impactos aos núcleos urbanos próximos, a ABNT NBR 13896 (1997), estabelece um distanciamento mínimo de 500 metros.

Os dados sobre os núcleos populacionais foram obtidos através do sítio da EMBRAPA (2022), recortados para a área de interesse e apresentados na FIGURA 7.

FIGURA 7 - MAPA DE NÚCLEOS POPULACIONAIS



Fonte: EMBRAPA (2022).

Para criar uma zona de exclusão, foi feito um *buffer* de 500 metros no entorno dos núcleos populacionais.

Entretanto uma maior distância dos núcleos geradores, incorre em um maior custo operacional do aterro sanitário, assim foram atribuídos valores cada vez menores, para as maiores distâncias dos núcleos populacionais.

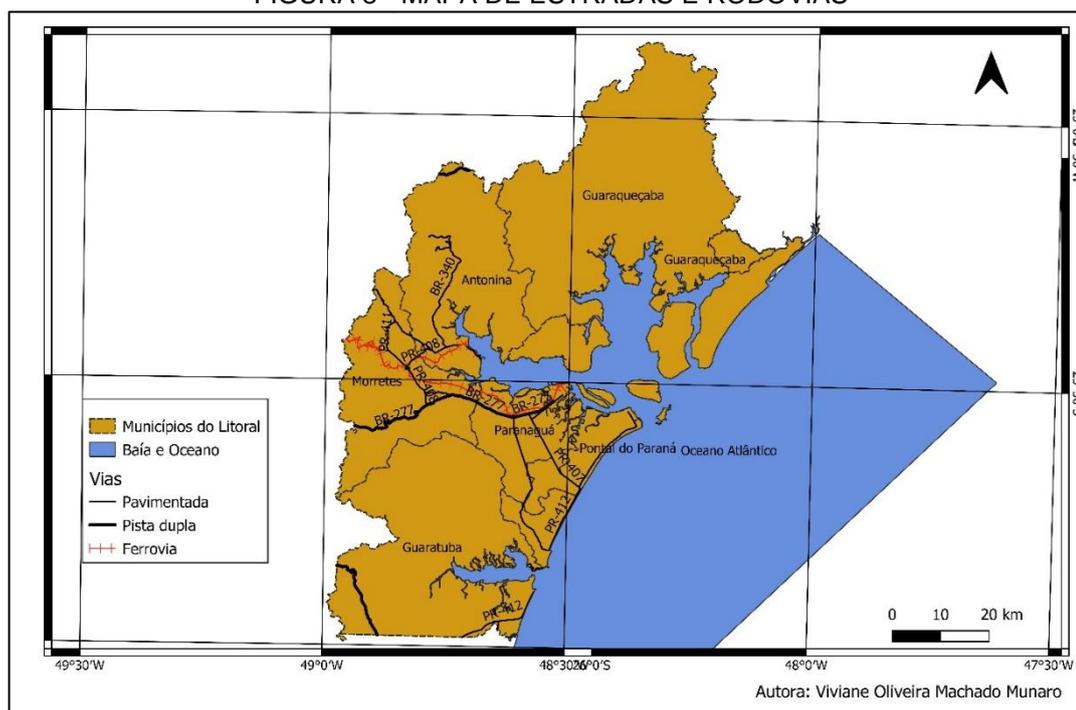
3.2.7 Estradas

Um dos passivos financeiros durante a implementação de um aterro sanitário e no decorrer de sua vida útil é o transporte dos resíduos sólidos urbanos para o local de deposição.

Desta forma a proximidade de vias de acesso rápido diminuem o custo de transporte, diminuindo o trajeto em estradas não pavimentadas, evitando maiores custos de manutenção devido a quebras de maquinários e consumo de combustíveis.

Para atender este critério foi adquirido imagens vetoriais das estradas na região de estudo através dos sítio do observatório do litoral paranaense, em arquivo *shapefile*, estas imagens são apresentadas na FIGURA 8.

FIGURA 8 - MAPA DE ESTRADAS E RODOVIAS



Fonte: Observatório do Litoral Paranaense – UFPR (2022).

Afim de criar áreas de menor custo de transporte e ao mesmo tempo não causar impactos aos usuários das vias, foi feito um *buffer* de 500 metros ao entorno das estradas de via rápida da região, afim de criar uma zona de exclusão. A partir desta distância, foi estipulado distâncias de 500 em 500 metros onde, zonas mais próximas a rodovias recebem valores mais altos, e zonas mais distantes, valores mais baixos, dentro de uma escala de 0 a 1.

3.2.8 Unidades de Conservação

Quanto ao histórico destas áreas HASSLER (2005) relata que:

“[...] com a sensível modificação da percepção dos problemas ambientais e da utilização dos recursos naturais ao longo do século XX, surge a necessidade da criação de espaços especiais para a manutenção do meio natural, conservação da biodiversidade, manutenção do patrimônio genético e proteção de ecossistemas.”

Também de acordo com HASSLER (2005):

“Cada espécie de unidade de conservação ou espaço protegido tem uma finalidade própria criada pela lei, dependendo dos atributos que justifiquem a sua proteção, que podem ser ora para proteger a beleza natural ou artificial, ou determinada forma de vegetação ou vida animal ou mesmo a cultura humana, ora por lazer ou para puro divertimento, pesquisa, estudo ou investigação científica.

Como visto, estas áreas possuem a finalidade de proteção do meio ambiente, sendo divididas conforme Lei 9.985, de 18 de julho de 2000 (BRASIL, 2000) em seu Artigo 7º relata:

As unidades de conservação integrantes do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) dividem-se em dois grupos, com características específicas:

I - Unidades de Proteção Integral;

II - Unidades de Uso Sustentável.

Neste dispositivo legal (BRASIL, 2000), são indicados que o objetivo das Unidades de Proteção Integral é:

[...] preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais”, e as Unidades de Uso Sustentável é “compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais.

De acordo com Monteiro et al. (2001) “as áreas têm que se localizar numa região onde o uso do solo seja rural (agrícola) ou industrial e fora de qualquer Unidade de Conservação Ambiental.

Desta forma para as Unidades de Proteção Integral, não são admitidos empreendimentos que gerem impactos ao meio ambiente, sendo desconsiderado assim estas áreas na busca para a alocação do aterro sanitário. Entretanto, para as Unidades de Uso Sustentável, deve ser verificado o plano de manejo do local, para assim conhecer a possibilidade de alocação do empreendimento.

Na Área de Proteção Ambiental de Guaratuba (APA Guaratuba), em seu plano de manejo (PARANÁ, 2006), é descrito que:

O aterro sanitário do município de Guaratuba localiza-se dentro da área da APA, mais precisamente na região de Santo Amaro, em uma pequena estrada localizada no início da Rodovia Guaratuba-Garuva.

Entretanto, no plano de manejo, não se objetiva a retirada do aterro sanitário do local, mas sim uma reestruturação do empreendimento, para comportar mais volume e diminuir impactos ambientais apontados.

Quanto ao plano de manejo do Parque Estadual do Rio da Onça, é citado por Paraná (2015) que:

[...] a duas áreas preteritamente utilizadas para destinação de resíduos sólidos urbanos e onde atualmente predominam estágios sucessionais iniciais de vegetação inseridas em uma matriz de vegetação bem preservada.

Entretanto, estas áreas são classificadas como zonas de recuperação, cujo objetivo segundo Paraná (2015) “é deter a degradação dos recursos ou restaurar a área”. Assim não é previsto a alocação de um empreendimento dentro desta UC.

A Floresta Estadual do Palmito, localizada na área urbana do município de Paranaguá Litoral do Paraná, é uma Unidade de Conservação (UC) de uso sustentável, criada a partir do Decreto Estadual nº 4.493 de 17 de junho de 1998 (PARANÁ, 1998), possui 530 hectares e não possui plano de manejo de sua área, apesar do prazo máximo para a elaboração e aprovação do Plano seria de dois anos a partir da data de criação (PARANÁ, 1998).

Assim, para este estudo de viabilidade de um local para a alocação de um aterro sanitário, será desprezada a referida área.

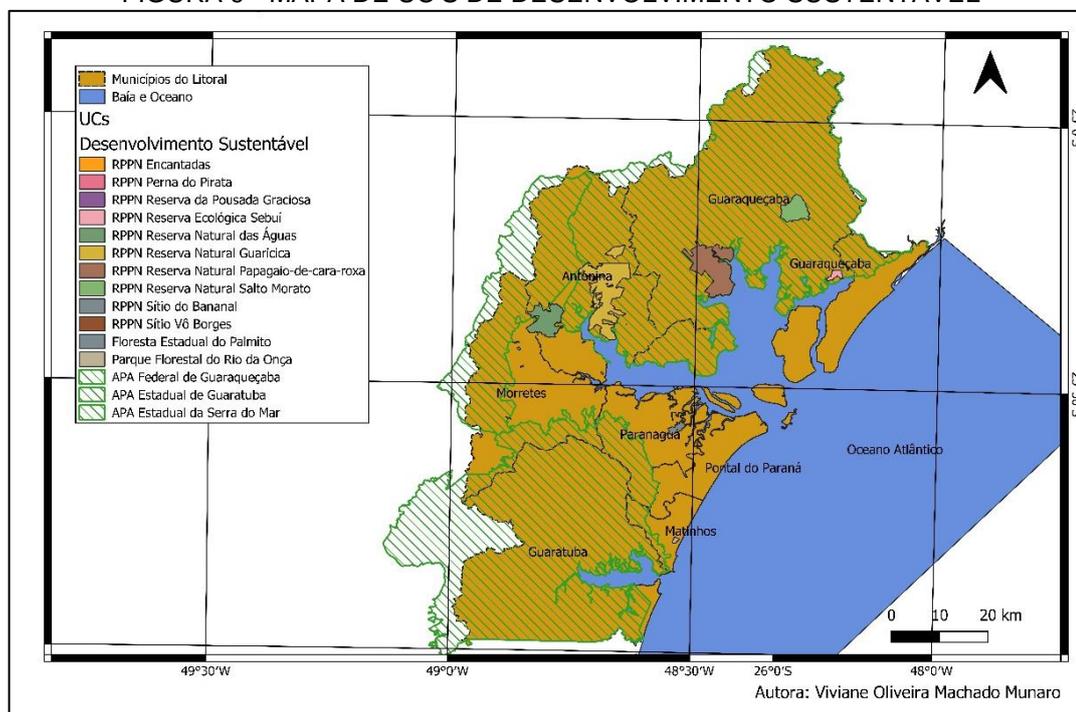
O plano de manejo da APA de Guaraqueçaba foi instituído através do decreto nº 90.883 de 31 de janeiro de 1985, com uma área de 282.446,36 hectares, compreendendo 38% da área do litoral paranaense. O objetivo superior do plano, segundo Paraná (1995) é:

Conservar a diversidade de ambientes, de espécies, de processos naturais e do patrimônio cultural, visando o desenvolvimento econômico ambientalmente sustentado das comunidades humanas locais e a melhoria da qualidade de vida.

Desta forma, não sendo observado nenhum dispositivo legal contrário a implantação de aterro sanitário na APA de Guaraqueçaba e, considerando seu aspecto de desenvolvimento sustentável, entende-se que é possível a alocação do empreendimento no local, entretanto o mesmo possui restrições.

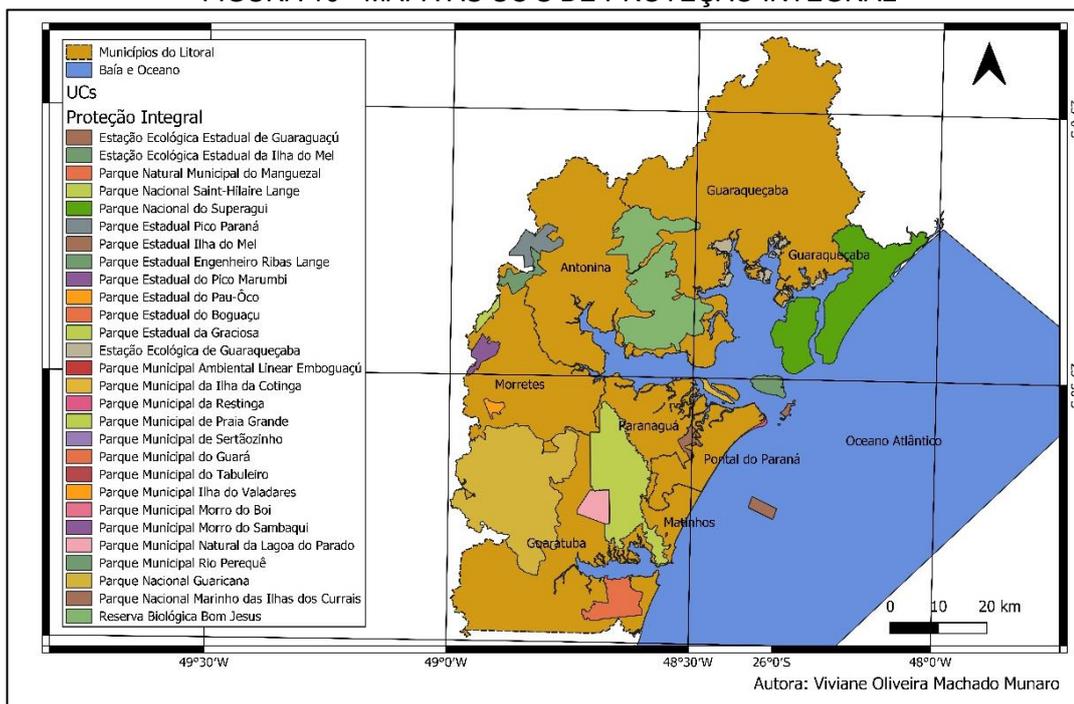
Foram compreendidos na pesquisa, não somente as áreas de Unidades de Conservação de uso sustentável, mas também as áreas de preservação de proteção integral, entretanto estas últimas, devido à restrição a alocação do empreendimento, foram consideradas áreas inaptas a recebê-lo. As unidades de conservação do litoral paranaense são apresentadas na FIGURA 9 e FIGURA 10.

FIGURA 9 - MAPA DE UC'S DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL



Fonte: Geonode – PARANAGUÁ (2022).

