

PROJETO ARQUITETÔNICO MODELO BÁSICO DE ATERRO SANITÁRIO/REJEITOS

ROTEIRO PARA TOMADORES DE DECISÃO

PROJETO ESTRATÉGIAS DE GESTÃO
E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
PARA O ESTADO DO CEARÁ



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima

PROJETO ARQUITETÔNICO MODELO BÁSICO DE *ATERRO SANITÁRIO/REJEITOS*

Roteiro para tomadores de decisão

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima

Fortaleza
2024

Copyright © 2024

Rita de Cássia Barroso Alves Bibliotecária CRB3/755- 1996
cassiapacoti@yahoo.com.br

C387c

CEARÁ (Governo). Secretaria do Meio Ambiente e
Mudança do Clima

Projeto Arquitetônico Modelo Básico de Aterro Sanitário rejeitos:
roteiro para tomadores de decisão / Governo do Estado do Ceará.
Fortaleza: Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima, 2024.

96p.; il.; 210mm x 150mm 50 tiragem

ISBN 978-65-01-06673-8

Projeto Estratégias de Gestão e Manejo de Resíduos Sólidos para o
Estado do Ceará

· Engenharia sanitária I. Título

CDD 628.5



REALIZAÇÃO

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

Governador

Elmano de Freitas da Costa

Vice-governadora

Jade Afonso Romero

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA - SEMA

Secretária

Vilma Maria Freire dos Anjos

Secretário Executivo

Cassimiro Tapeba

Secretária Executiva de Planejamento e Gestão Interna

Karyna Leal

SECRETARIA DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO SUPERIOR - SECITECE

Secretária

Sandra Maria Nunes Monteiro

FUNDAÇÃO CEARENSE DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO - FUNCAP

Presidente

Raimundo Nogueira da Costa Filho

Diretor de Inovação

Jorge Soares

Diretora Científica

Thereza Magalhães

PROGRAMA CIENTISTA CHEFE DO MEIO AMBIENTE - CCMA

Coordenador do Programa

Luís Ernesto Arruda Bezerra

Integrante do Metaprojeto

Marcelo de Oliveira Soares

EQUIPE TÉCNICA DO PROJETO ARQUITETÔNICO MODELO BÁSICO DE ATERRO SANITÁRIO/REJEITOS: ROTEIRO PARA TOMADORES DE DECISÃO

Coordenadora Científica

Nájila Rejanne Alencar Julião Cabral

Pesquisadores

Francisco Humberto de Carvalho Júnior

Gemmelle Oliveira Santos

Laldiane de Souza Pinheiro

Emmanuelle Maria Vasconcelos Matos

Camila Maria Nogueira de Santana

Leonardo Quezado de Meneses

Victor Felipe da Costa

Victor Hugo Pimentel Nascimento

EQUIPE TÉCNICA DA SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA - SEMA

Amanda Dias Gomes

Angélica Leite Jorge

Celiane Freire Martins

Eliana Glêda Cruz de Oliveira

Renata do Nascimento Martins

Viviane Gomes Monte

Willyanne Ferreira Rocha

INSTITUIÇÕES COLABORADORAS

Instituto Federal de Educação,

Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE

Consórcios Públicos de Manejo de

Resíduos Sólidos do Estado do Ceará



SUMÁRIO

Agradecimentos	09
1 Introdução	14
2 Estudo de concepção	17
3 Estudo de seleção de áreas para implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos	25
3.1 Diagrama de decisão para escolha de Projeto Arquitetônico de Aterros Sanitários/Rejeitos.....	55
3.1.1 Modelagem Numérica para estimar a área de Aterros Sanitários/Rejeitos	55
3.1.2 Dimensionamento da vida útil de Aterros Sanitários/Rejeitos.....	57
3.1.3 Modelo/Método do Projeto Arquitetônico de Aterros Sanitários/Rejeitos	62
4 Estratégias e infraestrutura mínima para implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos	75
4.1 Contexto de planejamento do Projeto Executivo de Aterros Sanitários/Rejeitos.....	77
4.1.1 Programa de Necessidades para o Projeto Executivo de Aterros Sanitários/Rejeitos.....	77
Glossário.....	81
Referências.....	83
Anexo I.....	86
Apêndice	90



LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Consórcios Públicos Intermunicipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, Ceará, 2024	26
Figura 02 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no Estado do Ceará.....	32
Figura 03 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos da Serra da Ibiapaba (CPMRS - Ibiapaba).....	34
Figura 04 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana B.....	35
Figura 05 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana de Sobral (CGIRS - RMS).....	36
Figura 06 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio Regional de Resíduos do Alto Jaguaribe (CORRAJ).....	37
Figura 07 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos da Região Cariri Oeste (CONCESTE).....	38
Figura 08 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio Público de Manejo dos Resíduos Sólidos da Região Cariri Oriental (CORES - Cariri Oriental).....	39



Figura 09 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Cariri (COMARES - UC).....	40
Figura 10 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Litoral Leste (COMARES - UCV).....	41
Figura 11 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio Público de Manejo dos Resíduos Sólidos da Região do Litoral Norte (CPMRS - RLN).....	42
Figura 12 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos do Litoral Oeste (CORSOLO).....	43
Figura 13 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio Associação Pública dos Municípios do Maciço de Baturité para o Saneamento Ambiental (AMSA)..	44
Figura 14 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio Público de Manejo dos Resíduos Sólidos da Região do Sertão Central (CONSERCE 1).....	45
Figura 15 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio Público de Manejo dos Resíduos Sólidos da Região Sertão Central 2 (CONSERCE 2).....	46
Figura 16 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio de Desenvolvimento da Região Central Sul (CODESSUL).....	47



Figura 17 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos da Região Sertão Centro-Sul (CONSCENSUL).....	48
Figura 18 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos da Região do Sertão de Crateús 1.....	49
Figura 19 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos da Região do Sertão de Crateús 2.....	50
Figura 20 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários /Rejeitos no território do Consórcio Público de Manejo dos Resíduos Sólidos do Sertão de Inhamuns (CPMRS-SI).....	51
Figura 21 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio de Manejo de Resíduos Sólidos do Vale do Curu (CORES - VALE).....	52
Figura 22 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Vale do Jaguaribe (CGIRS - VJ).....	52
Figura 23 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio Público de Manejo dos Resíduos Sólidos do Vale do Jaguaribe Unidade II (CONVALE).....	54
Figura 24 - Diagrama de Decisão para dimensionamento da vida útil de Aterros Sanitários/Rejeitos.....	58

Figura 25 - Passo a passo para a identificação do volume do aterro por vida útil.....	61
Figura 26 - Opções de Modelo/Método do Projeto Arquitetônico de Aterros Sanitários/Rejeitos....	64
Figura 27 - Detalhes do Modelo/Método do Projeto Arquitetônico de Aterros Sanitários/Rejeitos...	71
Figura 28 - Dimensionamento das células de resíduos (exemplificação)	73



Agradecimentos

Agradecemos a todos os 184 municípios do estado do Ceará e aos 21 Consórcios Intermunicipais Públicos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do estado do Ceará, a saber:

Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos da Serra da Ibiapaba (CPMRS - Ibiapaba);

Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana B;

Consórcio de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana de Sobral (CGIRS - RMS);

Consórcio Regional de Resíduos do Alto Jaguaribe (CORRAJ);

Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos da Região Cariri Oeste (CONCESTE);

Consórcio Público de Manejo dos Resíduos Sólidos da Região Cariri Oriental (CORES - Cariri Oriental);

Consórcio Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Cariri (COMARES - UC);

Consórcio Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Litoral Leste (COMARES - UCV);

Consórcio Público de Manejo dos Resíduos Sólidos da Região do Litoral Norte (CPMRS - RLN);

Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos do Litoral Oeste (CORSOLO);

Consórcio Associação Pública dos Municípios do Maciço de Baturité para o Saneamento Ambiental (AMSA);

Consórcio Público de Manejo dos Resíduos Sólidos da Região do Sertão Central (CONSERCE 1);
Consórcio Público de Manejo dos Resíduos Sólidos da Região Sertão Central 2 (CONSERCE 2);
Consórcio de Desenvolvimento da Região Central Sul (CODESSUL);
Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos da Região Sertão Centro-Sul (CONSCENSUL);
Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos da Região do Sertão de Crateús 1;
Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos da Região do Sertão de Crateús 2;
Consórcio Público de Manejo dos Resíduos Sólidos do Sertão de Inhamuns (CPMRS-SI);
Consórcio de Manejo de Resíduos Sólidos do Vale do Curu (CORES - VALE);
Consórcio de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Vale do Jaguaribe (CGIRS - VJ);
Consórcio Público de Manejo dos Resíduos Sólidos do Vale do Jaguaribe Unidade II (CONVALE).

APRESENTAÇÃO

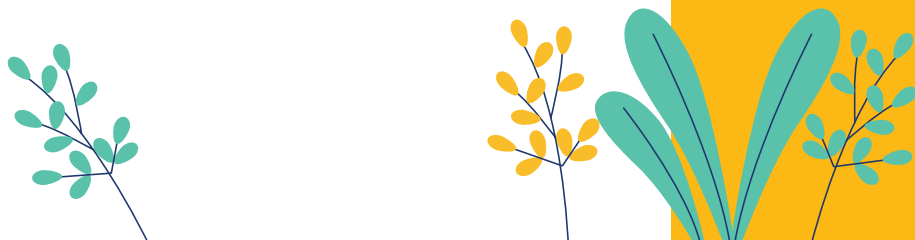
A Secretaria de Meio Ambiente e Mudança do Clima - SEMA vem elaborando, executando e monitorando diversos planos, programas e projetos para auxiliar os municípios cearenses no desafio frente à questão dos resíduos sólidos.

Em 2023, o Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente atuou com objetivos relacionados com a inovação pública, fortalecimento institucional das políticas nacionais e estaduais, estudos no âmbito dos resíduos sólidos com informações atualizadas para incentivar a economia circular, as políticas pré-aterro e o encerramento dos lixões.

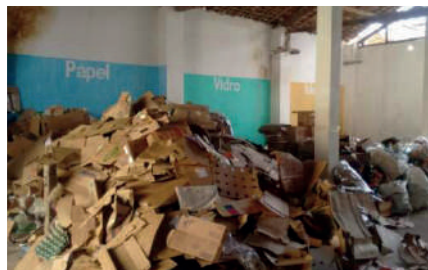
O Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente está alinhado com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável 11 (cidades e comunidades sustentáveis) e 12 (consumo e produção responsáveis), sendo executado por uma equipe multidisciplinar de pesquisadores, com fomento da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Ceará - FUNCAP, com abrangência aos 184 municípios cearenses.

Dentre os objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos estão: não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a exemplo dos aterros sanitários. Os Aterros Sanitários/Rejeitos exigem, por parte dos gestores municipais, adequado planejamento dentre outros elementos essenciais para sua implementação e operação, além de monitoramento geotécnico e ambiental durante sua vida útil e após seu encerramento.

Para apoiar os municípios cearenses na compreensão desse tipo de equipamento desde sua concepção, este roteiro para tomadores de decisão tem a intenção de auxiliar no desafio de encerramento dos lixões ainda existentes, sendo possível encontrar informações sobre áreas propícias e áreas inaptas à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos; diagrama de decisão para a escolha de modelo de projeto de aterro, dentre outras.



GALERIA DE FOTOS



Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

1. Introdução

No processo de gerenciamento de resíduos sólidos, a última etapa será a disposição final de rejeitos. Conforme preconiza a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS se faz necessária a observância da seguinte ordem de prioridade: “não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos” (BRASIL, 2010).

A legislação federal considera como rejeitos:

“Aqueles resíduos sólidos em que foram esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, sendo o aterro sanitário a única tecnologia permitida para essa finalidade” (BRASIL, 2010).

Assim sendo, pode-se dizer que o rejeito é o resíduo último, quando foram esgotadas todas as possibilidades de reaproveitamento, reciclagem e tratamento.



O Aterro Sanitário se constitui em adequada disposição final, existindo normas brasileiras para sua elaboração e construção. Este documento usa também o termo Aterro de Rejeitos, uma vez que o estado do Ceará traz esse termo em documentos de planejamento, a exemplo dos Planos de Coletas Seletivas Múltiplas. No entanto, importante ressaltar que inexistem normas brasileiras para Aterro de Rejeitos e, neste documento, o termo Aterro de Rejeitos foi usado como sinônimo de Aterro Sanitário.

A partir da necessidade de se obter economias de escala na cadeia de gestão de resíduos sólidos e considerando o disposto nas leis federais Nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007; 2020) e Nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010), o estado do Ceará optou pelo modelo de Consórcios Públicos Intermunicipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, de maneira a permitir a redução de custos de implantação e operação do manejo de resíduos sólidos, assim como da instalação de aterros sanitários. A Nota Técnica SEI Nº 57038/2022/ME (Ministério da Economia, 2022) informa que:

“Além de favorecer a sustentabilidade econômico-financeira de projetos de manejo de RSU, os arranjos por consórcios regionais têm ainda o potencial de ampliar e modernizar rotas tecnológicas de aproveitamento dos resíduos sólidos gerados no Brasil” (Ministério da Economia, 2022).



Diante desse panorama, em conjunto também com o disposto no Plano Estratégico de Saneamento Básico do Ceará, especificamente a ação 5 do Programa Destino Certo – Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos (ALECE, 2022), este documento apresenta importante decisão a respeito de um modelo de Projeto Arquitetônico Básico para Aterros Sanitários/Rejeitos, que pode ser seguido pelos municípios consorciados e não consorciados no estado do Ceará.



Este documento fez estudo de concepção considerando auxiliar o tomador de decisão quanto à escolha do local e escolha do modelo de Aterro Sanitário/Rejeitos.

Esse documento não indica obrigatoriamente as áreas de localização de aterros e nem indica a obrigatoriedade de decisão de modelo de aterro, pois essas escolhas são de decisão do gestor municipal ou do Consórcio.

2. Estudo de Concepção

Para o estudo de concepção foram realizados, de maneira inédita, os seguintes conteúdos presentes neste documento:

- **Estudo de seleção de áreas propícias e não recomendadas à implantação de Aterro Sanitário / Rejeitos;**
- **Diagrama de decisão para escolha do Modelo do Projeto Arquitetônico Básico de Aterro Sanitário / Rejeitos;**
- **Projeto Arquitetônico Modelo Básico de Aterro Sanitário / Rejeitos: Projeto Conceitual; Zoneamento e Pré-dimensionamento.**



Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.



As justificativas da indicação de áreas propícias para a instalação de Aterro Sanitário/Rejeitos, apresentadas no estudo de concepção, seguem os critérios básicos determinados pela NBR 8.419/1992 que trata dos procedimentos para apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos, além de todos os instrumentos normativos relacionados ao tema.

Caberá aos municípios ou ao Consórcio Público (em decisão conjunta com os municípios consorciados) a realização dos demais estudos específicos para constatar a real viabilidade de uso da área escolhida, que partindo deste roteiro deverá ser definida como propícia para a implantação do Aterro.

Os projetos de arquitetura e de engenharias, necessários à efetiva construção/implantação de um empreendimento dessa natureza, devem ser específicos para o local escolhido, bem como todo o planejamento e estudo de viabilidade ambiental e locacional.

A necessidade de estudos complementares pode variar dependendo das necessidades específicas do local, das regulamentações locais e das tecnologias utilizadas no Aterro Sanitário/Rejeitos.

Para o estudo de concepção houve a observância de informações sobre a caracterização da localidade (região) a ser beneficiada pela instalação do destino final de resíduos sólidos em nível regional; assim como as tendências futuras da população e da geração de resíduos a serem dispostos.

O Programa Cientista Chefe de Meio Ambiente do Estado do Ceará criou, de forma inédita e inovadora, o Diagrama de Decisão para auxiliar os tomadores de decisão para o planejamento, dimensionamento e escolha de modelo de Aterro Sanitário/Rejeitos (trincheira, rampa e planície). Não há na literatura brasileira ou internacional nenhum modelo de estudo de concepção, conforme o que está apresentado neste documento.



Para isso, foram observados os seguintes aspectos:

- a.** Caracterização da localidade em caráter regional.
- b.** Levantamento de dados demográficos, socioeconômicos e ambientais da região (fontes primárias e secundárias).
- c.** Identificação das características geográficas, climáticas e topográficas que possam influenciar no planejamento do destino final de resíduos sólidos.

A compreensão desses fatores, favoreceu a definição dos tipos de aterro mais adequados à região, levando em consideração aspectos como a capacidade de suporte do solo, a proximidade de corpos d'água e áreas sensíveis. Essa compreensão também vai auxiliar, quando da efetiva implantação do aterro, a avaliar os potenciais impactos ambientais e identificar medidas de mitigação apropriadas.

Em seguida, foi realizada a análise de tendências futuras a partir de dados de bases secundárias de informação:

- a.** Projeção da evolução populacional da região, considerando taxas de crescimento demográfico e outros fatores relevantes.

- b.** Estimativa da geração de resíduos sólidos com base em padrões de consumo, hábitos de descarte e desenvolvimento econômico previsto.

O Diagrama de Decisão permite, de maneira simplificada, que o tomador de decisão siga orientações e referências para diferentes modelos de Aterro Sanitário/Rejeitos. Este documento traz também os projetos arquitetônicos com modelo básico (pré-dimensionamento), com os seguintes elementos:

- a.** Elaboração do projeto arquitetônico conceitual (três distintos tipos), considerando as especificidades dos requisitos legais e normativos.
- b.** Zoneamento do terreno do Aterro Sanitário/Rejeitos, incluindo áreas de recebimento, tratamento, disposição final e monitoramento.

Durante o processo de projeção do modelo básico de Aterro Sanitário/ Rejeitos, foram definidas as zonas de uso obedecendo ao funcionamento básico de um aterro. Este zoneamento inclui a demarcação de áreas específicas para recebimento, tratamento, disposição final e monitoramento dos resíduos seguindo os princípios fundamentais de funcionamento de um aterro. As zonas foram planejadas levando em consideração aspectos como controle e administração, disposição dos resíduos e áreas destinadas ao tratamento. Todas as propostas estão detalhadamente apresentadas em anexo, fornecendo uma visão abrangente e transparente do planejamento do aterro, garantindo sua conformidade com as regulamentações ambientais e proporcionando uma base sólida para sua operação eficiente e sustentável.

Esse documento também contempla a indicação e o pré-dimensionamento das principais estruturas e equipamentos necessários para o funcionamento do aterro (administrativo, pesagem, guarita, células, entre outros).

Estes procedimentos proporcionaram uma abordagem abrangente e estruturada para a elaboração do estudo de concepção de destino final de resíduos sólidos aqui apresentada. Ao integrar análises detalhadas da localidade, projeções de tendências futuras e estudos de viabilidade técnica e ambiental, espera-se que este estudo forneça uma base sólida para a tomada de decisões quanto ao planejamento e implementação de soluções sustentáveis e eficazes para a gestão de resíduos sólidos.

Em paralelo a toda a concepção de projeto arquitetônico, foram estudadas as áreas para implementação de Aterro Sanitário/Rejeitos, envolvendo:

- a.** Identificação de áreas de exclusão, tais como áreas sensíveis (como unidades de conservação e outras), aquíferos e zonas de risco ambiental.
- b.** Seleção de áreas propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos, levando em consideração critérios técnicos e ambientais.



Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

GALERIA DE FOTOS

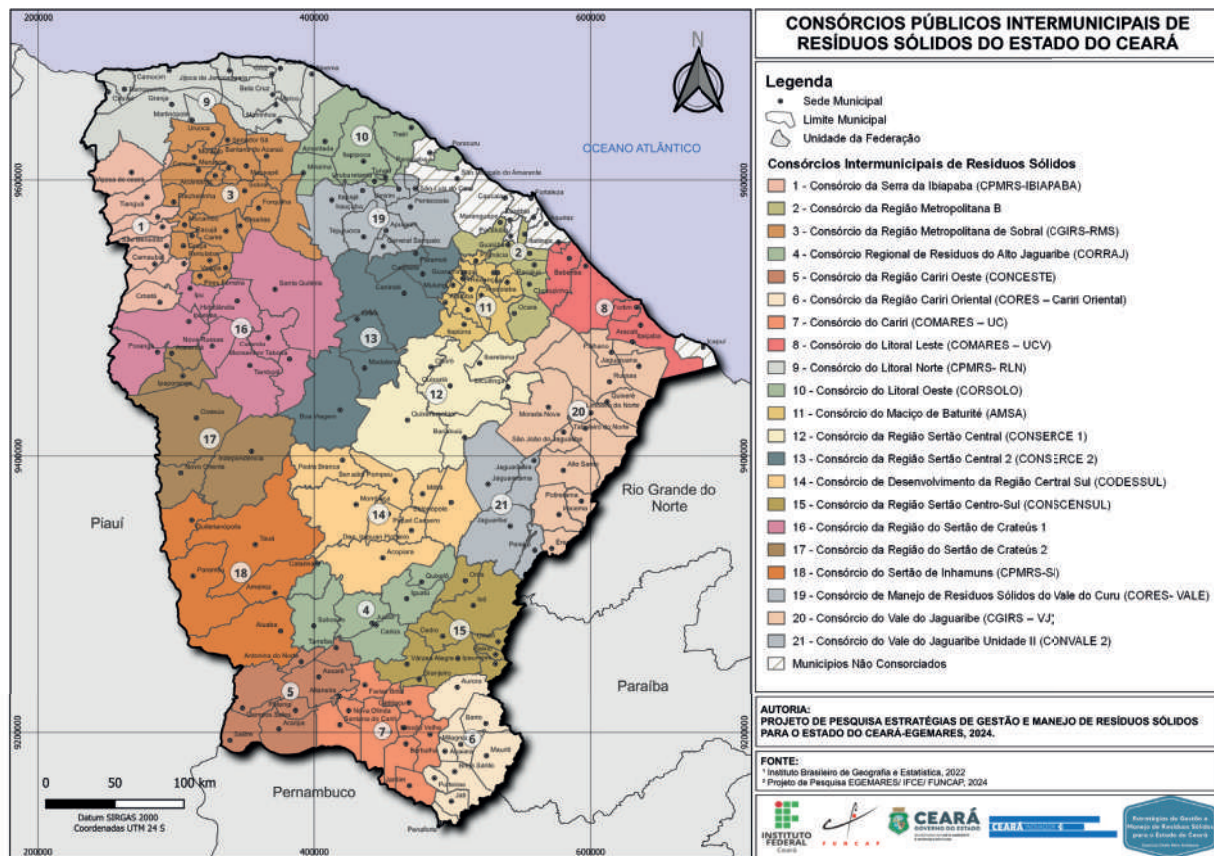


3. Estudo de seleção de áreas para implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos

O Estado do Ceará possui 21 Consórcios Públicos Intermunicipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, em que 175 dos 184 municípios cearenses optaram pela prestação de serviços regionalizada. A Figura 01 (p. 26) mostra espacialmente o território dos 21 Consórcios Públicos, bem como os municípios cearenses que optaram por não se consorciarem.

Esse mapa contempla a atual espacialização da prestação regionalizada dos resíduos sólidos no estado do Ceará.





Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

Para que o gestor municipal ou do Consórcio implemente um aterro, a escolha correta do local para disposição de resíduos sólidos urbanos é uma fase essencial para o processo de gestão de resíduos sólidos, exigindo participação pública e uma análise abrangente que envolve aspectos econômicos, técnicos, sociais e legais. Embora possa ser um processo complexo e que demande investimento de tempo e recursos, uma seleção bem-sucedida pode resultar em redução dos custos operacionais e de investimento do projeto.

A seguir tem-se um esquema sintético da abordagem utilizada neste documento para a indicação de áreas propícias ou não recomendadas à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos, alinhando-se estritamente às legislações ambientais e normas técnicas vigentes. Sua utilização permitiu celeridade ao processamento das informações e pode auxiliar na tomada de decisão:



.....

A modelagem dos dados foi realizada em *software* de acesso livre (QGIS 3.38.1). Todas as bases cartográficas utilizadas estão disponíveis publicamente em diversas fontes, permitindo um nível de detalhe na escala 1:250.000. Todas as bases foram convertidas para o sistema de referência SIRGAS 2000, com coordenadas em Universal Transversa de Mercator – UTM, Zona 24 Sul.

A exemplo de outros autores (Lourenço *et al.* 2015; Colvero *et al.* 2018), para seleção das áreas propícias e não recomendadas para a instalação de Aterro Sanitário/Rejeitos, e, seguindo primordialmente as restrições impostas por diplomas legais (sejam federais, sejam normativas estaduais, do Ceará), foram analisados os seguintes critérios:

- Distância mínima de 200 metros, conforme preconiza a Lei Federal Nº 12.651/2012, no que concerne as Áreas de Preservação Permanente, e a NBR 13896 /1997;
- Áreas com declividade superior a 30°, conforme NBR 13.896/1997;
- Áreas Sensíveis. Para este item foram consideradas as Unidades de Conservação nas esferas federal, estadual e municipal, reservas indígenas e áreas quilombolas. Vale ressaltar que, no critério Unidade de Conservação utilizou-se a restrição maior, excetuando-se a categoria Área de Proteção Ambiental – APA, uma vez que esta categoria por si só não se configura num critério impeditivo. Vale ressaltar, quando da



realização do estudo em escala de melhor nível de detalhamento, deve-se analisar as restrições e permissões dos diferentes tipos de Unidades de Conservação com base no seu decreto de criação e/ou plano de manejo;

- Áreas de segurança aeroportuárias, com exclusão do raio de 20 km para os aeroportos, e raio de 13 km para os demais aeródromos, conforme Lei Nº 12.725/2012. Vale ressaltar, a existência do Manual de Gerenciamento do Risco de Fauna (CENIPA, 2017), que traz o raio de restrição de 10 km. No entanto, optou-se por usar uma maior restrição exigida por lei federal, cabendo ao órgão licenciador competente fazer sua análise conforme especificações de cada local.
- Distância mínima de 500 m dos centros e agrupamentos urbanos, conforme NBR 13.896/1997;
- Distância mínima de 100 m de estradas e vias, conforme NBR 13.896/1997.