FIGURA 10 - MAPA AS UC'S DE PROTEÇÃO INTEGRAL



Fonte: Geonode – PARANAGUÁ (2022).

3.2.9 Área de Segurança Aeroportuária (ASA)

De acordo com a portaria nº 798/GC3, de 28 de julho de 2020 do Ministério da Defesa (BRASIL, 2020) que dispõe sobre o plano básico de gerenciamento de risco de fauna nos aeródromos brasileiros, estabelece que a ASA consiste em:

Área circular do território de um ou mais municípios, definida a partir do centro geométrico da maior pista do aeródromo ou do aeródromo militar, com 20km (vinte quilômetros) de raio, cujos uso e ocupação estão sujeitos a restrições especiais, em função da natureza atrativa de fauna.

Entretanto define que os aterros sanitários quando utilizando técnicas de operação e de manejo apropriadas, não se constituem em foco atrativo de fauna no interior da ASA, nem comprometendo a segurança operacional da aviação (BRASIL, 2020).

Desta forma, devido ao manejo correto que deve ser feito nos aterros sanitários, a área de segurança aeroportuária, não foi considerada no estudo como área

impeditiva, levando em conta que existe um aeródromo na cidade de Paranaguá, no interior do local conhecido popularmente como “Aeroparque”.

3.2.10 Comunidades Indígenas

No litoral paranaense, vivem algumas comunidades indígenas da etnia *Guarani Mbya*, divididas nas aldeias *Tekoa Pindoty* na Ilha da Cotinga, *Guaviraty* em Pontal do Paraná e *Kuaray Guata Porã* em Guaraqueçaba, conforme descrito por Margarida e Martins (2019):

[...] buscando formar suas *tekoa* (aldeia) em regiões montanhosas da Mata, como é o caso dos Mbya no litoral paranaense, onde temos seis aldeias indígenas, sendo três reconhecidas como Terra Indígena (Ilha da Cotinga, Cerco Grande e Sambaqui) e apenas uma demarcada (Tekoa Pindoty na TI Ilha da Cotinga).

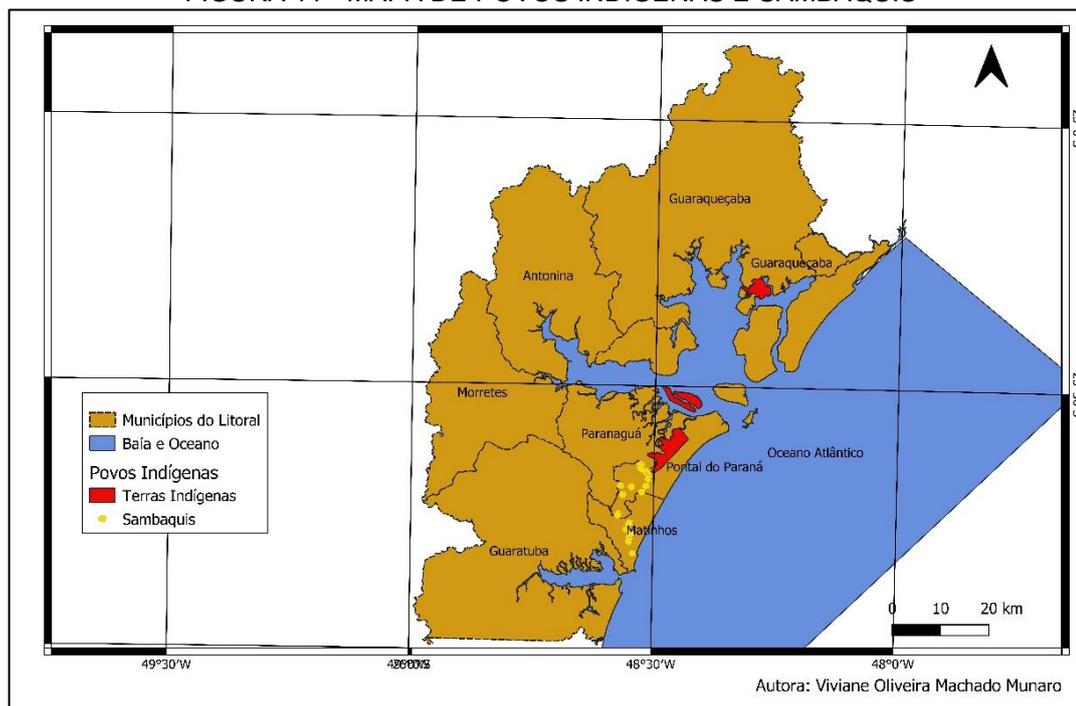
Os indígenas são contemplados pela Constituição Federal de 1988, por meio do Título VIII, capítulo VIII, artigos 231 e 232 (BRASIL, 1988):

Art. 231. São reconhecidos aos índios sua organização social, costumes, línguas, crenças e tradições, e os direitos originários sobre as terras que tradicionalmente ocupam, competindo à União demarcá-las, proteger e fazer respeitar todos os seus bens. (BRASIL, 1988, p. 132)

Desta forma, empreendimentos como aterros sanitários municipais ou de consórcio intermunicipal, são proibidos nestas áreas, haja visto que fere a própria Constituição Federal.

As áreas das regiões indígenas demarcadas, foram adquiridos através do portal do Governo Federal, Fundação Nacional do Índio, e apresentado na FIGURA 11.

FIGURA 11 - MAPA DE POVOS INDÍGENAS E SAMBAQUIS



Fonte: Fundação Nacional do Índio – FUNAI (2022).

3.3 REFINAMENTO E TRATAMENTO DOS DADOS

Para as camadas vetoriais e imagens raster adquiridas, foram feitos tratamentos nos arquivos, delimitando para a área de estudo. Este procedimento tornou melhor apresentável os resultados dos mapas de cada um dos critérios escolhidos, com o objetivo final do processamento do mapa temático de áreas para melhor alocação do aterro sanitário na região.

As camadas vetoriais foram transformadas em arquivos raster para assim inserir valores (notas) aos pixels, nas camadas onde a proximidade/afastamento continham notas em grau crescente. As notas foram atribuídas de forma arbitrária, levando em consideração os impactos ambientais, sociais e econômicos envolvidos. Os critérios com as respectivas notas são apresentados na TABELA 7.

TABELA 7 - CLASSIFICAÇÃO DOS MAPAS E SUAS RESPECTIVAS NOTAS

Categoria	Proximidade/Critérios	Notas
Corpos Hídricos	Água	Restringido
	0 – 200 m	Restringido
	200 – 500 m	0,1
	500 – 1.000 m	0,4

	1.000 – 2.000 m	0,6
	> 2.000 m	1
Declividade	0 – 1%	Restringido
	1 – 10%	1
	10 – 20%	0,8
	20 – 30%	0,6
	> 30%	Restringido
Núcleos Populacionais	Núcleo Populacional	Restringido
	0 – 500 m	Restringido
	500 – 2.000	0,4
	2.000 – 5.000 m	0,6
	5.000 – 10.000 m	0,8
	> 10.000 m	1
Rodovias	Rodovias	Restringido
	0 – 500 m	Restringido
	500 – 1.000	0,6
	1.000 – 3.000	1
	> 3.000 m	0,8
Unidades de Conservação	UC's	Restringido
	< 200 m	0,5
	200 – 1000 m	0,8
	> 1.000 m	1
Tipos de Solos	Afloramento de Rocha	Restringido
	Gleissolos	0,1
	Espodosolos	0,1
	Cambissolos	0,5
	Latosolos	0,8
	Argissolos	1
Terras Indígenas e Sambaquis		Restringido

Fonte: A Autora (2022).

Para a composição dos pesos atribuídos aos critérios, foi utilizado o método *AHP*, onde os critérios não restritivos são comparados de forma pareada, apresentada na TABELA 8, juntamente com os respectivos pesos. Os valores obtidos para as combinações foram coletados a partir de uma pesquisa, realizada através de

questionário (ANEXO I) com 5 (cinco) docentes dos cursos de Engenharia Civil e Engenharia Ambiental e Sanitária do Campus Pontal do Paraná, no qual o resultado obtido é apresentado no ANEXO II.

TABELA 8 - PROCESSO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA

	Solos	Corpos Hídricos	Declividade	UC's	Núcleos Pop.	Estradas	<i>Pesos</i>
Solos	1	1	5	6	8	9	0.354
Corpos Hídricos	1.00	1	4	5	6	8	0.295
Declividade	0.20	0.25	1	2	6	7	0.194
UC's	0.17	0.20	0.50	1	1	3	0.069
Núcleos Pop.	0.13	0.17	0.17	1.00	1	3	0.064
Estradas	0.11	0.13	0.14	0.33	0.33	1	0.024

Fonte: A autora (2022).

Para o cálculo da razão de consistência, deve se determinar primeiramente o autovalor da matriz, a partir da EQUAÇÃO 6.

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{[AP]_i}{P_i} \quad (6)$$

Onde:

$\lambda_{m\acute{a}x}$ = Autovalor máximo da matriz de decisão AHP

n = Ordem da matriz de decisão AHP

A = Matriz de decisão AHP

P = Peso Matriz de decisão AHP (AutoVetor)

Com o autovalor (λ), é calculado o Índice de Consistência (IC), através da EQUAÇÃO 7.

$$IC = \frac{(\lambda_{m\acute{a}x} - n)}{(n-1)} \quad (7)$$

Onde:

IC = Índice de Consistência

λ = Autovalor máximo da matriz de decisão AHP

n = Ordem da matriz de decisão AHP

Para o cálculo da Razão de Consistência (RC) é necessário descobrir o Índice Randômico (IR). O IR é o índice de consistência obtido para uma matriz randômica recíproca, com elementos não-negativos, para vários tamanhos de matriz N foram aproximados por Saaty (baseado em grande número de simulações) como demonstra a TABELA 9.

TABELA 9 - ÍNDICES DE CONSISTÊNCIA RANDÔMICOS (IR)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Fonte: Saaty (1991).

Por fim, a Razão de Consistência (RC) é calculada a partir da EQUAÇÃO 8.

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (7)$$

Onde:

RC = Razão de Consistência

IC = Índice de Consistência

IR = Índice Randômico

A razão de consistência do método resultou em um valor de 9,4%, o que demonstra estar de acordo com o que preconiza a metodologia de Saaty (1980), Processo de Análise Hierárquica - AHP (Analytic Hierarchy Process), ou seja, valor inferior a 0,1.

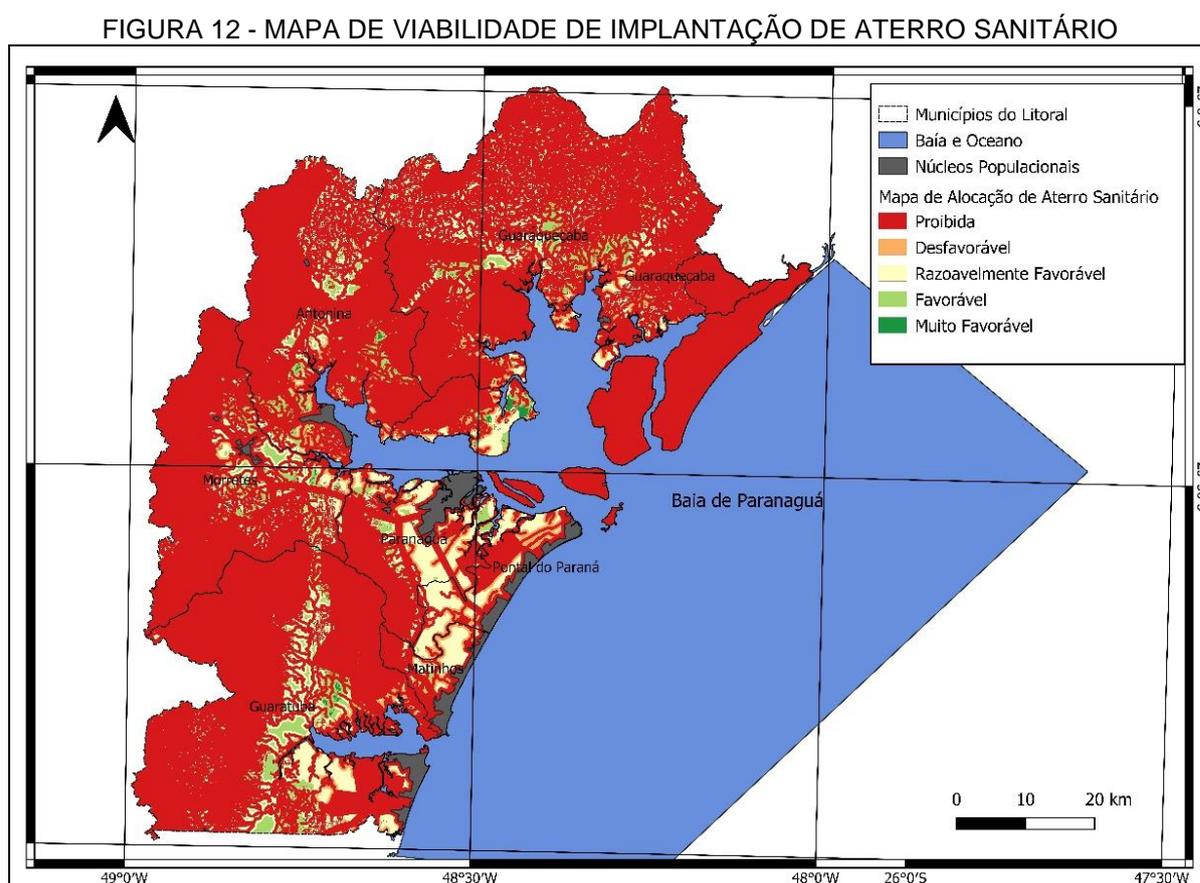
As imagens rasterizadas com as devidas notas, foram agrupadas para compor o mapa final, juntamente com a exclusão das áreas proibidas/impeditivas, conforme linha de código do software QGIS apresentado:

```
(0.354 * "Solos @1" + 0.295 * "Corpos_Hídricos@1" + 0.194 * "Declividade@1" +
0.069 * "UC@1" + 0.064 * "Núcleos Populacionais@1" + 0.024 * "Estradas@1") *
("Proibições@1"!=1) * "Municípios Litoral@1"
```

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Após a aplicação dos critérios e exclusão das áreas impeditivas, restringindo o local de estudo para a parte terrestre do litoral paranaense, obteve-se um mapa com áreas com pontuações diversas dentro da escala de 0 a 1. Desta forma, para facilitar as conclusões, foi classificado estes valores em 5 classes assim valores compreendidos entre 0 a 0,2 compuseram a classe de áreas proibidas, valores entre 0,2 a 0,4 a classe de áreas desfavoráveis, entre 0,4 a 0,6 a classe de áreas razoavelmente favoráveis, entre 0,6 a 0,8, classe de áreas favoráveis e por fim valores entre 0,8 e 1, a classe das áreas muito favoráveis.