Os documentos legais aqui utilizados para identificar restrições (que estão sujeitas às alterações e à anuência do órgão ambiental competente) para a construção de aterros estão resumidos no Quadro 01.

QUADRO 01 – CRITÉRIOS RESTRITIVOS PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO/REJEITOS.

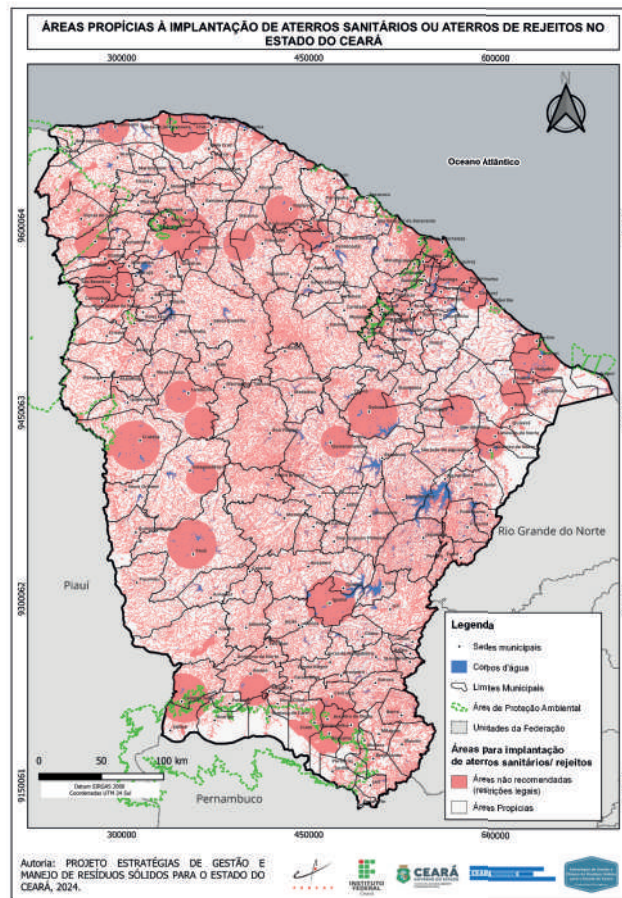
Critério		Fonte da Restrição	Atributo restritivo	Fonte da base cartográfica	Escala
Distância de Aeroportos e aeródromos		Lei Nº 12.725/2012 / CONAMA Nº 04/1995	≤ 20 km aeroportos ≤ 13 km aeródromos	Ministério da Infraestrutura, 2023	1:250.000
Declividade		NBR 13.896/97	< 1% > 30%	NASA, 2020	30m
Distância de Áreas Urbanas		NBR 13.896/97	≤ 500 m	IBGE, 2019	1:250.000
Distância da rede de drenagem e corpos hídricos		NBR 13.896/97 Lei Nº 12.651/2012	≤ 200 m	COGERH, 2015	1:100.000
Áreas Sensíveis	Unidades de Conservação, exceto APA.	Lei Nº 9.985/2000 NBR 13.896/97	Área da Unidade de Conservação	SEMA, 2023	Multiescalar
	Reserva Indígena	NBR 13.896/97 Despacho Interministerial MMA Nº 60/2015	≤ 8 km	FUNAI 2022	1:250.000
	Áreas Quilombolas	NBR 13.896/97 Despacho Interministerial MMA Nº 60/2015	≤ 8 km	INCRA 2021	1:250.000
Distância das rodovias		NBR 13.896/97	≤ 100 m	IPECE, 2022	1:100.000

Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

O mapa a seguir (Figura 02) mostra em branco as áreas propícias à instalação de aterros. Em vermelho estão as áreas não recomendadas para a instalação de Aterros Sanitários/Rejeitos pois possuem, em seu território, algum critério legal de exclusão, conforme demonstrado no Quadro 01.

Atentar para a escala de informação do mapa e para a necessidade de, no caso de o município ou Consórcio optar por implantar Aterro Sanitário/Rejeitos nas áreas vermelhas, verificar se existe legalmente hipótese de exceção prevista.

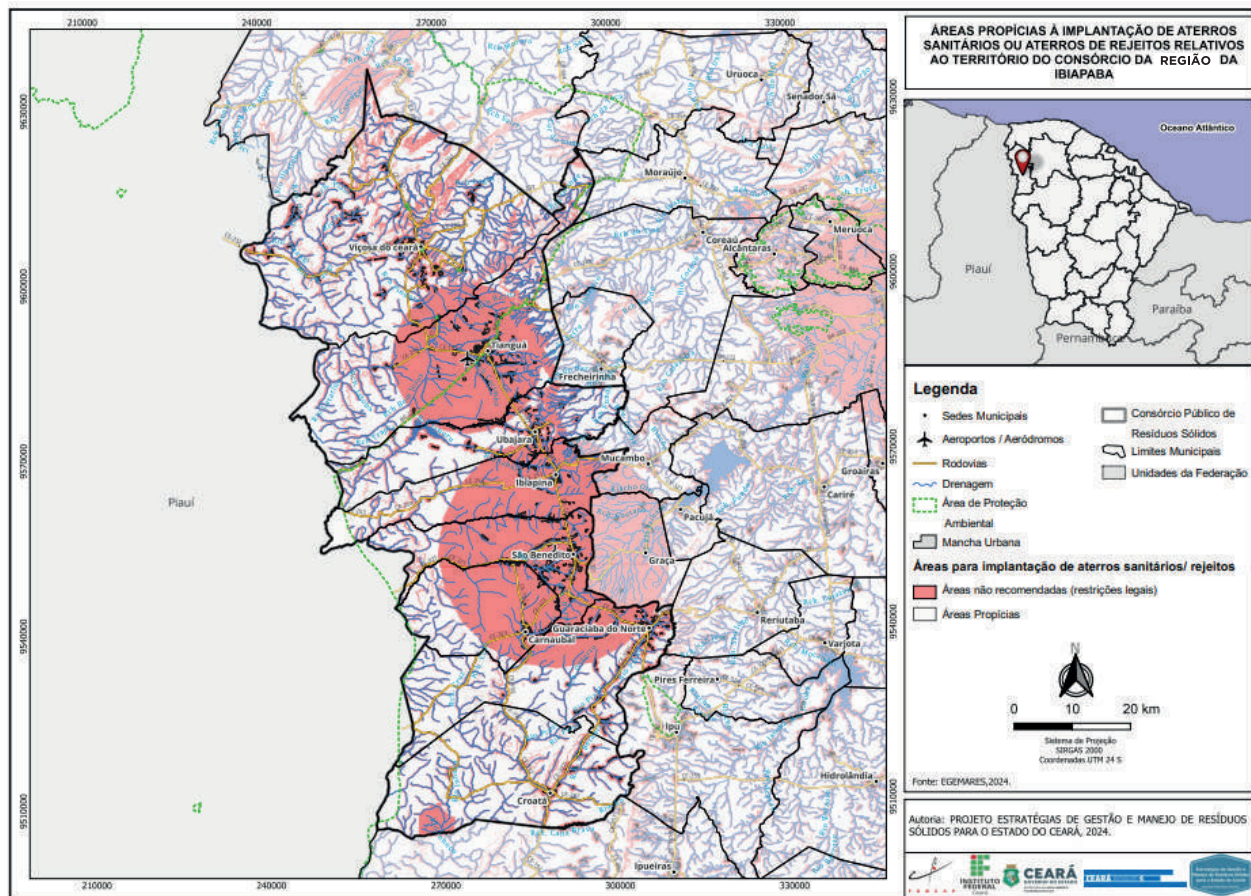
As áreas em branco seriam, a priori, passíveis de implantação desse tipo de empreendimento. Mas é imprescindível que haja estudos mais específicos e em escala compatível para a real implementação de um equipamento dessa natureza, notadamente relacionado com seu porte (tamanho) e com observância de todas as demais legislações pertinentes à temática.



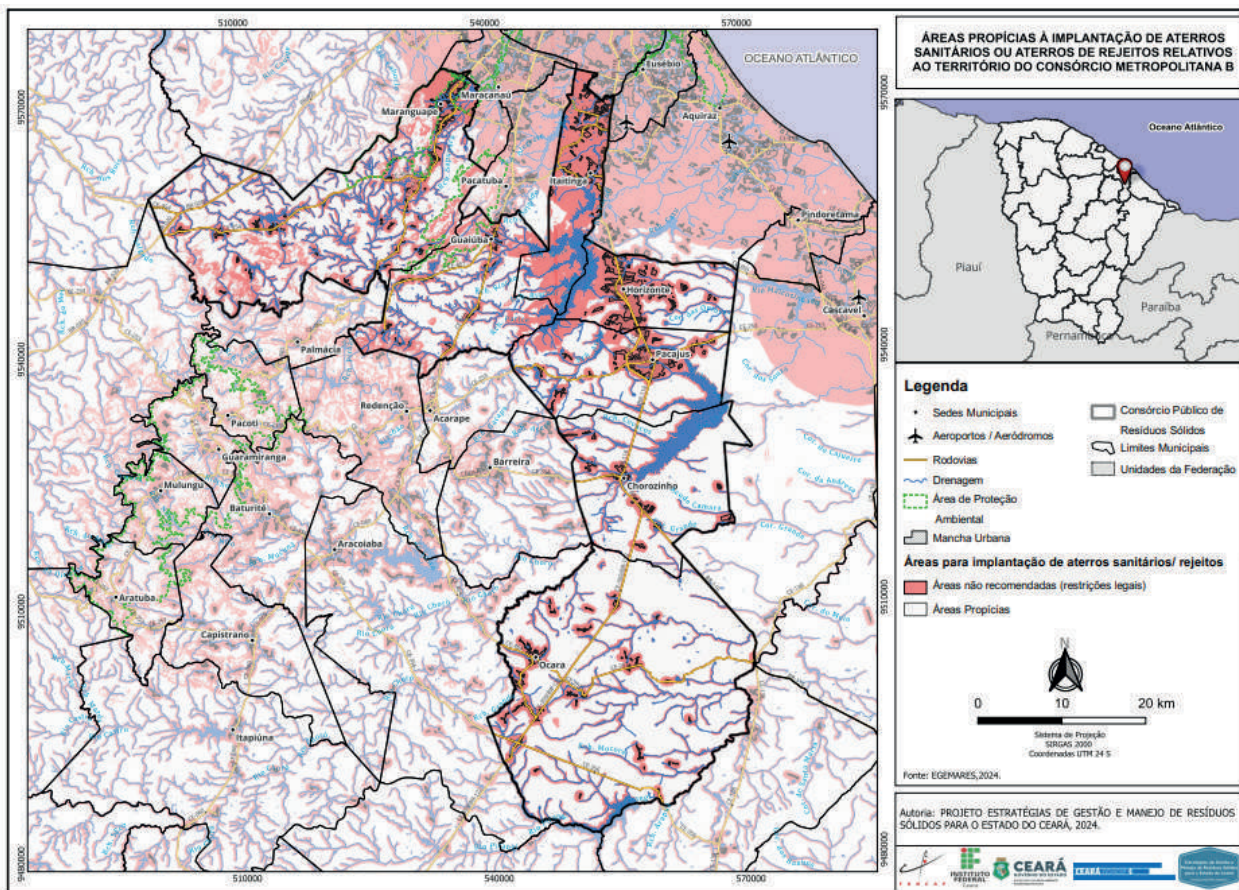
Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.



A seguir, a sequência de figuras traz o mapa dos territórios dos 21 Consórcios Públicos Intermunicipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, com escala de melhor visualização das áreas propícias à instalação de aterros (na cor branca) e áreas não recomendadas (na cor vermelha) em seus territórios, considerando os critérios de exclusão elencados no Quadro 01 (p. 30). Foi realizado também o mapa no território dos municípios não consorciados. Todos os mapas aqui presentes são inéditos e foram elaborados pelo Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente.

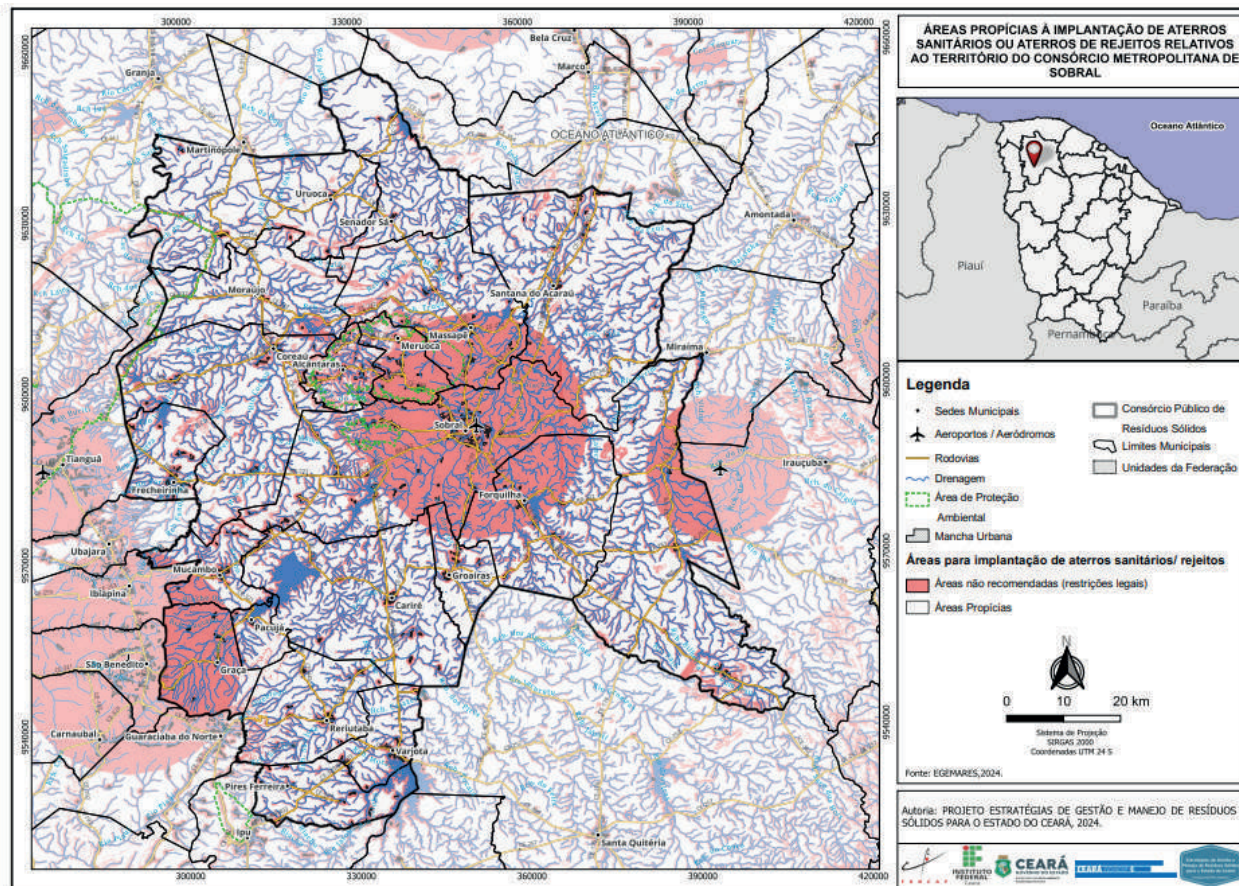


Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

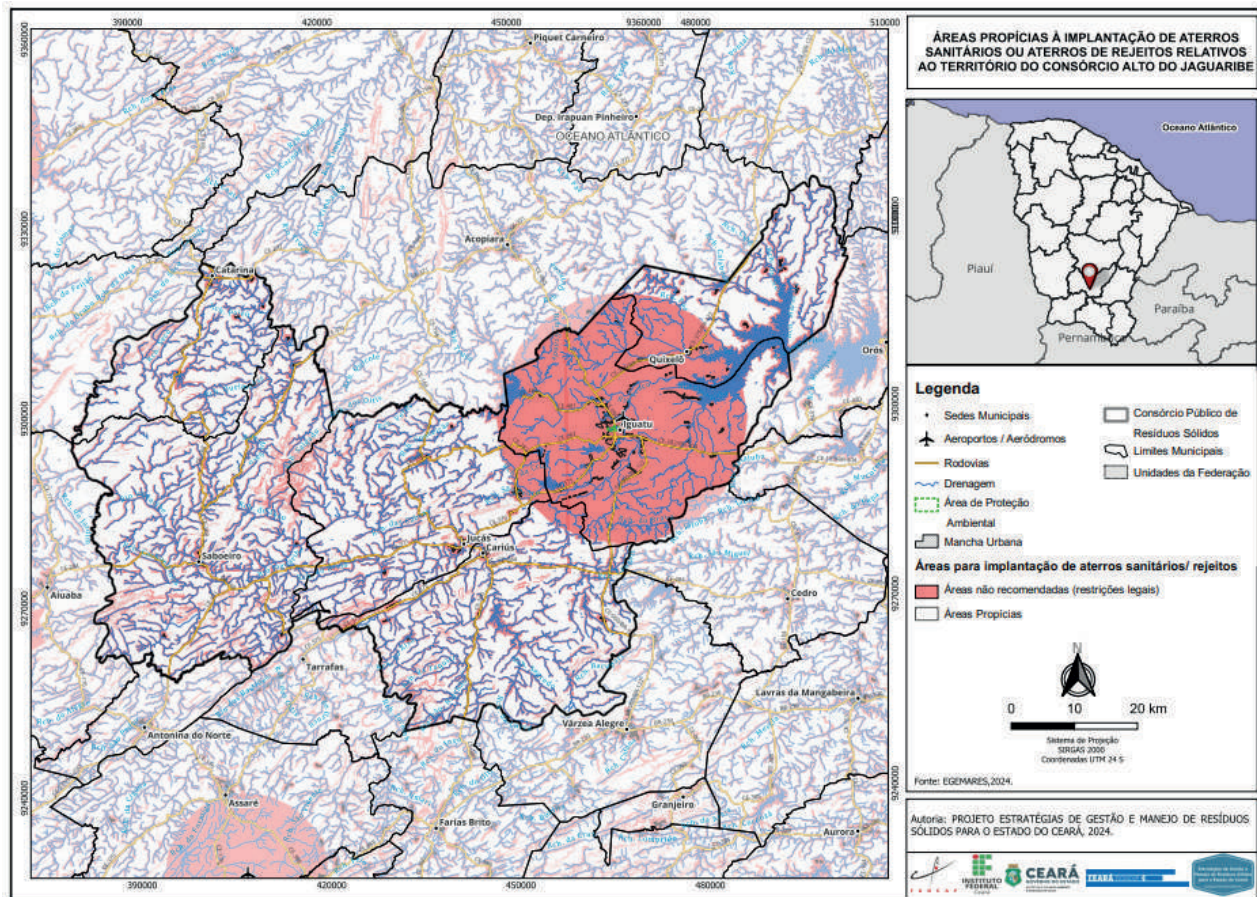


Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

Figura 04 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana B

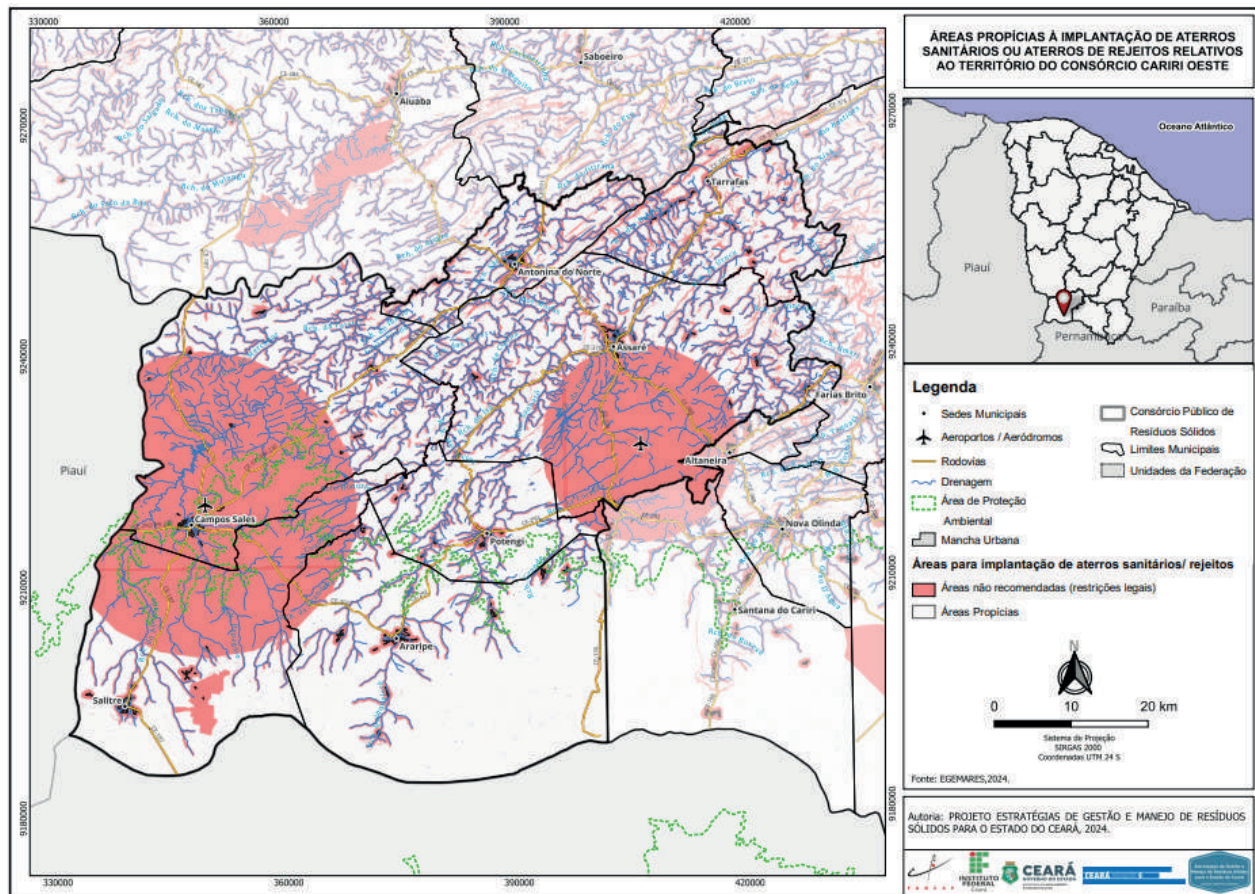


Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

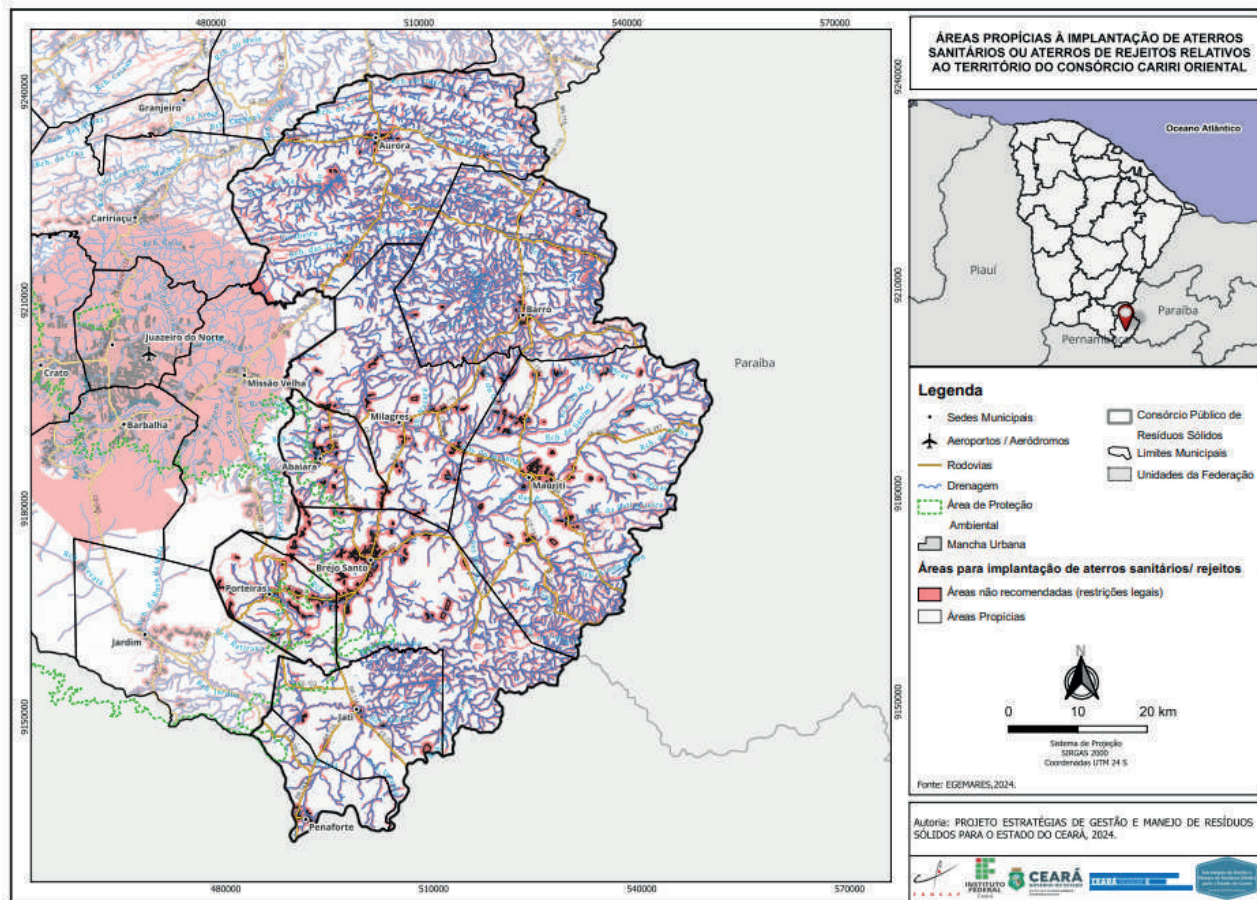


Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

Figura 06 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio Regional de Resíduos do Alto Jaguaribe (CORRAJ)