Estas classes foram separadas de forma discreta e associadas a cores que variam do vermelho ao verde no mapa apresentado na FIGURA 12.



Fonte: A autora (2022).

Em relação às áreas disponíveis, foi constatado que a maior parte do litoral paranaense é impeditivo para a alocação do empreendimento, conforme apresenta na TABELA 10.

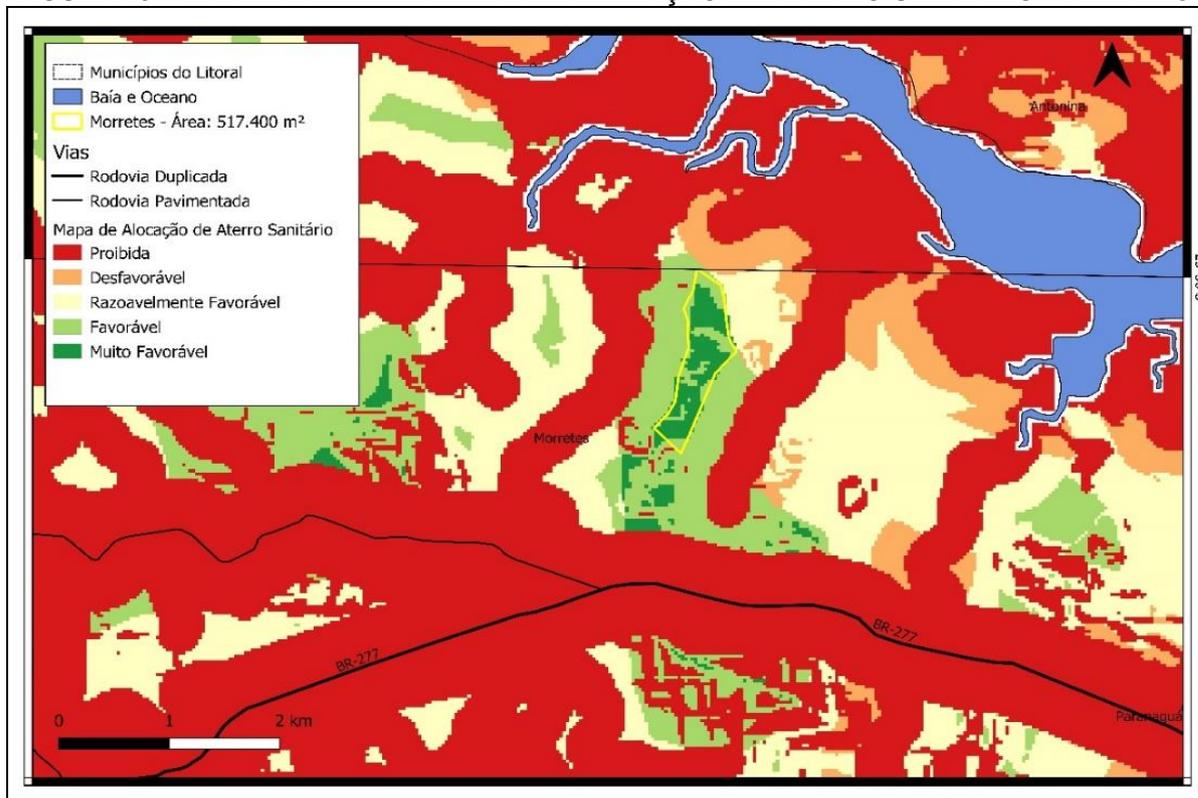
TABELA 10 - CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS PARA A ALOCAÇÃO DE UM ATERRO SANITÁRIO

Classificação	Área (m ²)	%
Proibidas	4.601.665.600	85,56%
Desfavorável	181.902.400	3,38%
Razoavelmente Favorável	492.177.000	9,15%
Favorável	100.945.400	1,88%
Muito Favorável	1.321.700	0,02%
Total	5.378.012.100	

Fonte: A autora (2022).

Entretanto podemos elencar algumas áreas, como a “ÁREA MO”, próxima a um dos maiores centros de produção de resíduos sólidos do litoral, o município de Paranaguá, que atende aos critérios estabelecidos para a instalação de aterro sanitário com vida útil de 16 anos. Esta área é apresentada na FIGURA 13, localizada no município de Morretes, possui 563.350 m², sendo quase 85 vezes maior do que a área calculada para o aterro sanitário no município.

FIGURA 13 – MAPA DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO - “ÁREA MO”

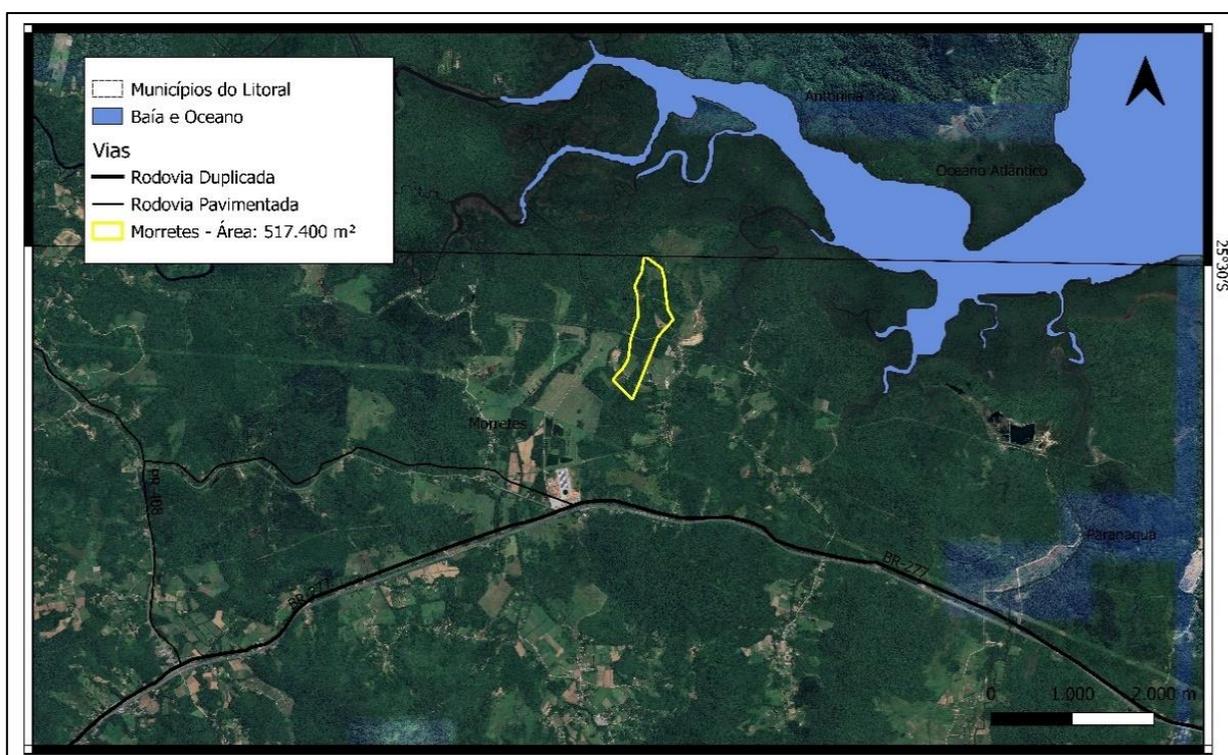


Fonte: A autora (2022).

Ao pesquisar a mesma área nas fotos do *Google Earth*, podemos fazer uma análise prévia do local, conferindo distanciamento dos corpos hídricos de grande porte, das rodovias e de aglomerados populacionais, que possam não estar contidos nas informações georreferenciadas encontradas para a composição do mapa.

Desta forma a “ÁREA MO”, observada pela imagem do *Google Earth*, apresenta informações condizentes com o mapa de melhores localizações para o aterro sanitário, pois está a 17 Km da cidade de Paranaguá, a 1 Km de distância da BR-277, e 1,2 Km afastado do corpo hídrico mais próximo, conforme FIGURA 14.

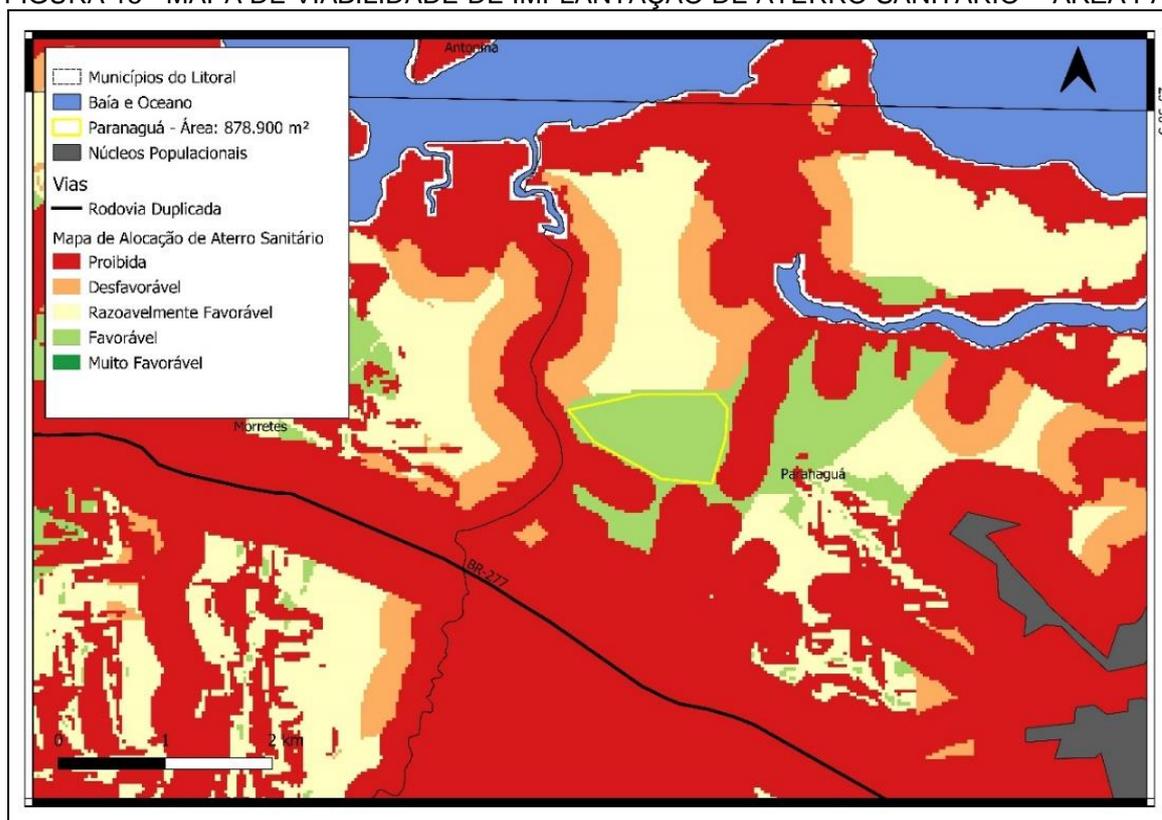
FIGURA 14 - MAPA DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO - “ÁREA MO”



.Fonte: A autora (2022).

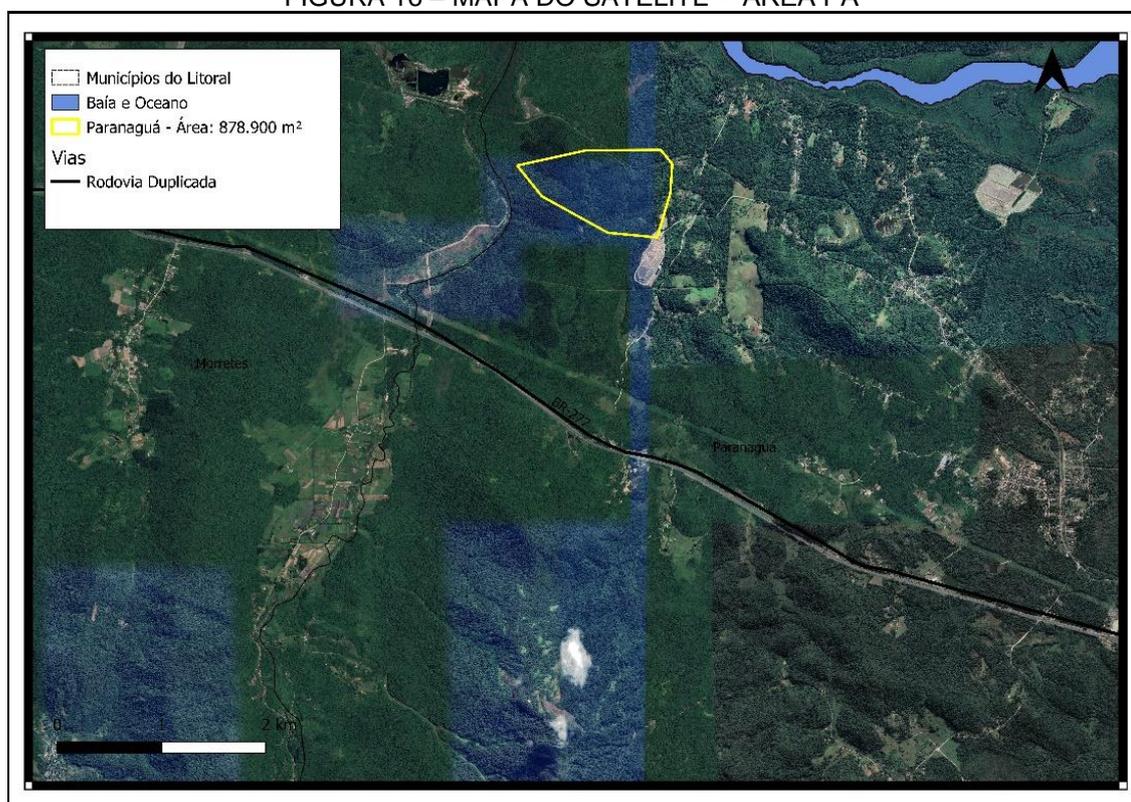
Outra região com possibilidade de alocar o aterro sanitário, a “ÁREA PA”, é apresentado na FIGURA 15, possui 878.900 m², é próxima à BR-277, rodovia de pista dupla que passa pela região do litoral, dista 6 Km da cidade de Paranaguá, e como também pode ser constatado pelo mapa da imagem do local, não tem proximidade com áreas restritas (FIGURA 16).