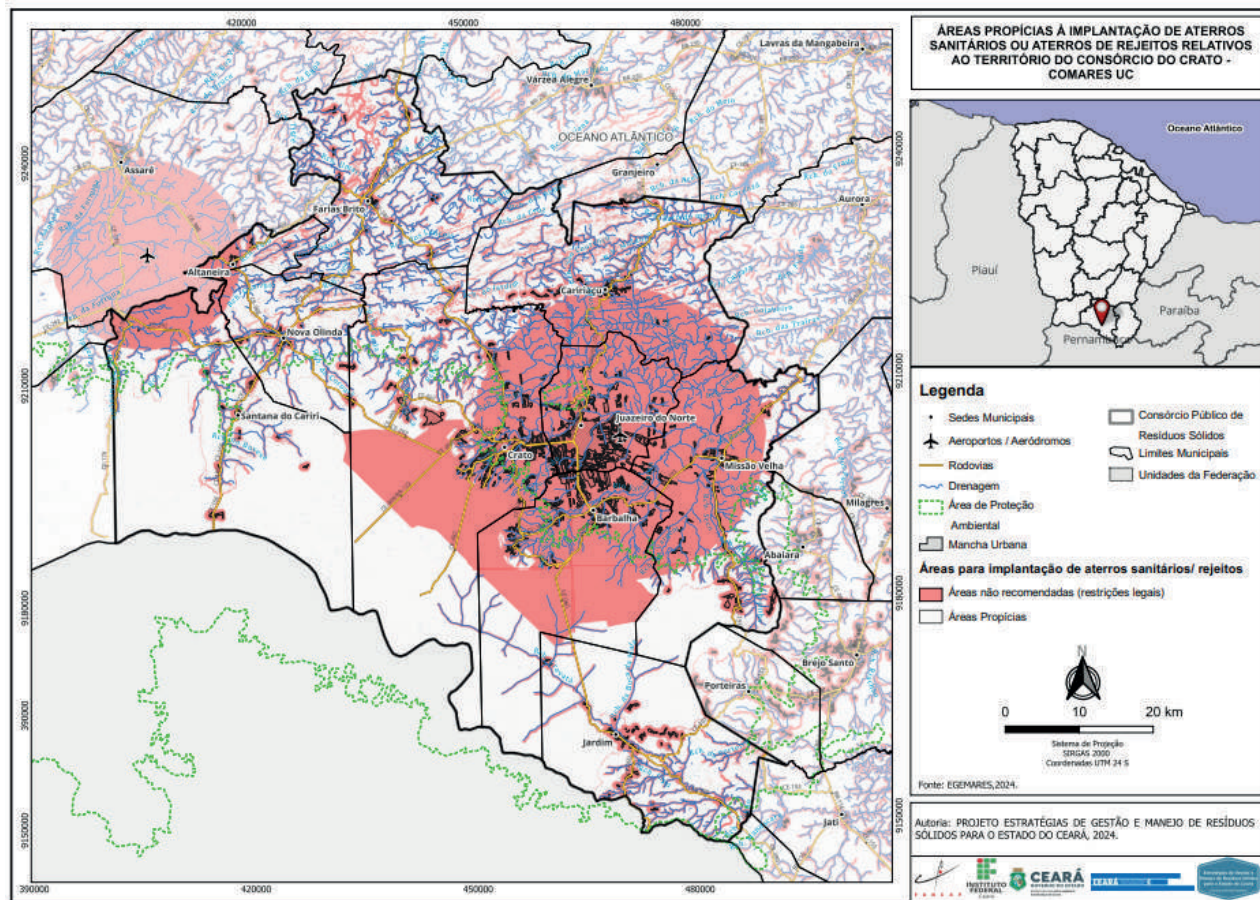


Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

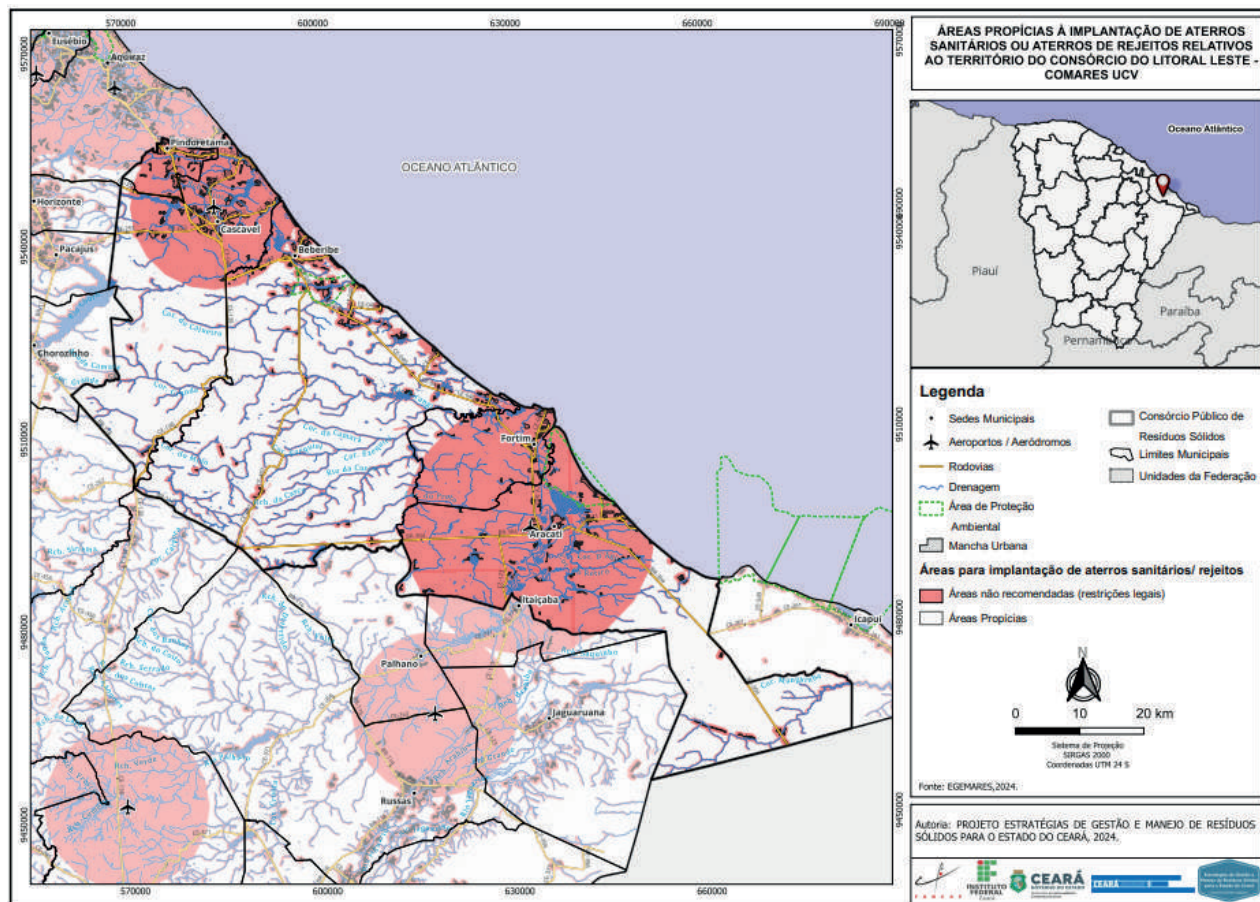


Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

Figura 08 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio Público de Manejo dos Resíduos Sólidos da Região Cariri Oriental (CORES - Cariri Oriental)