FIGURA 15 - MAPA DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO - "ÁREA PA"



Fonte: A autora (2022).

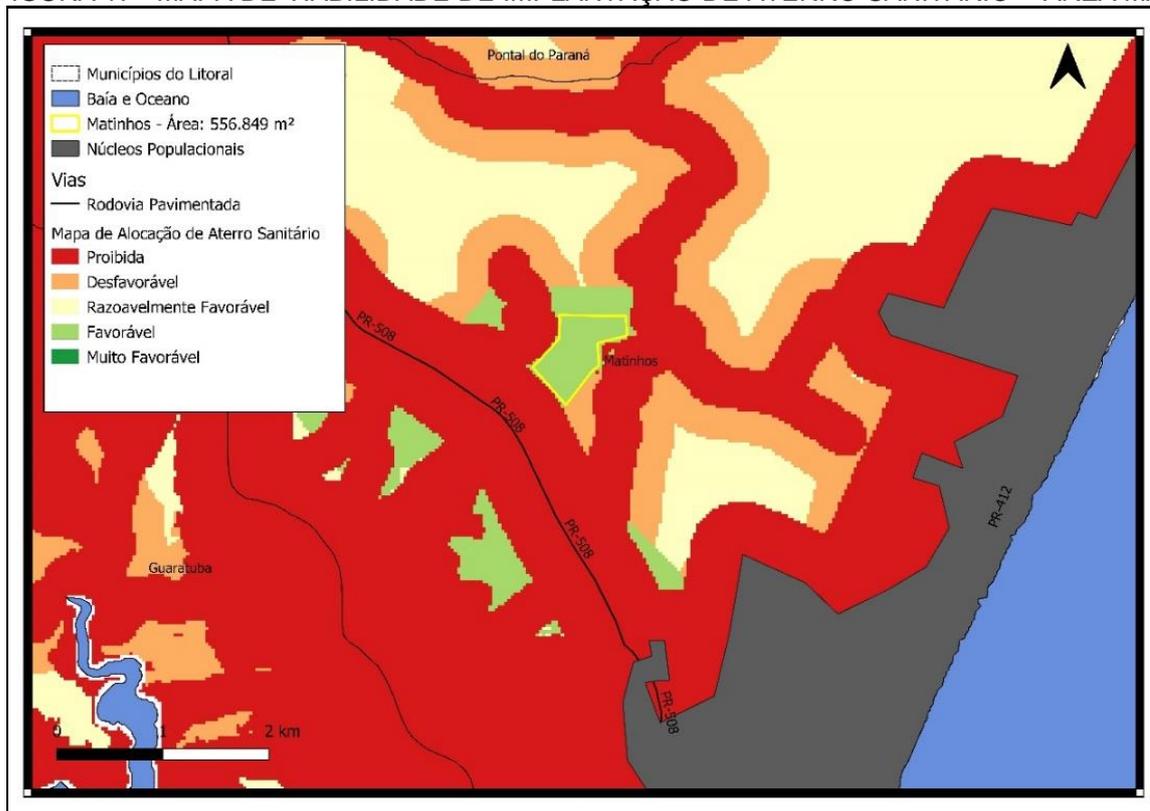
FIGURA 16 – MAPA DO SATÉLITE - "ÁREA PA"



Fonte: A autora (2022).

No Município de Matinhos, foi encontrada uma região com grande possibilidade de alocar o empreendimento. A “ÁREA MA”, possui capacidade de atender até 38,5 o aterro de projeto calculado na TABELA 5 para o município. Possui proximidade com a PR-508 e a entrada do município de Matinhos (FIGURA 17).

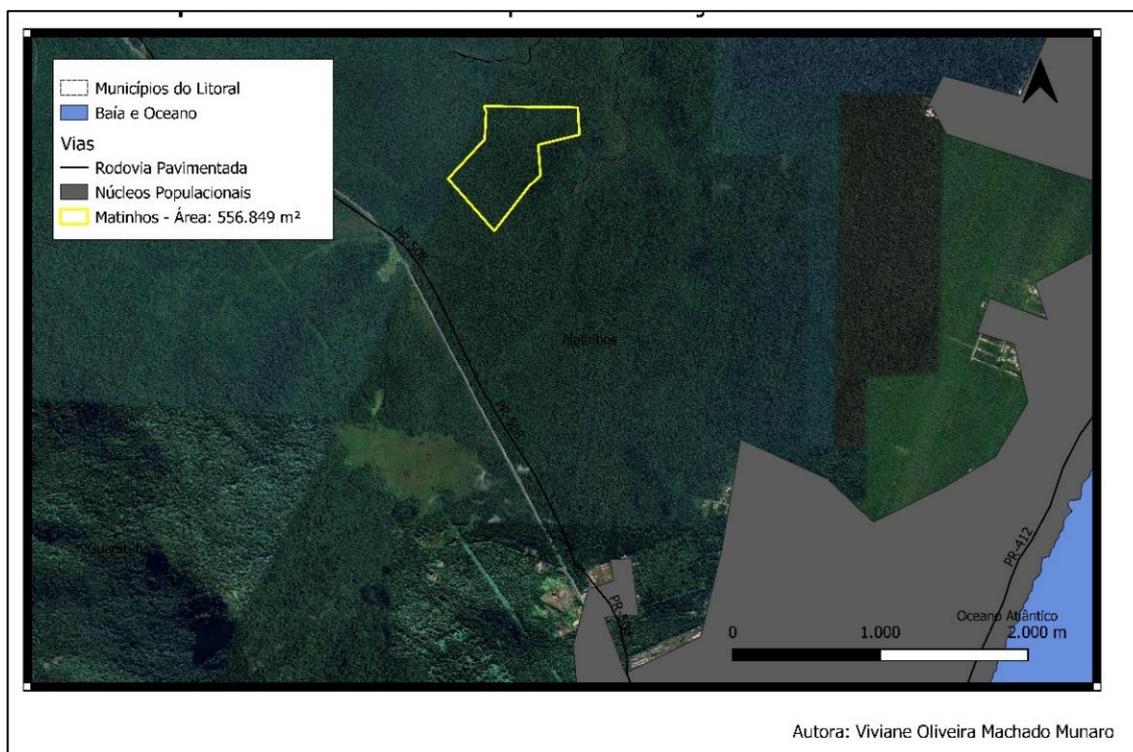
FIGURA 17 - MAPA DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO - “ÁREA MA”



Fonte: A autora (2022).

Pode ser observado pelo mapa do Google Earth a localização da área indicada e o cobertura por mata nativa do local, conforme FIGURA 18.

FIGURA 18 - MAPA DO SATÉLITE - “ÁREA MA”



Fonte: A autora (2022).

Na “ÁREA GB”, localizada no Município de Guaratuba (FIGURA 19), possui uma área de 986.437 m², estando distante 15 Km da área urbana do município e possui seu melhor acesso pela PR 412, estrada que liga o município de Guaratuba/PR com o município de Garuva/SC.

FIGURA 19 - MAPA DO SATÉLITE - “ÁREA GB”

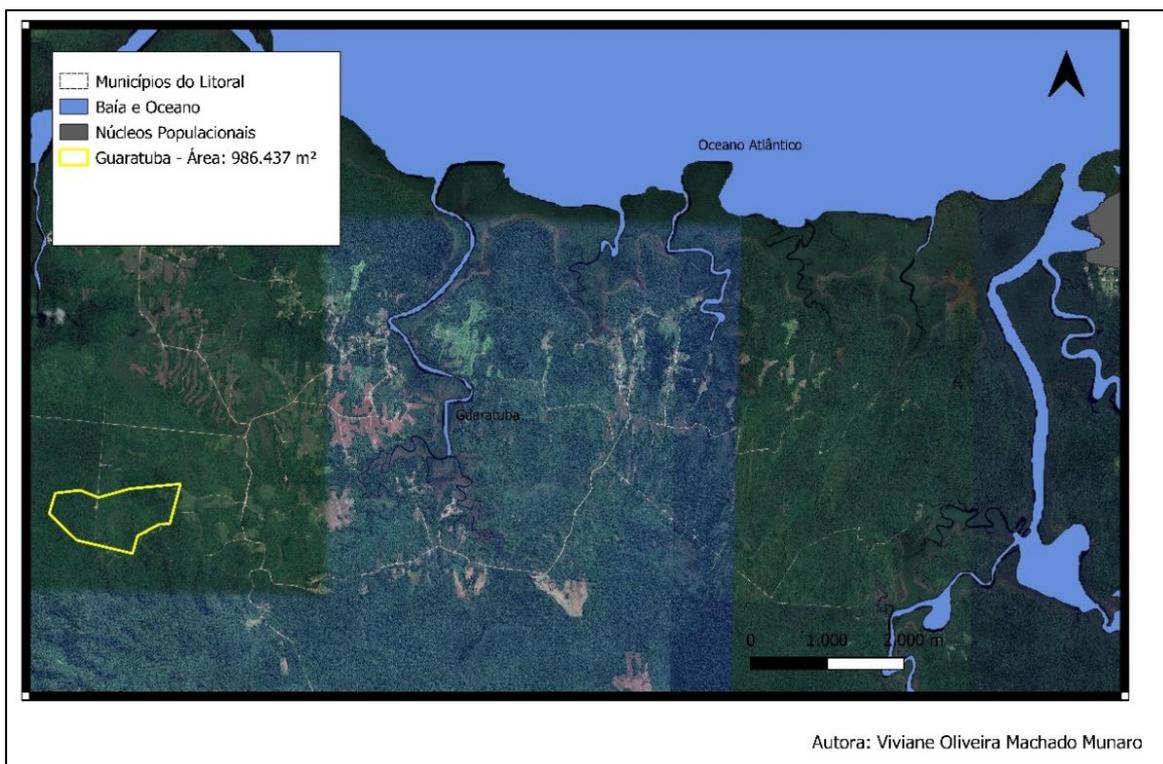
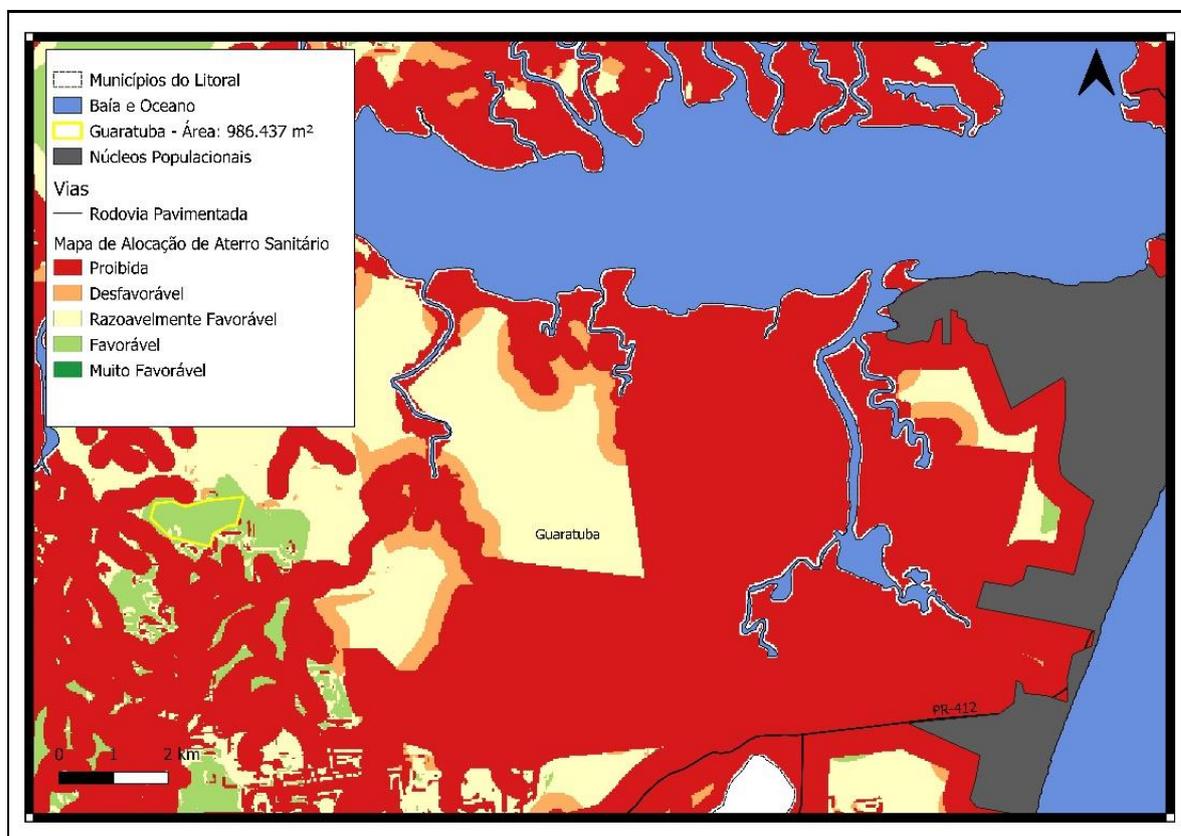