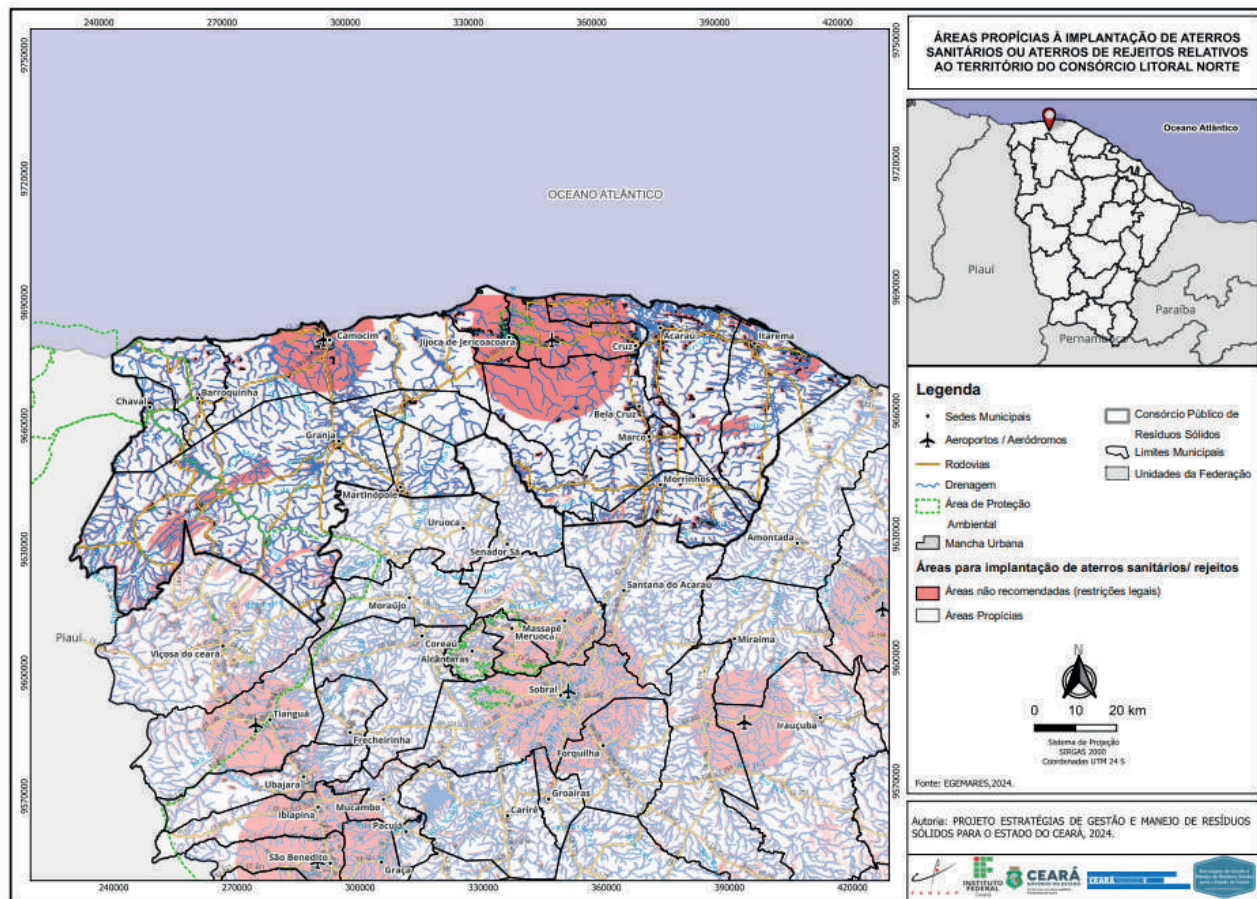


Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

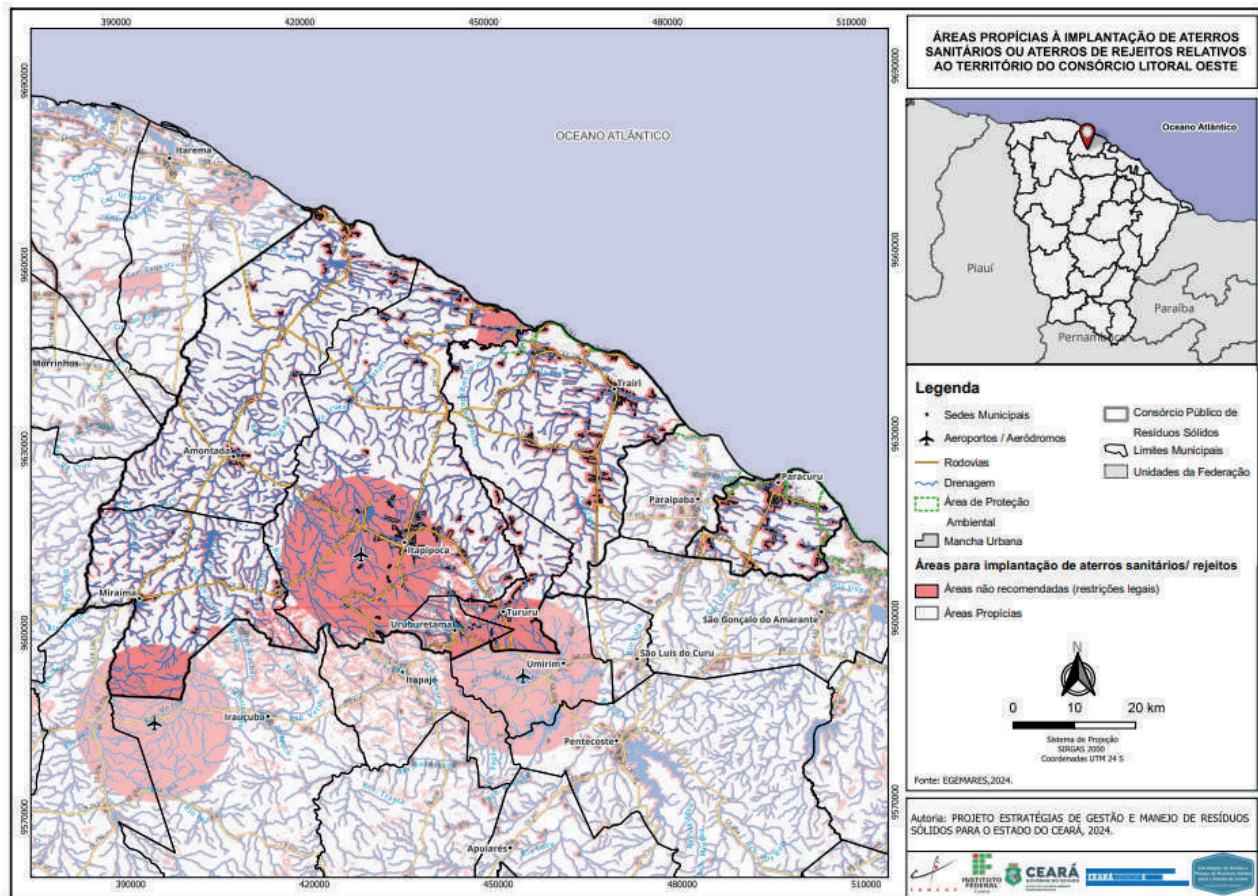


Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

Figura 10 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Litoral Leste (COMARES - UCV)

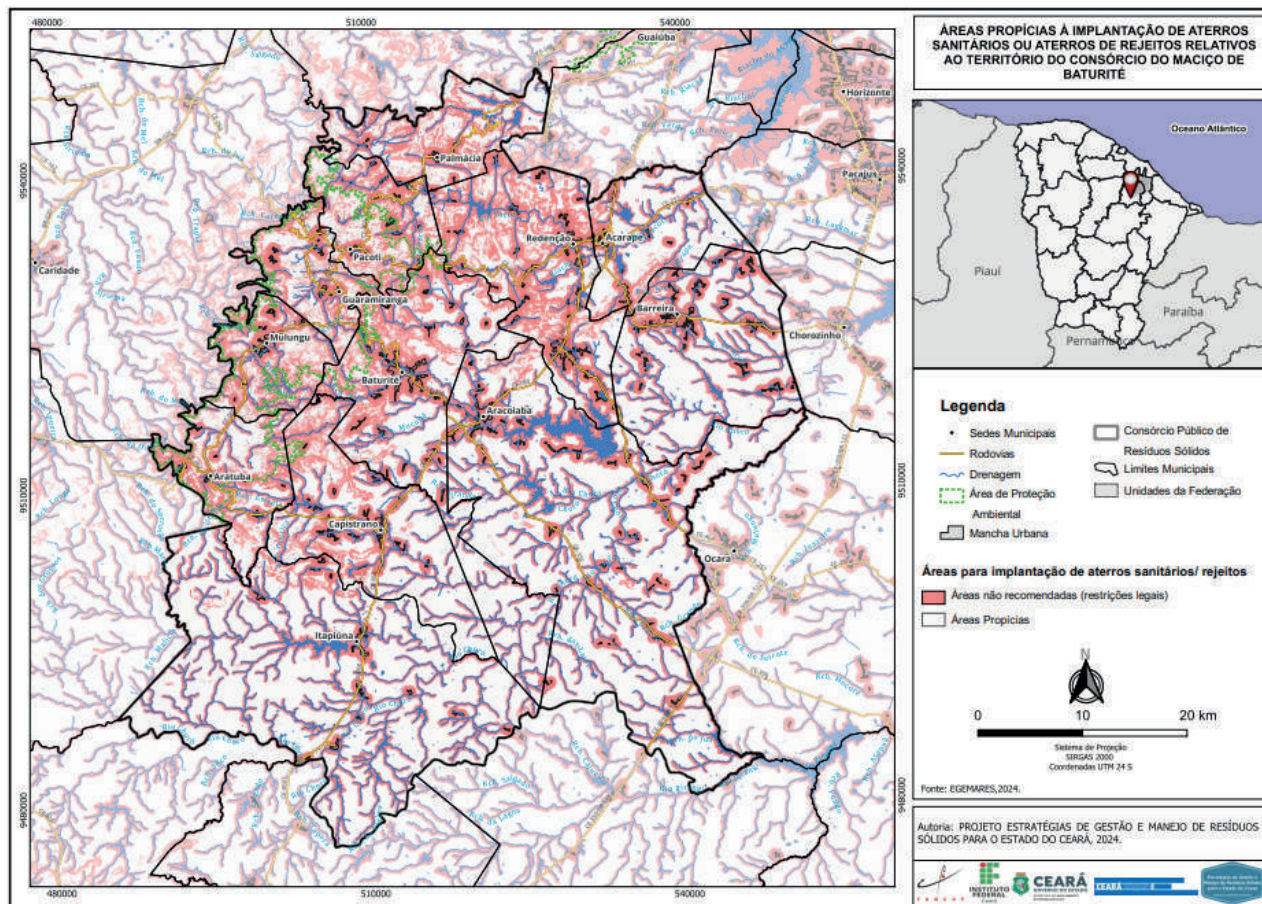


Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

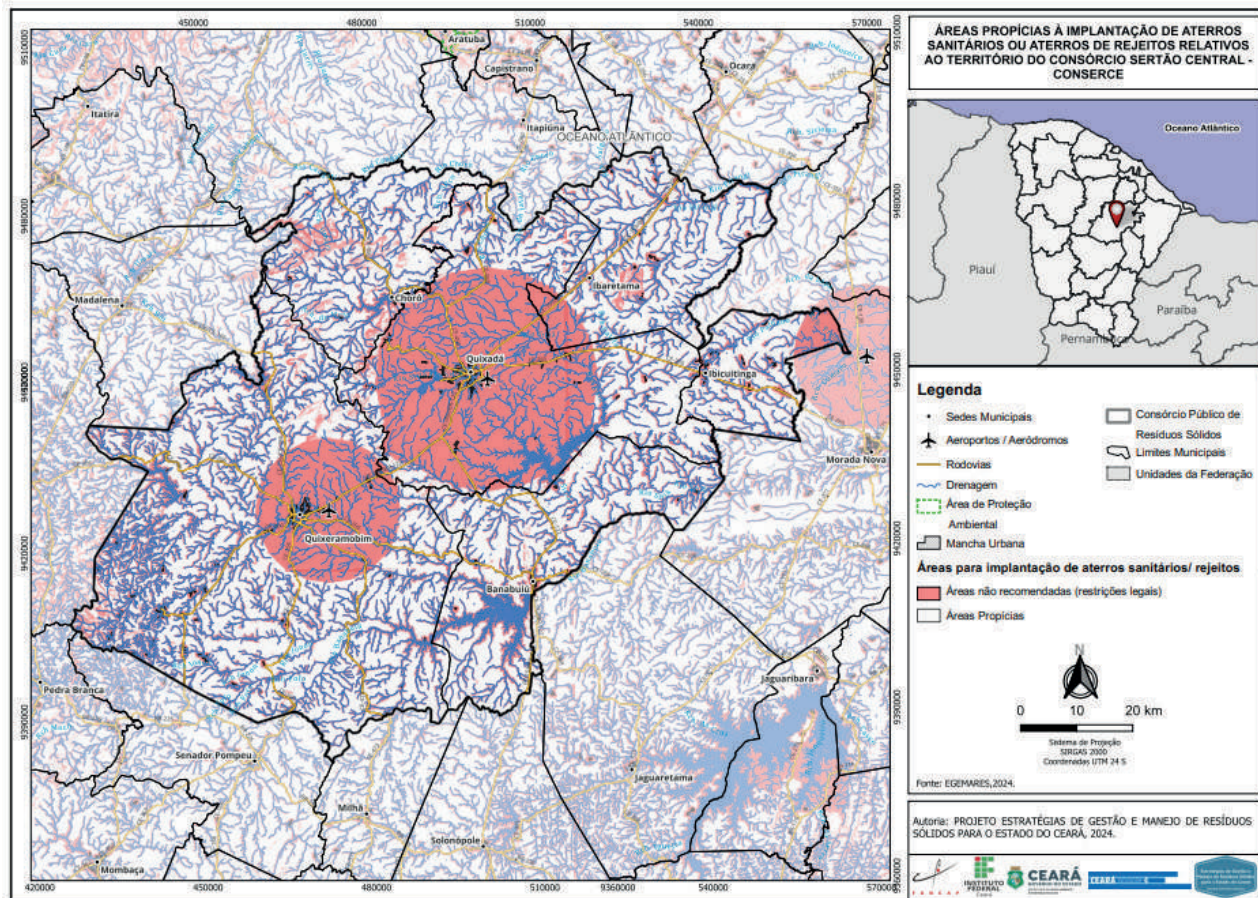


Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

Figura 12 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos do Litoral Oeste (CORSOLO)