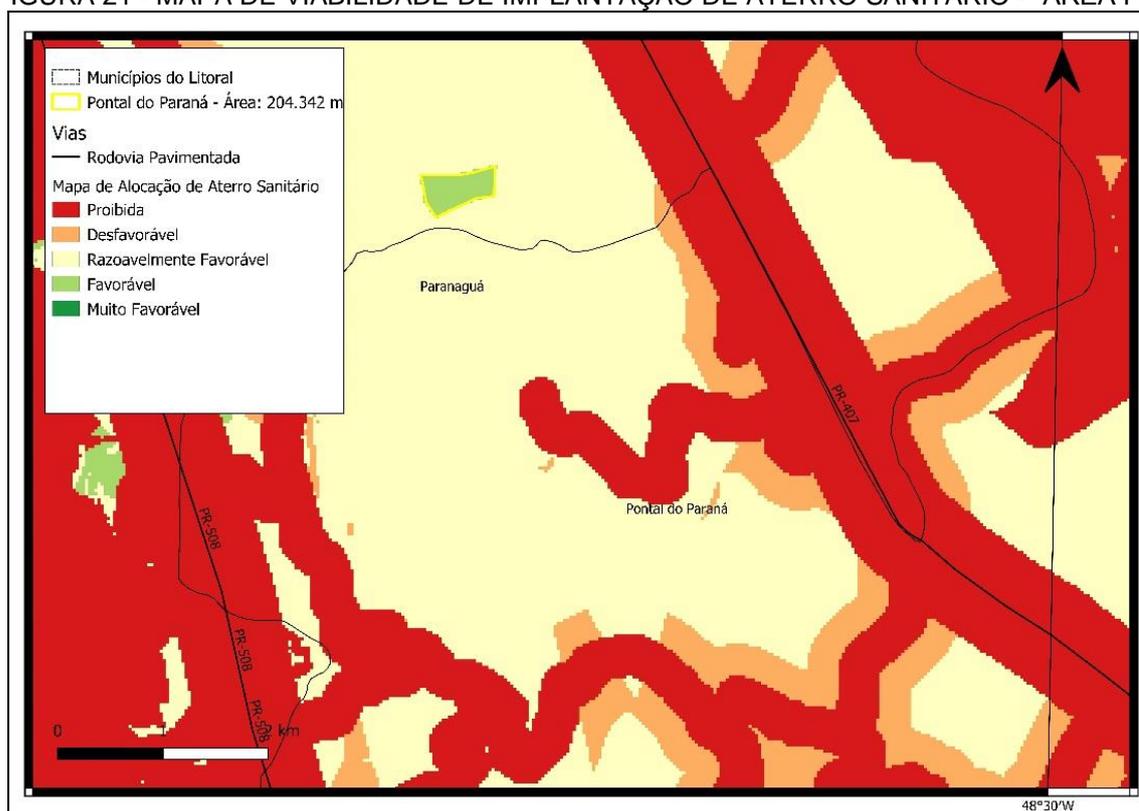
FIGURA 20 - MAPA DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO - “ÁREA GB”



Esta área, apesar de afastada do centro gerador de resíduos sólidos, atende de forma satisfatória aos requisitos para a alocação do aterro sanitário, obtendo uma pontuação de 0,7474 na escala de 0 -1, conforme FIGURA 20.

Na área do município de Pontal do Paraná, não foi encontrada áreas que estivessem na classificação de áreas “Favoráveis” ou “Muito Favoráveis”, tendo na maior parte da região áreas “Proibidas”, assim buscou-se uma área próxima a município com uma classificação melhor, encontrando na perto da divisa Pontal do Paraná – Paranaguá um local com 204.342 m² (FIGURA 21), com pontuação 0,6686, a “ÁREA PP” é assim classificada como área “Favorável” para a alocação do aterro sanitário.

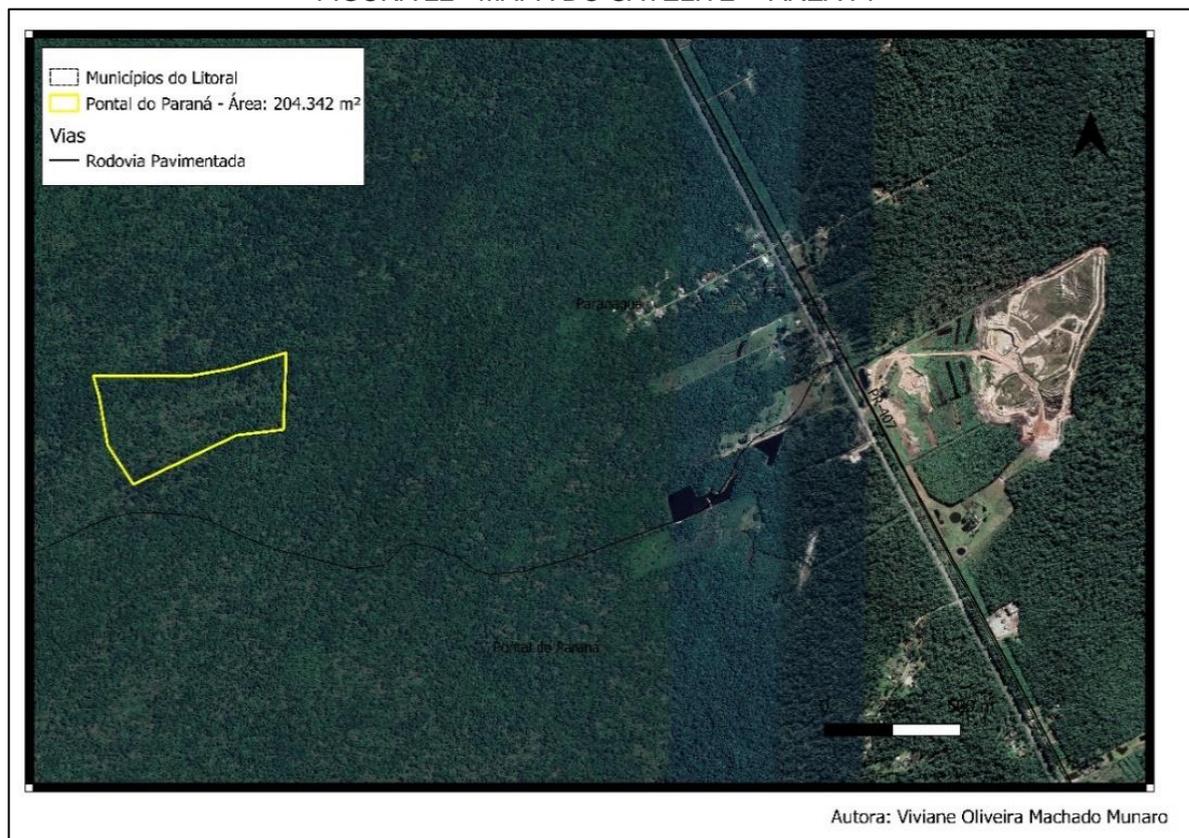
FIGURA 21 - MAPA DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO - “ÁREA PP”



Fonte: A autora (2022).

Esta área, dista da PR-407 em 1,8 Km, como observada pelas imagens do Google Earth (FIGURA 22), compreende uma região de mata nativa, apesar disso cumpre com os requisitos impostos anteriormente para a alocação de aterros sanitários.

FIGURA 22 - MAPA DO SATÉLITE - "ÁREA PP"



Fonte: A autora (2022).

E então, dentro dos limites municipais de Antonina, foi encontrada uma região propícia para a instalação de aterro sanitário (ÁREA AN), com área de 226.074 m², distante 1Km da BR-340, rodovia que liga o município de Antonina com o de Guaraqueçaba, e 8 Km da PR-408, próximo à entrada do município de Antonina.

FIGURA 23 - MAPA DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO - "ÁREA AN"

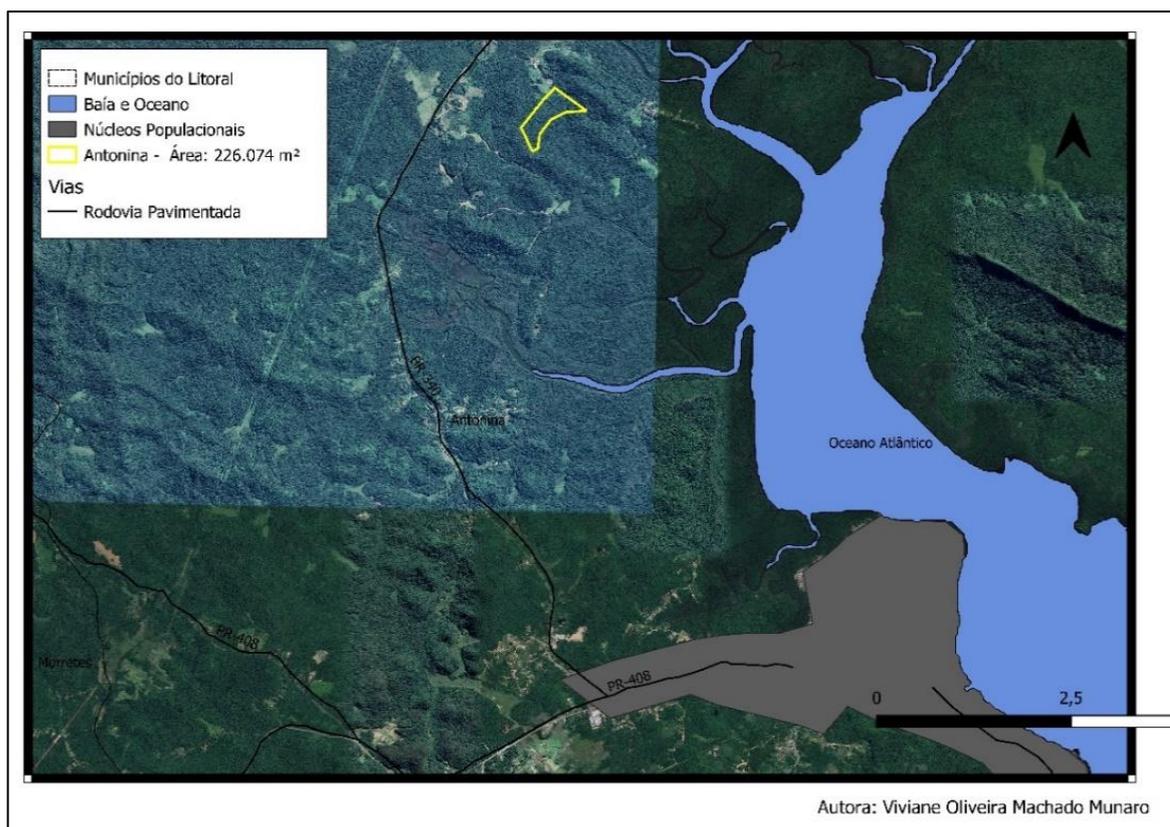


Fonte: A autora (2022).

Estando classificado como área muito favorável pelo mapa de viabilidade de alocação de aterro sanitário (FIGURA 23), possui o impacto financeiro de estar longe dos centros de geração de resíduos próximos.

Este local possui uma estrada de acesso em sua proximidade, facilitando a instalação do empreendimento, conforme observado na FIGURA 24.

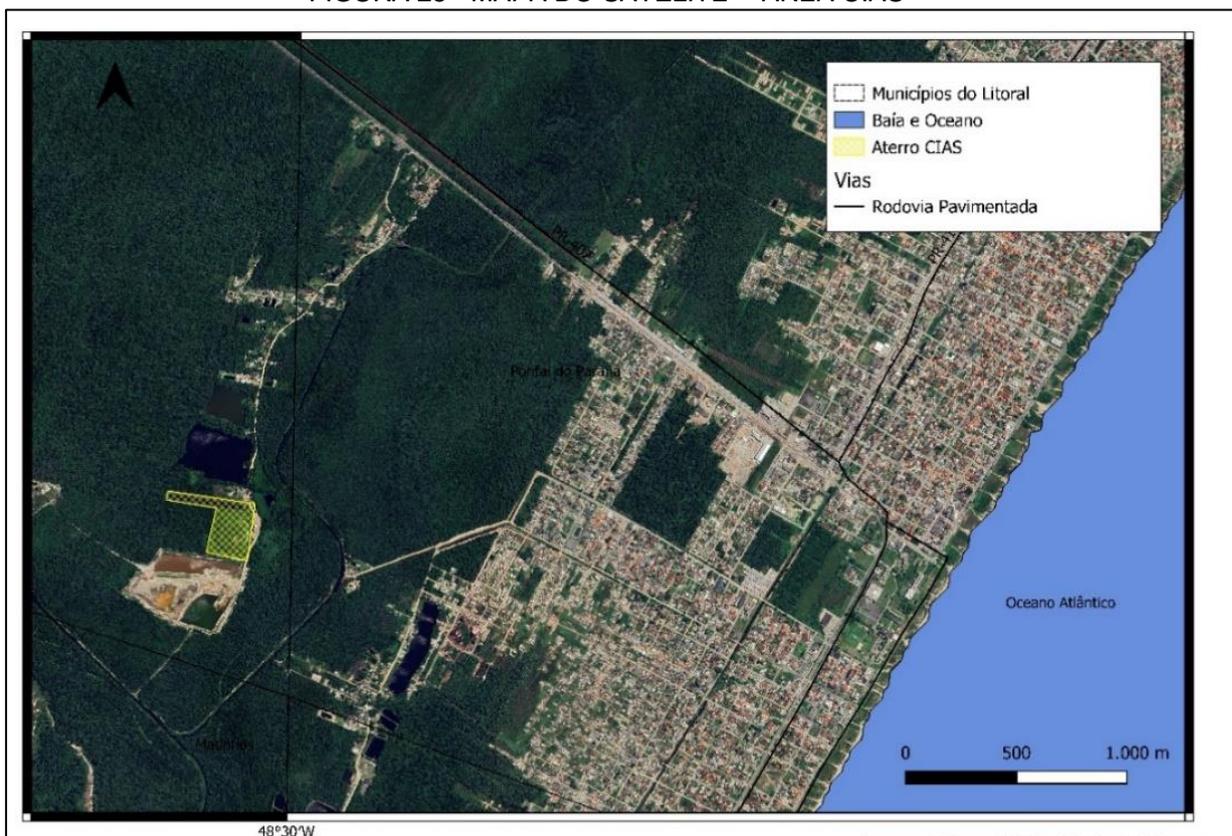
FIGURA 24 - MAPA DO SATÉLITE - "ÁREA AN"



Fonte: A autora (2022).

Para análise final, foi localizado a instalação do aterro sanitário do Consórcio Intermunicipal para Aterro Sanitário de Pontal do Paraná e Matinhos (CIAS) e identificado a pontuação recebida no mapa de viabilidade do empreendimento (FIGURA 25).

FIGURA 25 - MAPA DO SATÉLITE - "ÁREA CIAS"



Fonte: A autora (2022).

Podemos verificar que a região escolhida, não foi classificada como "Proibida", entretanto possui uma pontuação muito baixa (0,3775), tal fato decorre da proximidade de diversos corpos hídricos, uma proximidade muito grande do núcleo populacional crescente de Pontal do Paraná e estando localizado na região do solo tipo espodossolo. Todos estes fatores contribuíram para o local do aterro sanitário CIAS ser classificado como "Desfavorável", conforme observado na FIGURA 26.

FIGURA 26 - MAPA DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO - “ÁREA CIAS”



Fonte: A autora (2022).

Para unificar os dados apresentados até então, a TABELA 11, apresenta as áreas selecionadas pelo estudo, juntamente com o local do aterro do CIAS com seus respectivos pontos e classificação no mapa de viabilidade de alocação de um aterro sanitário.

TABELA 11 - PONTUAÇÃO DAS ÁREAS ESCOLHIDAS

	ÁREA MO	ÁREA PA	ÁREA MA	ÁREA GB	ÁREA PP	ÁREA AN	ÁREA CIAS
Área mínima (m ²)	6.103	60.829	14.457	15.160	12.248	6.773	-
Área encontrada (m ²)	517.400	878.700	556.849	986.437	204.342	226.074	55.825
Razão (Área/Área mínima)	84,8	14,4	38,5	65,1	16,7	33,4	-
Pontuação	0,8102	0,7974	0,6855	0,7474	0,6686	0,8102	0,3775
Classificação	Muito Favorável	Favorável	Favorável	Favorável	Favorável	Muito Favorável	Desfavorável

Fonte: A autora (2022).

De acordo com a TABELA 11, podemos notar que as áreas encontradas para a alocação do empreendimento superam em grande quantidade as áreas mínimas

encontradas para cada município no período de 16 anos. Além disso ao se somar as áreas mínimas de todos os municípios do litoral obtém-se a área de 118.188 m², ou seja, qualquer uma das áreas viáveis para alocação de um aterro sanitário encontradas em cada município supera a área mínima de um aterro sanitário realizado em consorcio intermunicipal envolvendo todos os principais municípios do litoral.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à grande quantidade de unidades de conservação no litoral paranaense e por possuir uma bacia hidrográfica relativamente bem distribuída ao longo da costa, muito devido ao fato de sua pequena extensão, era esperado que a quantidade de locais disponíveis para a alocação do aterro sanitário seria baixa, como foi comprovado que 98% das áreas se encontravam classificadas como Proibidas, Desfavoráveis ou Razoavelmente Favoráveis.

Diante disso o presente trabalho teve sucesso em demonstrar que métodos multicritério de apoio a decisão utilizando sistema de informações geográficas, tem se mostrado ferramentas importantes para tomada de decisão. Estes métodos tendem a diminuir os riscos de erros durante a fase de procura na implantação de um empreendimento, diminuindo também os impactos ambientais, sociais e econômicos em consequência de um mal planejamento.

Como orienta a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) que os municípios, responsáveis pela destinação do resíduo sólido, podem trabalhar em conjunto, formando consórcios intermunicipais para cuidar do saneamento básico, neste caso em especial os resíduos sólidos urbanos. Podemos observar que, a área mínima para a alocação do aterro sanitário em cada município pesquisado para o período de 16 anos é superada com grande margem pelas áreas encontradas através da ferramenta e metodologia empregada, inclusive a soma das áreas mínimas dos municípios é de 118.188 m², viabilizando consórcios intermunicipais dos municípios do litoral paranaense para tratar dos resíduos sólidos.

Vale deixar claro que os resultados obtidos devem ser checados *in loco*, afim de constatar as condições previstas nos dados gerados pelo software, como por exemplo, pequenos corpos hídricos que podem não estar na base de dados pesquisada.

Outros fatores que ainda não possuem dados georreferenciados para a região de interesse, que trabalhos futuros poderão vir a suprir, como a profundidade do lençol freático, também são determinantes para a viabilidade do empreendimento e devem ser avaliados nas áreas indicadas. Um aspecto importante que pode ser aprofundado é a caracterização do solo do litoral paranaense quanto ao seu coeficiente de permeabilidade, afim de compor uma base de dados útil para futuros trabalhos.

Desta forma, a recomendação para futuros trabalhos é a constatação em campo dos resultados obtidos e a formação de uma base de dados de profundidade média do lençol freático e coeficiente de permeabilidade do solo no litoral paranaense.

REFERÊNCIAS

ABNT – **NBR 8419. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.** Rio de Janeiro. 1992.

ABNT – **NBR 13896. Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro. 1997.

ABNT – **NBR 15849. Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento.** Rio de Janeiro. 2010.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil – 2021.** Disponível em:< <https://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 11 de Abril de 2022.

ABREU, C. R. S.; SANTANA, D. F.; TORQUATO, A. S. **Percepção pública ambiental dos moradores do centro urbano do município de Rosário do Catete acerca do primeiro aterro sanitário do estado de Sergipe.** Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - Vol. 6, 2018.

ALMEIDA, A. T. **Processo de Decisão nas Organizações, Construindo Modelos de Decisão Multicritério.** Editora Atlas, 2013.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistemas de Informações Geográficas – Aplicações na Agricultura.** 2 ed. Brasília: Embrapa – SPI / Embrapa – CPAC, 1998.

BORSSATO, R. S.; OTTMANN, M. M. A.; FONTE, N. N.; JÚNIOR, H. A. C.; ALANO, E. R. C.; CAVALLET, V. J. **Problemas agrários do litoral paranaense: abordagem histórica.** Scientia Agraria, Curitiba, v.8, n.4, p.421-430, 2007.

BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de Maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências.** 2012.

BRASIL. **Constituição 1988.** Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 1988.

BRASIL. **PCA 3-3 Plano Básico de Gerenciamento de Risco de Fauna.** Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica, 2020.

BRASIL. Lei nº 9.985 de 18 de Julho de 2000. **Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.** 2000.

BRASIL. Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020. **Atualiza o Marco Legal de Saneamento Básico.** 2020.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.** 2010.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M.; FUCKS, S. D.; CARVALHO, M. S. **Análise Espacial de Dados Geográficos.** Brasília, EMBRAPA, 2004.

CELERE, M. S.; OLIVEIRA, A. S.; TREVILATO, T. M. B.; MUÑOZ, S. I. S. **Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, e sua relevância para saúde pública.** Caderno Saúde Pública, Rio de Janeiro, 23(4):939-947, abr, 2007.

CIAS, L. **Percepção geográfica do turismo aliada ao planejamento: um estudo sobre a sazonalidade.** V Seminário da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Turismo – ANPTUR. Belo Horizonte, MG. Ago, 2008.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5 ed. Brasília. 2018.

EMBRAPA. **Áreas Urbanas no Brasil em 2015.** 2022. Disponível em: <http://geoinfo.cnpm.embrapa.br/layers/geonode%3Aareas_urbanas_br_15>. Acesso em: 05 de agosto de 2022.

FERREIRA, M. M. G.; JÚNIOR, S. N. F.; SOUZA, J. R.; EGUCHI, T. Y.; SILVA, R. G.; SERRA, C. M. V. **Escolha dos métodos de multicritério a tomada de decisão com o auxílio de um sistema especialista formulado a partir de um fluxograma.** Braz. Ap.Sci. Rev., Curitiba, v. 2, n. 5,p. 1593-1608,out./dez.2018.

FERREIRA, M. P.; KOPROSKI, L.; ZANOTT, D. C. **Uma abordagem fuzzy no zoneamento de risco de incêndio.** Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. INPE. Curitiba. 2011.

HASSLER, M. L. **A importância das unidades de conservação no Brasil.** Revista Sociedade & Natureza, Uberlândia. n. 17, p. 79-89, dez. 2005.

IBGE. Censo Demográfico – População estimada. **Características da população e dos domicílios**. Resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

IBGE. Manual Técnico de Pedologia. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

IWAI, C. K. **Tratamento de chorume através de percolação em solos empregados como material de cobertura de aterros para resíduos sólidos urbanos**. Dissertação apresentada a Universidade Estadual Paulista. Bauru, São Paulo. 2005.
JB. LITORAL. **Em plena temporada, aterro sanitário de Pontal virou lixão a céu aberto, sem tratamento adequado do chorume**. Redação do Jornal JB Litoral. 28/12/2018. Disponível em: <<https://jblitoral.com.br/em-plena-temporada-aterro-sanitario-de-pontal-virou-lixao-a-ceu-aberto-sem-tratamento-adequado-do-chorume/#:~:text=De%20acordo%20com%20as%20Promotorias,solo%20e%20dos%20recursos%20h%C3%ADdricos.>>. Acesso em: 12 set. 2022.

JB. LITORAL. **Aterro sanitário recebe 5x mais lixo do que o permitido; capacidade máxima deve ser atingida em outubro**. Redação do Jornal JB Litoral. 01/06/2022. Disponível em: <<https://jblitoral.com.br/aterro-sanitario-recebe-5x-mais-lixo-do-que-o-permitido-capacidade-maxima-deve-ser-atingida-em-outubro/>>. Acesso em: 12 set. 2022.

LOURENÇO, R. W.; SILVA, D. C. C.; SALES, J. C. A.; MEDEIROS, G. A.; OTERO, R. A. P. **Metodologia para seleção de áreas aptas à instalação de aterros sanitários consorciados utilizando SIG**. Ciência e Natura, Santa Maria, v. 37 n. 4 set-dez, p. 122-140. 2015.

MARGARIDA, A. P.; MARTINS, P. **Direitos Indígenas, Território E Resistência: Notas Em Torno De Uma Aldeia Mbyá Guarani No Litoral Do Paraná**. Revista Latino-Americana de Estudos em Cultura e Sociedade. v. 05, ed. especial, mai., 2019.

MARTIN, L. et al. **Mapa geológico do Quaternário costeiro dos estados do Paraná e Santa Catarina**. Brasília: DNPM, 28/18, 40 p. 1988.

MONTEIRO, J. H. P.; FIGUEIREDO, C. E. M.; MAGALHÃES, A. F.; MELO, M. A. F.; BRITO, J. C. X.; ALMEIDA, T. P. F.; MANSUR, G. L. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

MOREIRA, R. A. **Análise Multicritério dos Projetos do SEBRAE/RJ Através do Electre IV**. Rio de Janeiro: Faculdades Ibmec. Dissertação de Mestrado em Administração das Faculdades Ibmec. (2007).

OLIVEIRA, P. T. S. de; RODRIGUES, D. B. B.; ALVES SOBRINHO, T.; PANACHUKI, E. **Processo Analítico Hierárquico Aplicado a Vulnerabilidade Natural a Erosão**. Geociências, v. 28, n. 4, p. 417-424, São Paulo, UNESP, 2009.

PARANÁ. **Plano de manejo da área de proteção ambiental de Guaratuba.** Instituto ambiental do Paraná. Curitiba, 2006.

PARANÁ. **Plano de manejo do parque estadual do rio da onça.** Instituto ambiental do Paraná. Curitiba, 2015.

PARANÁ. **Criada a Floresta Estadual do Palmito, constituída pelos lotes rurais localizada no Município e Comarca de Paranaguá pelo Instituto Ambiental do Paraná.** Instituto ambiental do Paraná. Curitiba, 1998.

PARANÁ. **Plano de gestão ambiental da APA de Guaraqueçaba.** Instituto ambiental do Paraná. Curitiba, 1995.

PIERRI, N. **O litoral do Paraná: entre a riqueza natural e a pobreza social.** Desenvolvimento e Meio Ambiente, Curitiba, n. 8, p. 25-41, jul./dez. 2003.

PIERRI, N.; ÂNGULO, R. J.; SOUZA, M. C.; KIM, M. K. **A ocupação e o uso do solo no litoral paranaense: condicionantes, conflitos e tendências.** Desenvolvimento e Meio Ambiente, n. 13, p. 137-167, jan./jun. 2006. Editora UFPR.

PROCÓPIO, A. S.; ELK, A. G. V.; SALOMÃO, A. L. S.; MARCATO, A.; MANNARINO, C. F.; BILA, D. M.; FREITAS, E. D.; MARTINS, E.; JORDÃO, E. P.; RITTER, E.; PAVAN, F.; FIGUEIREDO, I. C.; FERREIRA, J. A.; FILHO, J. A. P.; TEIXEIRA, L.; SILVA, L. P.; MIGUEZ, M.; MARQUES, M.; BARBOSA, M. C.; SOUZA, M. M.; PERTEL, M.; REZENDE, O.; PEREIRA, R. O.; SILVA, R. A. G.; JONHSSON, R. M. F.; MACHADO, S.; BOTTEL, S. E. C.; COSTA, T. O. **Engenharia e meio ambiente - aspectos conceituais e práticos.** 1. ed. - Rio de Janeiro : Editora LTC, 2021.

SILVA, A. S.; REBINSKI, T. J.; TELES, S. P.; KRUGER, G. T.; BARROS, M. M.; CORREA, A. D.; LOPES, A. B. **Uso de drones para estimar o volume de resíduos sólidos aparentes e diagnosticar as condições ambientais de um aterro sanitário no litoral do Estado do Paraná – Brasil.** Revista Técnico-Científica do CREA-PR. 2021.

SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. **Prediction, projection and forecasting.** Boston: Kluwer Academic. 1991.

SAATY, T. L. **The analytical hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation.** New York: McGraw-Hill, 1980. 287p.