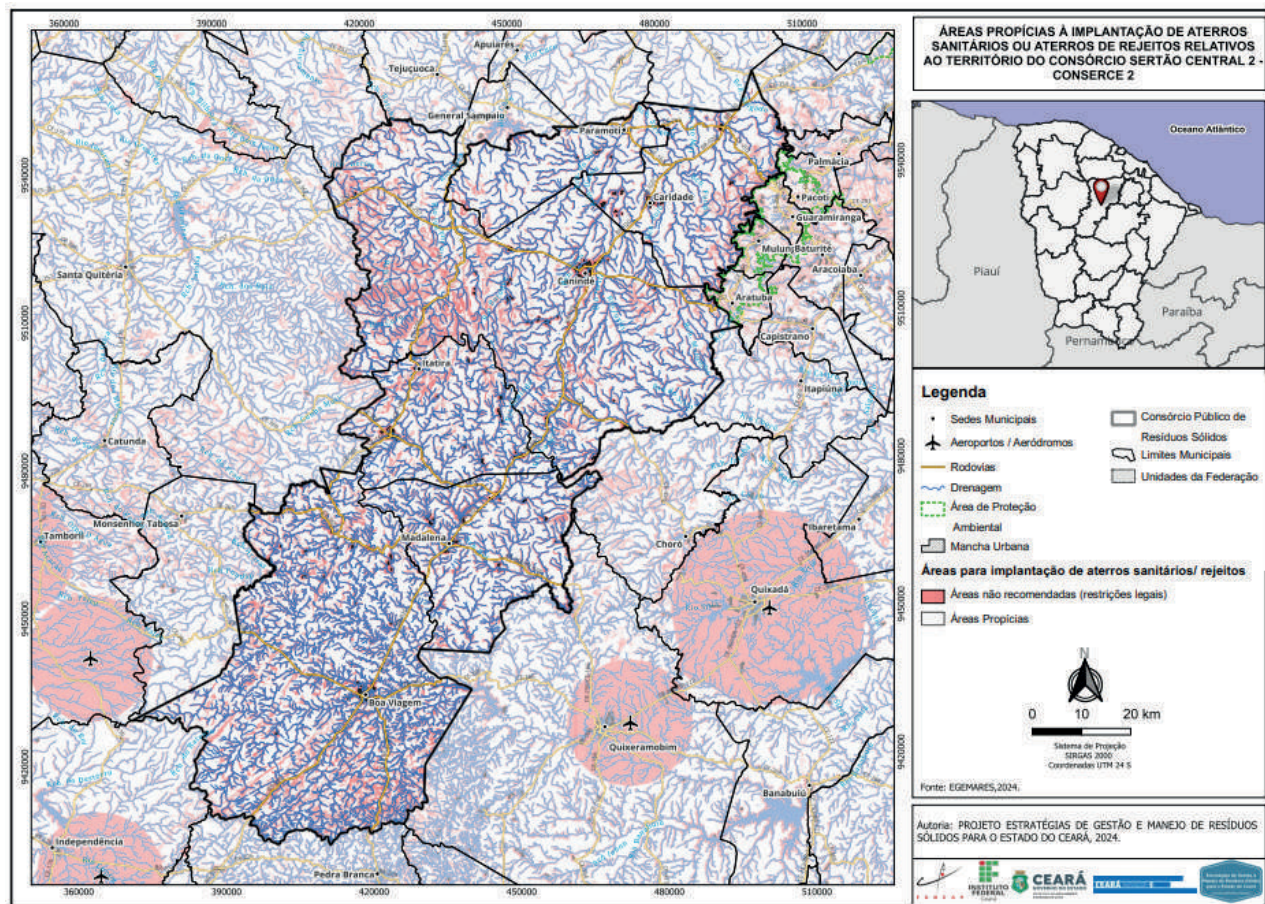


Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

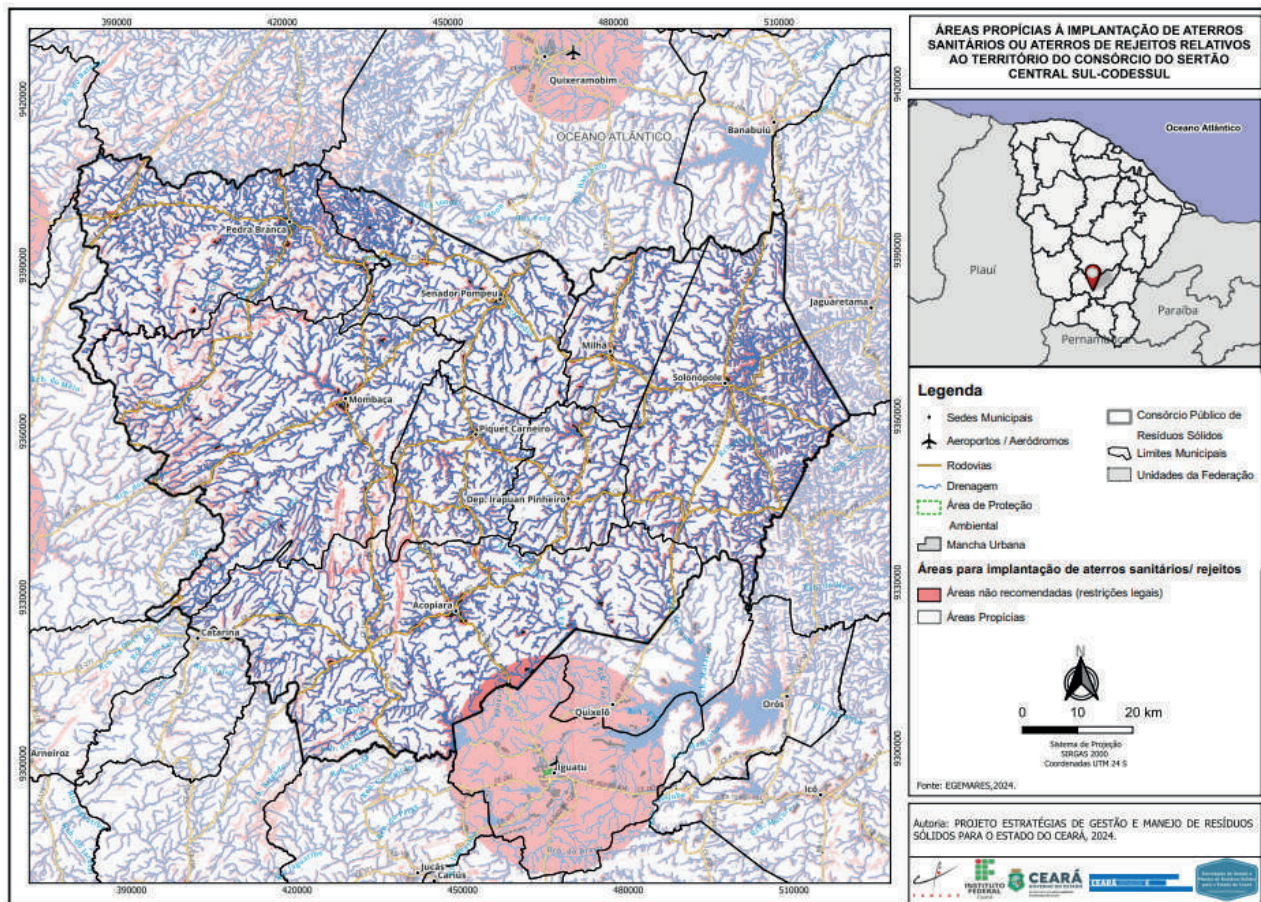


Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

Figura 14 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio Público de Manejo dos Resíduos Sólidos da Região do Sertão Central (CONSERCE 1)

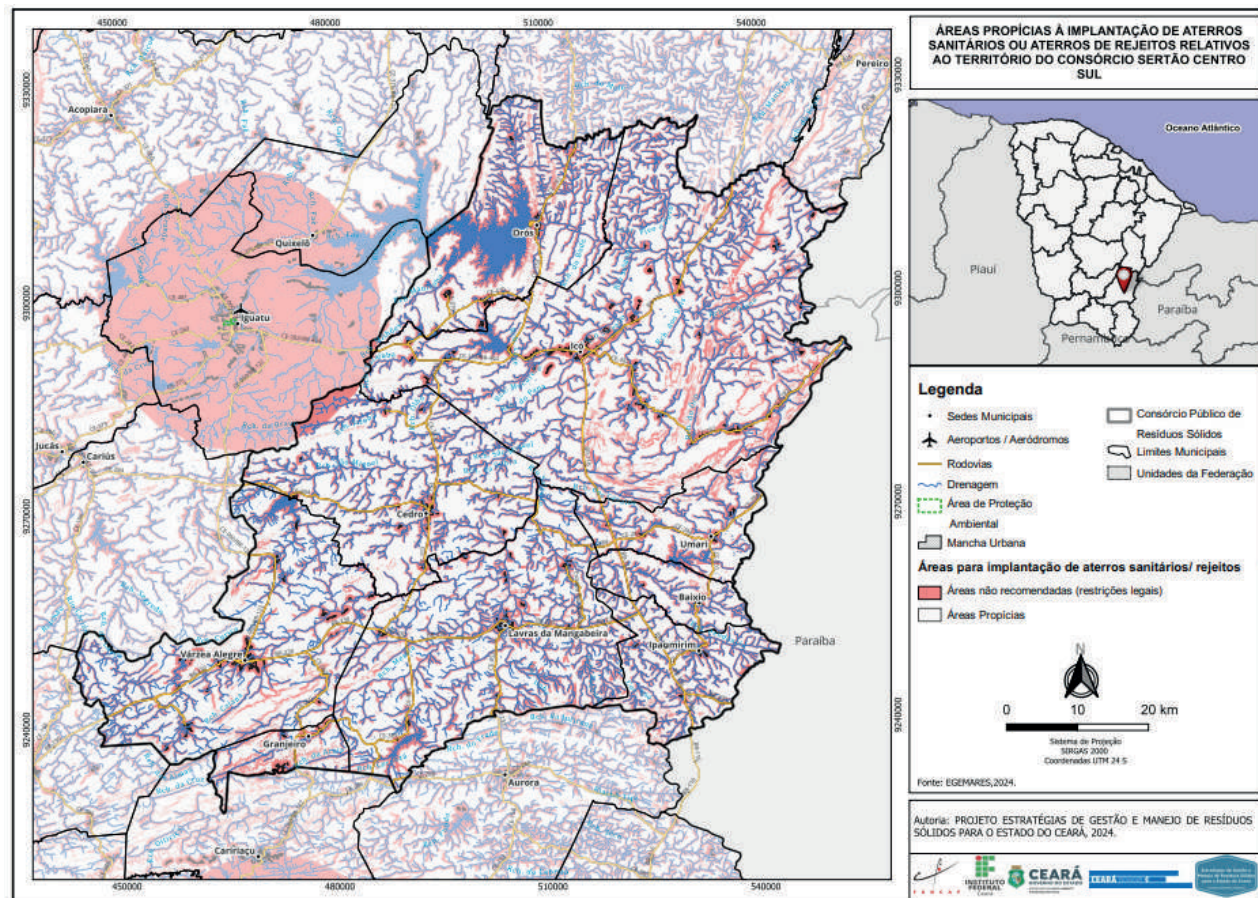


Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

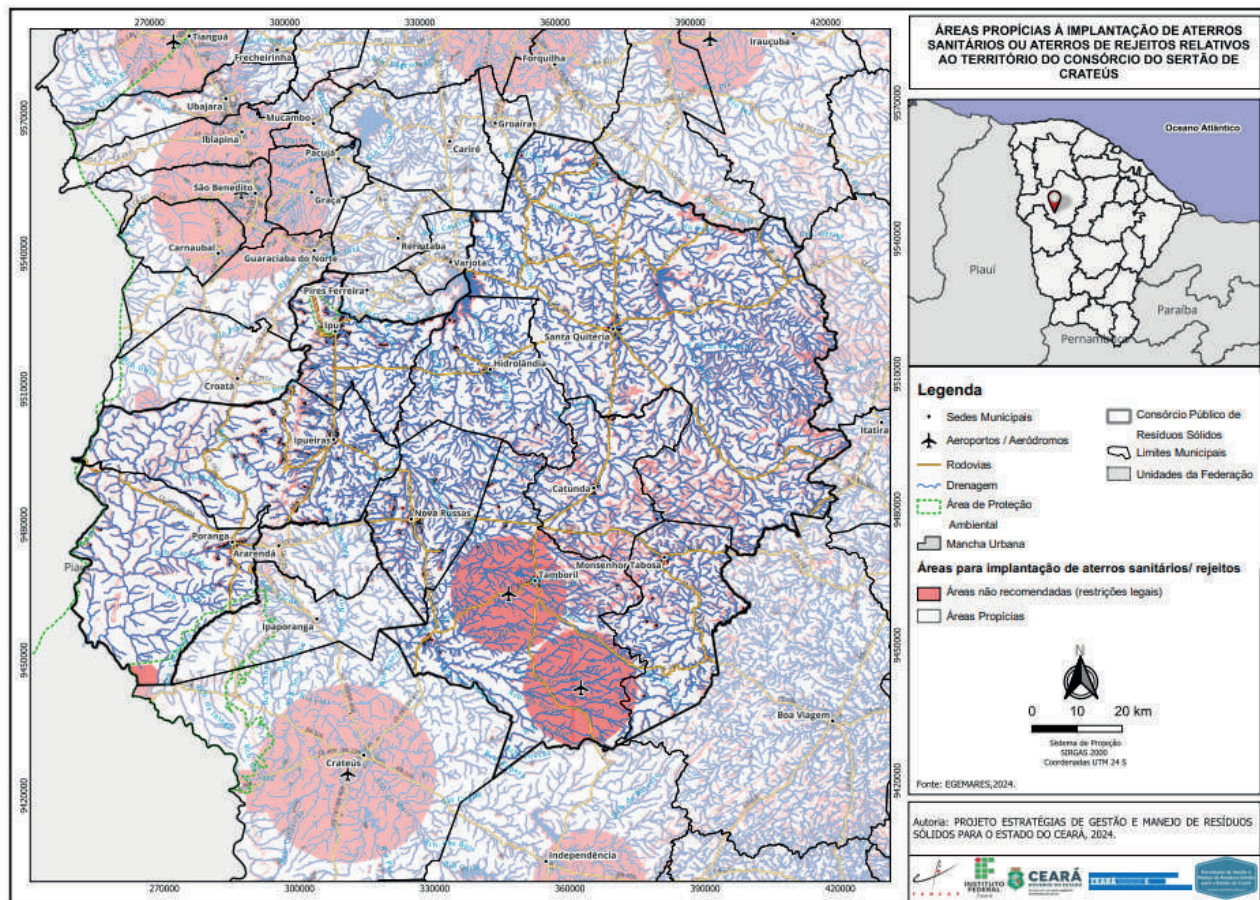


Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

Figura 16 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio de Desenvolvimento da Região Central Sul (CODESSUL)