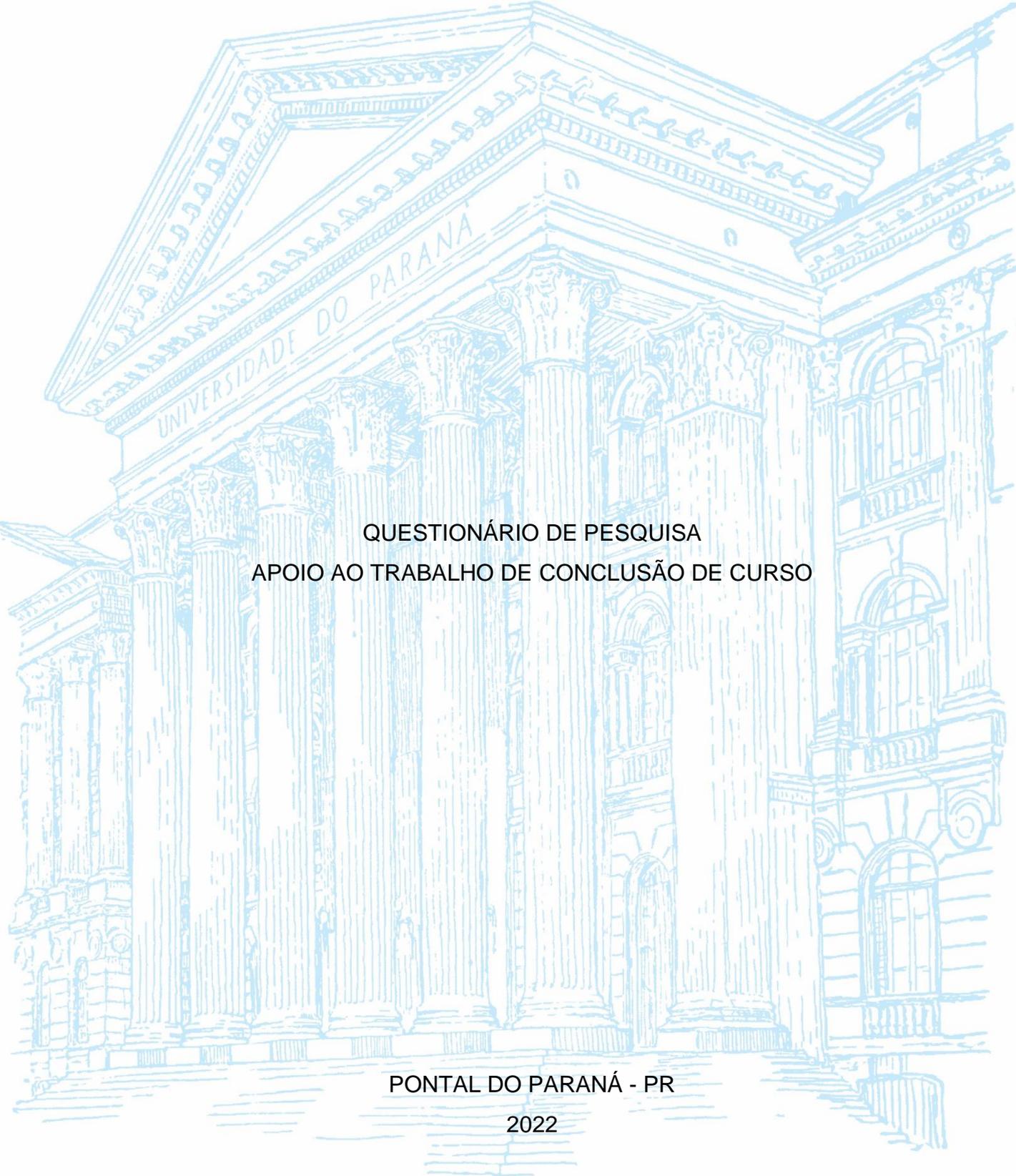
SALAMONI, R. H.; PINHEIRO, R. J. B.; NUMMER, A. V. Processo operacional da Central de Tratamento de Resíduos da Caturrita–Santa Maria, RS Operational process of Caturrita Central Residues Treatment Plant (CTRC)–Santa Maria, RS. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, n. 14, p. 43-50, 2009.

SCHEUER, L. **Percepção geográfica e planejamento turístico: um estudo sobre a Sazonalidade.** Revista Turismo & Sociedade. Curitiba, v. 4, n. 2, p. 286-304, outubro de 2011.

SNIS. **Diagnóstico Temático – Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos.** Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Brasília, dezembro de 2021.

ANEXO I

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
CPP/CENTRO DE ESTUDO DO MAR



QUESTIONÁRIO DE PESQUISA
APOIO AO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTAL DO PARANÁ - PR

2022

QUESTIONÁRIO DE PESQUISA

DISCENTE: VIVIANE OLIVEIRA MACHADO MUNARO

ORIENTADOR: PROF. DR. MAURÍCIO ALMEIDA NOERNBERG

ANÁLISE MULTICRITÉRIO DE APOIO A DECISÃO

O presente questionário busca atribuir pesos aos critérios envolvidos para busca de locais para alocação de um aterro sanitário no Litoral do Paraná utilizando sistema de informações geográficas (SIG). Vale ressaltar que estes pesos são atribuídos para o critério que esteja de acordo com a legislação, como por exemplo, a distância mínima exigida para alocação de um aterro sanitário de um corpo hídrico é 200 metros, assim a pontuação deste critério se inicia a partir da distância permitida 201 metros, sendo considerado uma pontuação melhor quanto maior for a distância.

Para a análise multicritério foi utilizado o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Este método considera que os diferentes fatores são comparados dois-a-dois e um valor de importância relativa é atribuído ao relacionamento entre eles, conforme uma escala pré-definida na TABELA 1.

TABELA 1 - ESCALA FUNDAMENTAL DE SAATY PARA COMPARAÇÃO PAREADA – AHP

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Fraca importância	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Forte importância	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Muito forte importância	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.
2, 4, 6 e 8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

Fonte: Saaty e Vargas (1991)

De acordo com a ABNT NBR 13896 (1997) e com os dados georreferenciados obtidos, os critérios envolvidos neste questionário são: **DECLIVIDADE DO TERRENO; TIPO DE SOLO; DISTÂNCIA DE CORPOS HÍDRICOS; DISTÂNCIA DE RODOVIAS; DISTÂNCIA DE NÚCLEOS POPULACIONAIS; DISTÂNCIA DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO.**

Considerando os critérios envolvidos na busca pelo melhor lugar para alocar um aterro sanitário no litoral paranaense, distribua em ordem de importância os critérios acima mencionados considerando os aspectos ambientais, sociais e econômicos:

Ordem de Importância	Crítérios
Crítério 1	
Crítério 2	
Crítério 3	
Crítério 4	
Crítério 5	
Crítério 6	

Atribua o valor de intensidade de importância utilizando a TABELA 1 na comparação dos critérios envolvidos:

Crítério 1	Intensidade de Importância	Crítério 2
	*	

* Quanto o critério (1) é mais importante para a pesquisa do que o critério (2).

Crítério 1	Intensidade de Importância	Crítério 3

Crítério 1	Intensidade de Importância	Crítério 4

Crítério 1	Intensidade de Importância	Crítério 5

Critério 1	Intensidade de Importância	Critério 6

Critério 2	Intensidade de Importância	Critério 3

Critério 2	Intensidade de Importância	Critério 4

Critério 2	Intensidade de Importância	Critério 5

Critério 2	Intensidade de Importância	Critério 6

Critério 3	Intensidade de Importância	Critério 4

Critério 3	Intensidade de Importância	Critério 5

Critério 3	Intensidade de Importância	Critério 6

Critério 4	Intensidade de Importância	Critério 5

Critério 4	Intensidade de Importância	Critério 6

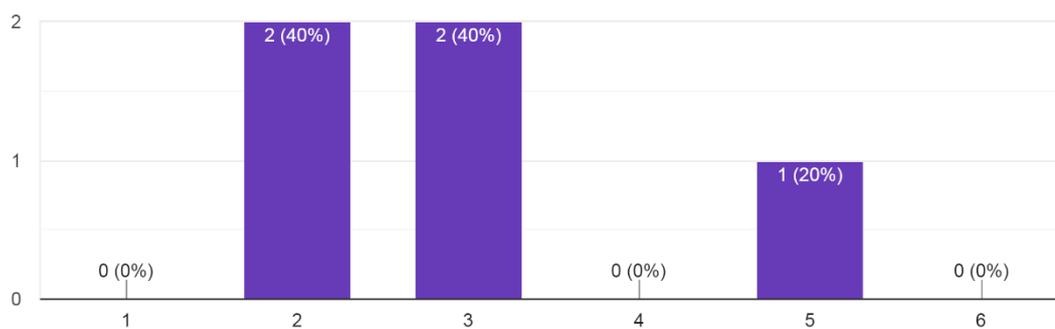
Critério 5	Intensidade de Importância	Critério 6

ANEXO II

RESULTADO DO QUESTIONÁRIO DE PESQUISA

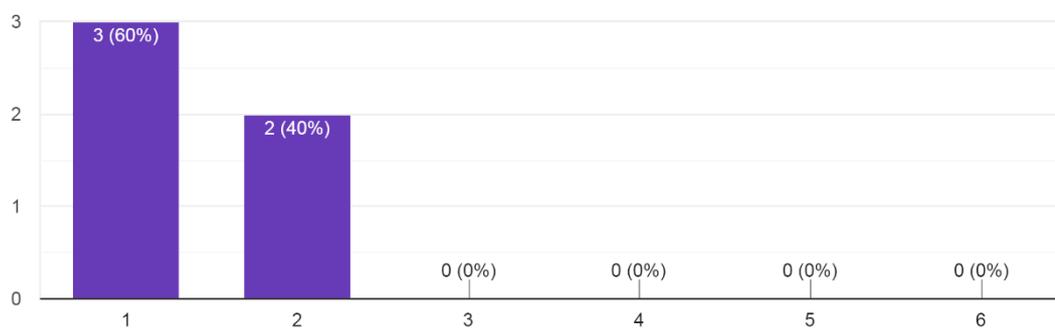
De acordo com a ABNT NBR 13896 (1997) e com os dados georreferenciados obtidos, os critérios envolvidos neste formulário são: TOPOGRAFIA (De... TOPOGRAFIA, selecione a ordem deste Critério:

5 respostas



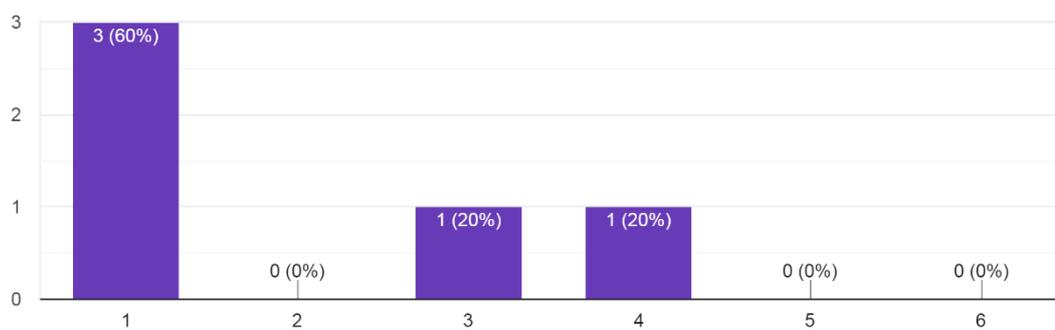
Para o critério RECURSOS HÍDRICOS, selecione a ordem deste Critério:

5 respostas



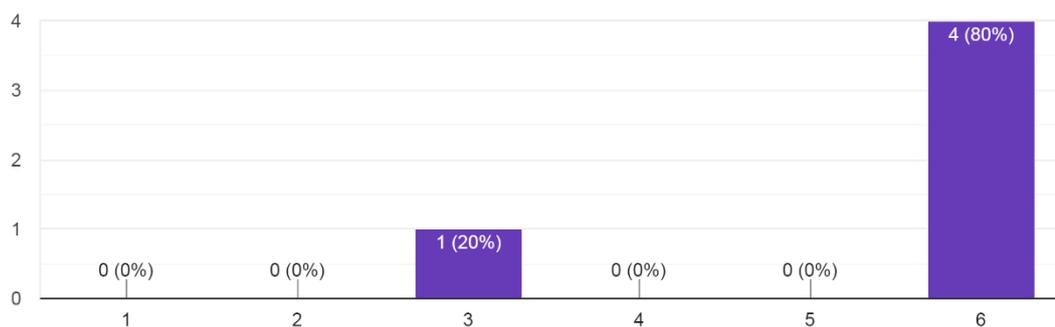
Para o critério TIPOS DE SOLO, selecione a ordem deste Critério:

5 respostas



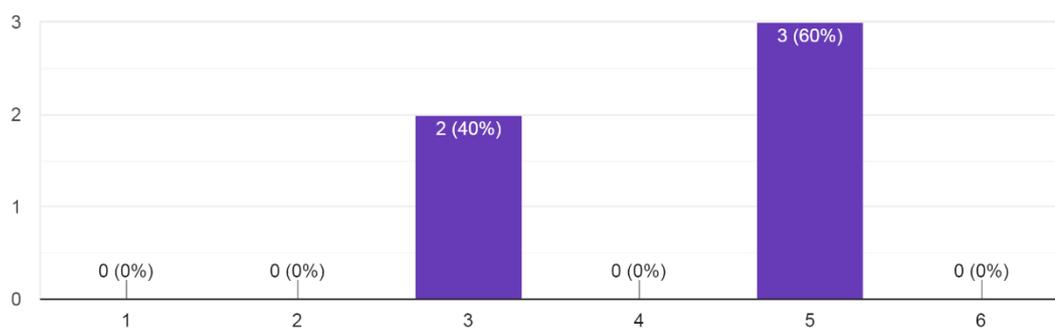
Para o critério ACESSOS (estradas e rodovias), selecione a ordem deste Critério:

5 respostas



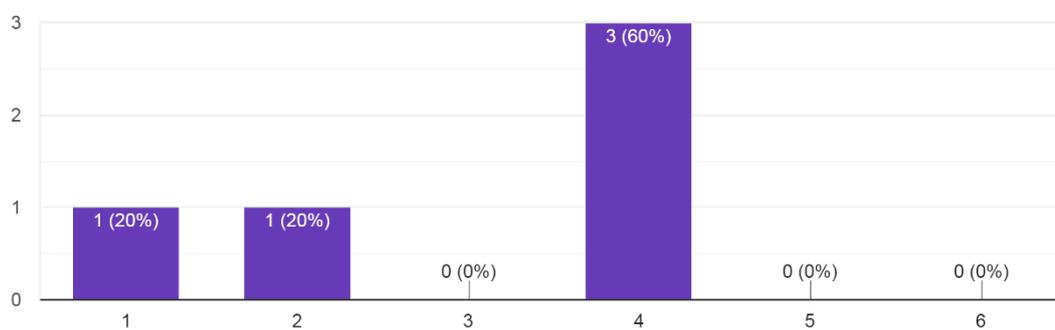
Para o critério DISTÂNCIA DE NÚCLEOS POPULACIONAIS, selecione a ordem deste Critério:

5 respostas



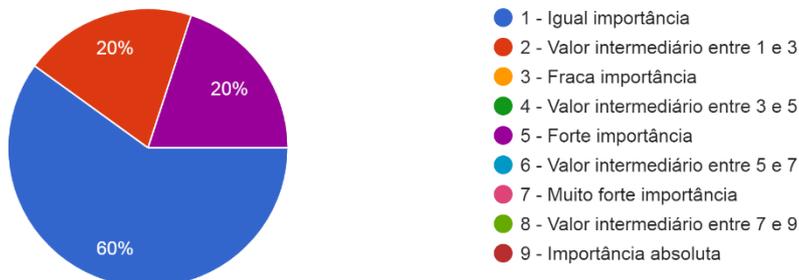
Para o critério DISTÂNCIA DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, selecione a ordem deste Critério:

5 respostas



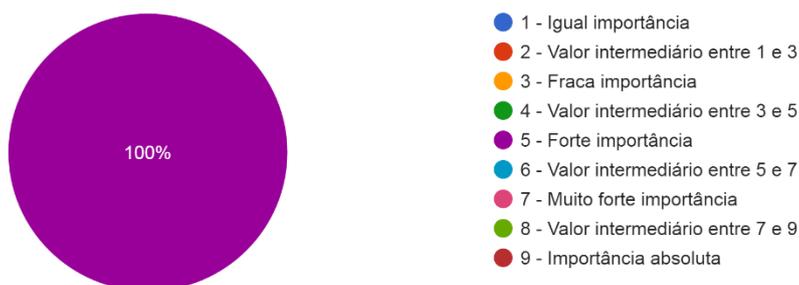
De acordo com a sua classificação acima mencionada, compare o Critério 1 com o Critério 2 utilizando os valores da coluna Intensidade de Importância, conforme TABELA 1:

5 respostas



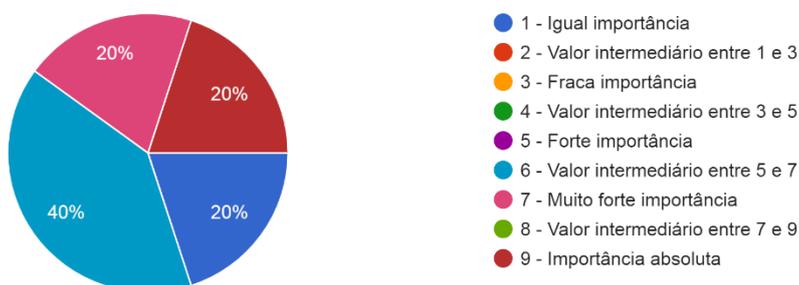
De acordo com sua classificação, compare o Critério 1 com o Critério 3, utilizando os valores da coluna Intensidade de Importância, conforme TABELA 1:

5 respostas



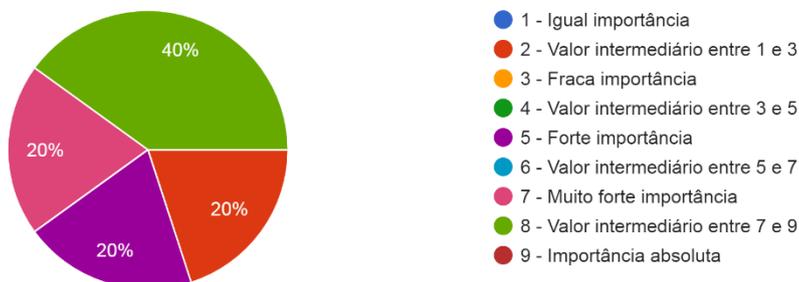
De acordo com sua classificação, compare o Critério 1 com o Critério 4, utilizando os valores da coluna Intensidade de Importância, conforme TABELA 1:

5 respostas



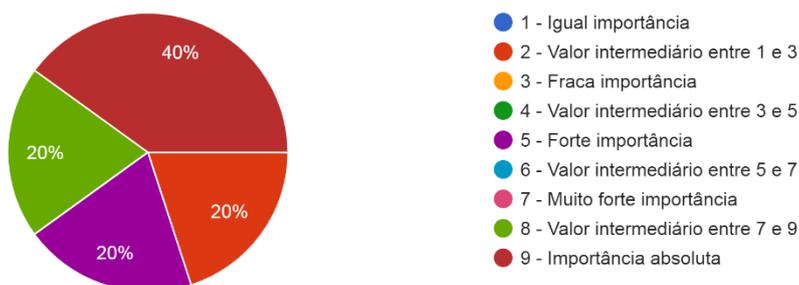
De acordo com sua classificação, compare o Critério 1 com o Critério 5, utilizando utilizando os valores da coluna Intensidade de Importância, conforme TABELA 1:

5 respostas



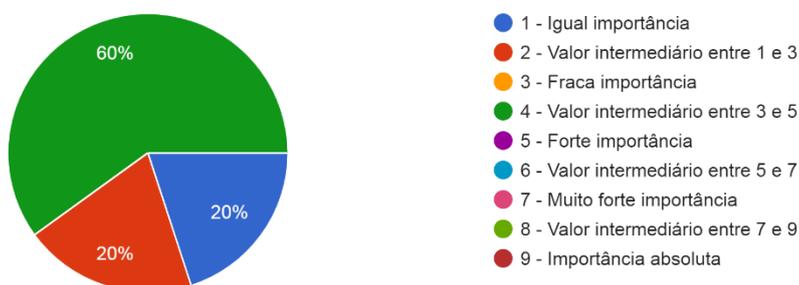
De acordo com sua classificação, compare o Critério 1 com o Critério 6, utilizando os valores da coluna Intensidade de Importância, conforme TABELA 1:

5 respostas



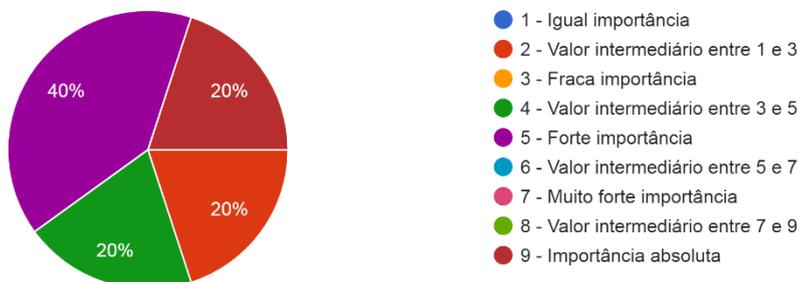
De acordo com sua classificação, compare o Critério 2 com o Critério 3, utilizando os valores da coluna Intensidade de Importância, conforme TABELA 1:

5 respostas



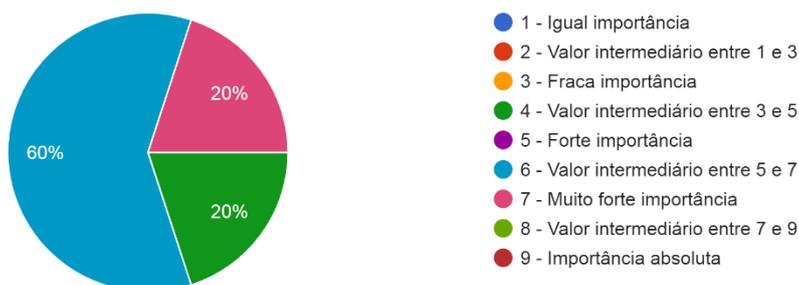
De acordo com sua classificação, compare o Critério 2 com o Critério 4, utilizando os valores da coluna Intensidade de Importância, conforme TABELA 1:

5 respostas



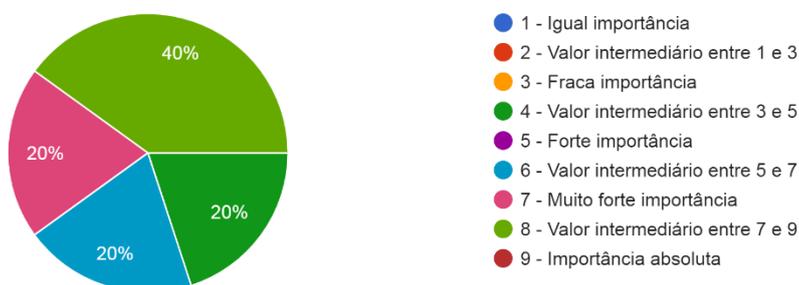
De acordo com sua classificação, compare o Critério 2 com o Critério 5, utilizando os valores da coluna Intensidade de Importância, conforme TABELA 1:

5 respostas



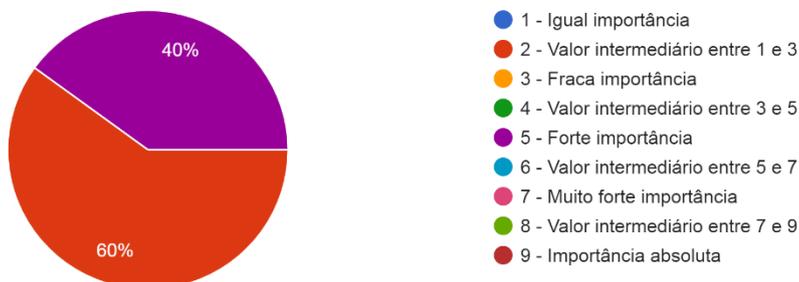
De acordo com sua classificação, compare o Critério 2 com o Critério 6, utilizando os valores da coluna Intensidade de Importância, conforme TABELA 1:

5 respostas



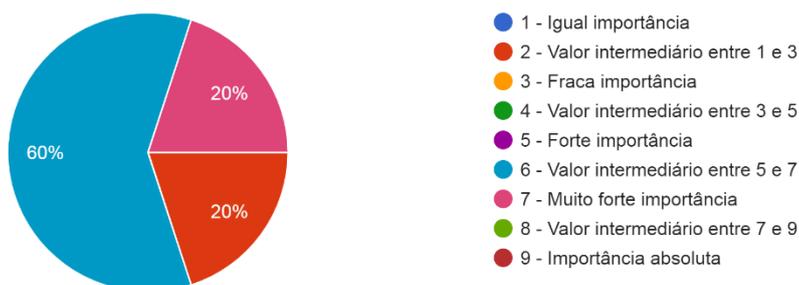
De acordo com sua classificação, compare o Critério 3 com o Critério 4, utilizando os valores da coluna Intensidade de Importância, conforme TABELA 1:

5 respostas



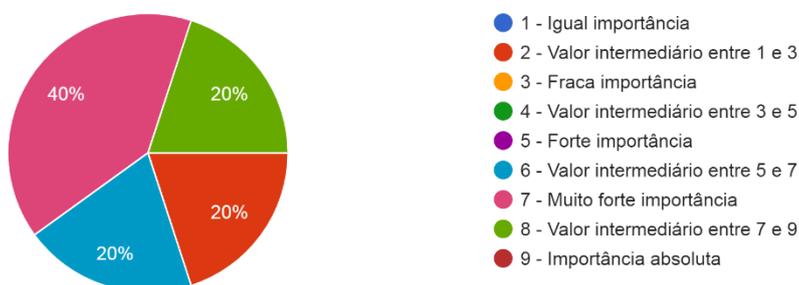
De acordo com sua classificação, compare o Critério 3 com o Critério 5, utilizando os valores da coluna Intensidade de Importância conforme TABELA 1:

5 respostas



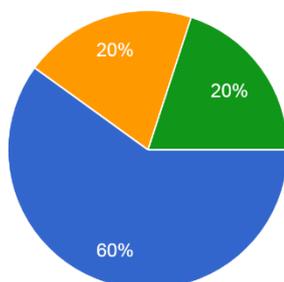
De acordo com sua classificação, compare o Critério 3 com o Critério 6, utilizando os valores da coluna Intensidade de Importância, conforme TABELA 1:

5 respostas



De acordo com sua classificação, compare o Critério 4 com o Critério 5, utilizando os valores da coluna Intensidade de Importância, conforme TABELA 1:

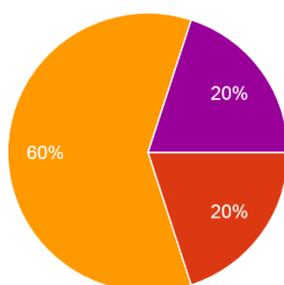
5 respostas



- 1 - Igual importância
- 2 - Valor intermediário entre 1 e 3
- 3 - Fraca importância
- 4 - Valor intermediário entre 3 e 5
- 5 - Forte importância
- 6 - Valor intermediário entre 5 e 7
- 7 - Muito forte importância
- 8 - Valor intermediário entre 7 e 9
- 9 - Importância absoluta

De acordo com sua classificação, compare o Critério 4 com o Critério 6, utilizando os valores da coluna Intensidade de Importância, conforme TABELA 1:

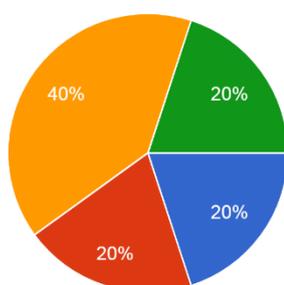
5 respostas



- 1 - Igual importância
- 2 - Valor intermediário entre 1 e 3
- 3 - Fraca importância
- 4 - Valor intermediário entre 3 e 5
- 5 - Forte importância
- 6 - Valor intermediário entre 5 e 7
- 7 - Muito forte importância
- 8 - Valor intermediário entre 7 e 9
- 9 - Importância absoluta

De acordo com sua classificação, compare o Critério 5 com o Critério 6, utilizando os valores da coluna Intensidade de Importância, conforme TABELA 1:

5 respostas



- 1 - Igual importância
- 2 - Valor intermediário entre 1 e 3
- 3 - Fraca importância
- 4 - Valor intermediário entre 3 e 5
- 5 - Forte importância
- 6 - Valor intermediário entre 5 e 7
- 7 - Muito forte importância
- 8 - Valor intermediário entre 7 e 9
- 9 - Importância absoluta