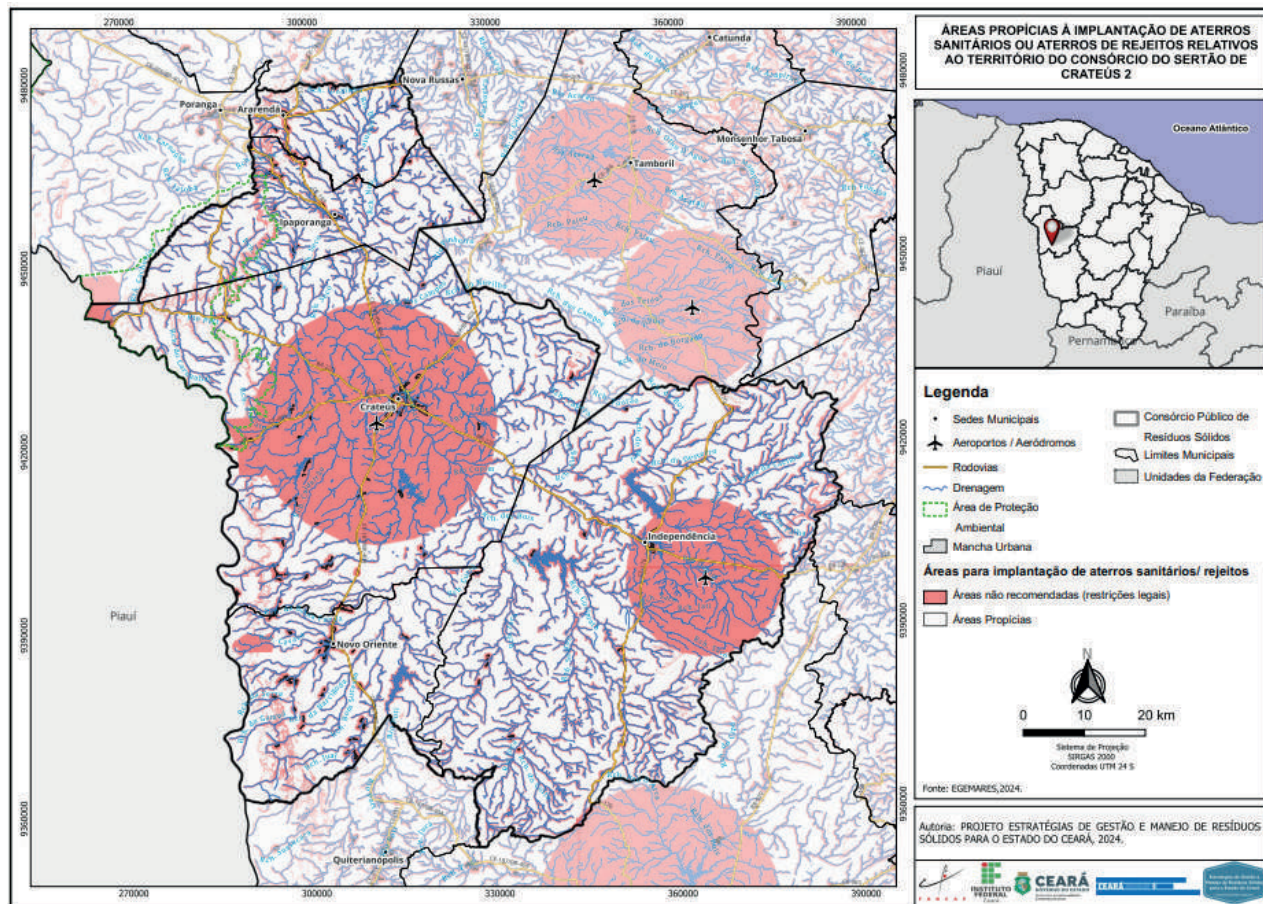


Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

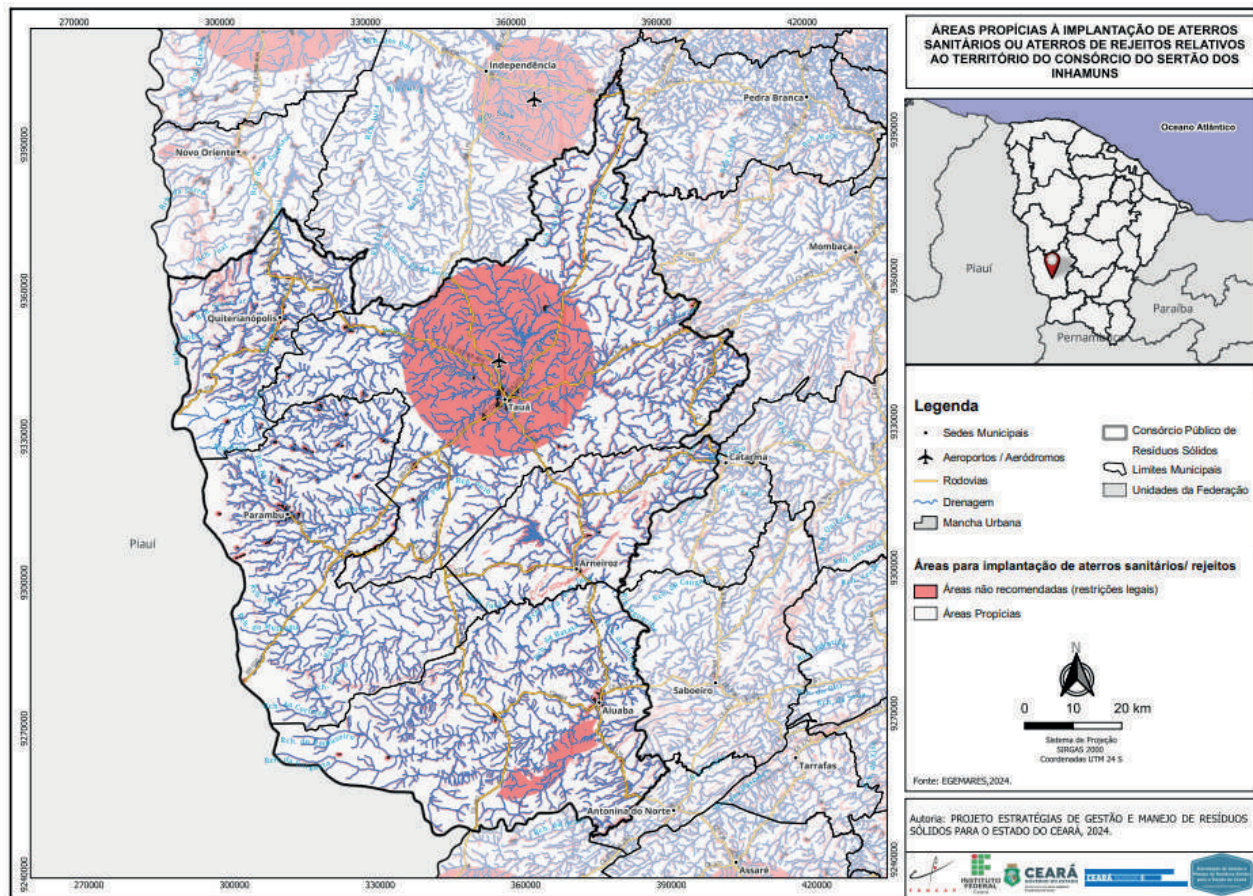


Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

Figura 18 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos da Região do Sertão de Crateús 1

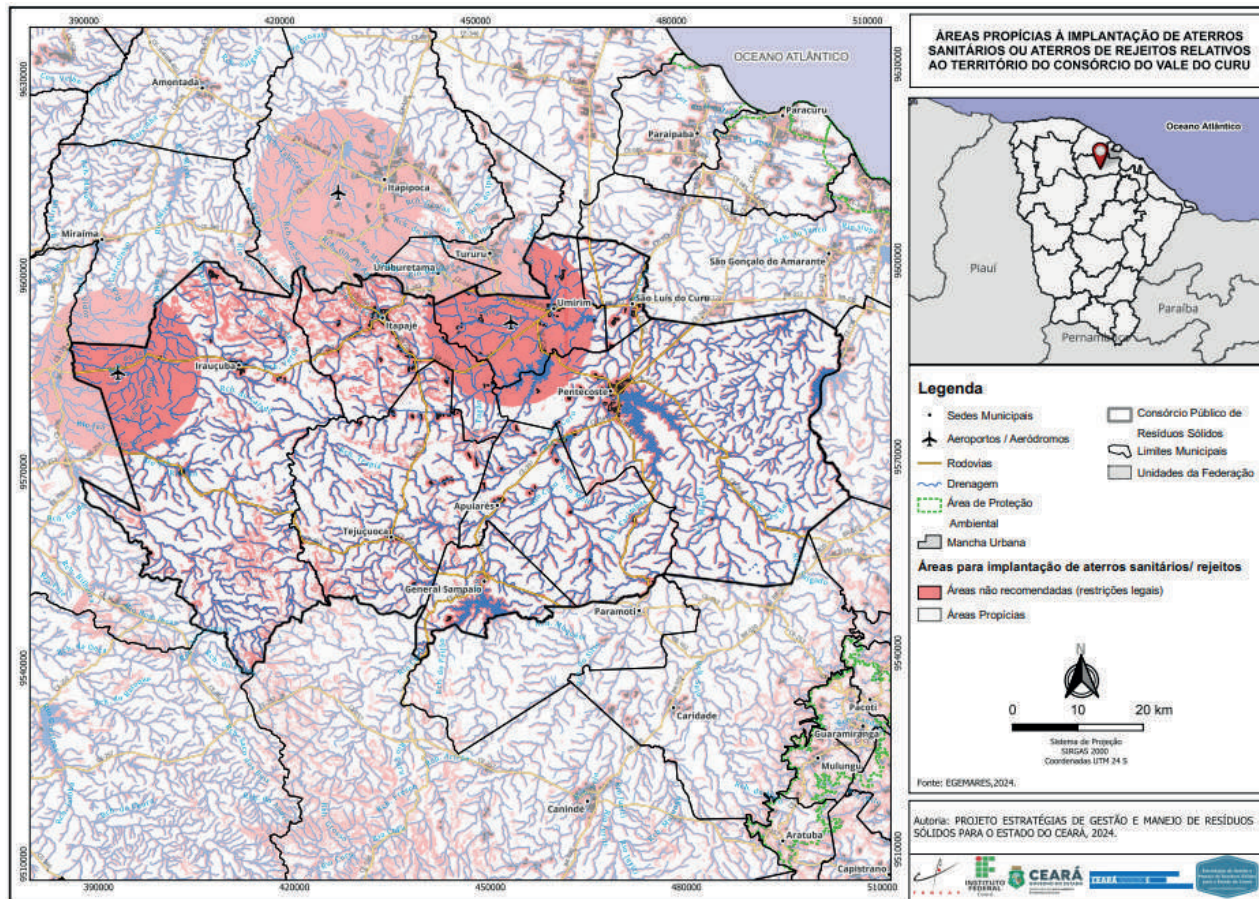


Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

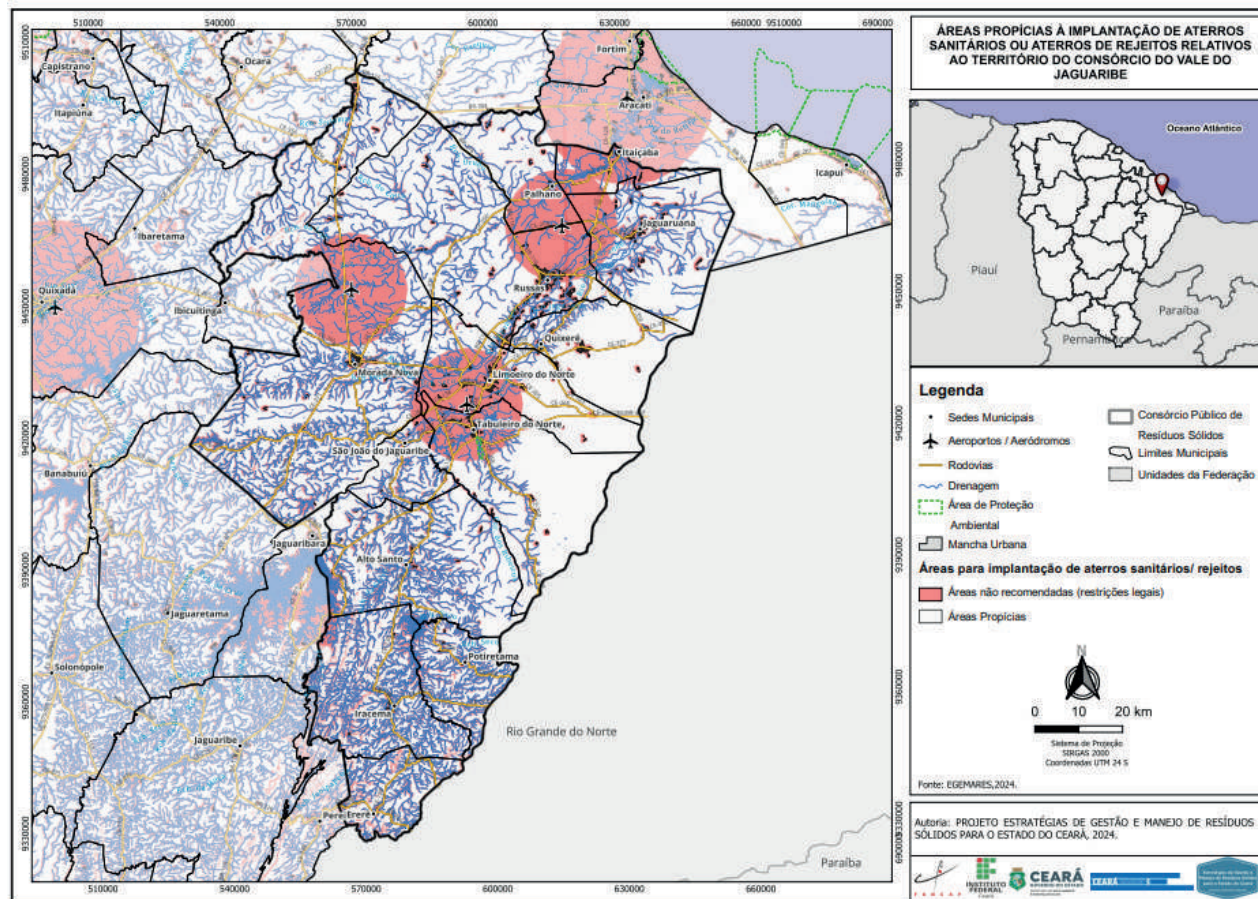


Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

Figura 20 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários /Rejeitos no território do Consórcio Público de Manejo dos Resíduos Sólidos do Sertão de Inhamuns (CPMRS-SI)

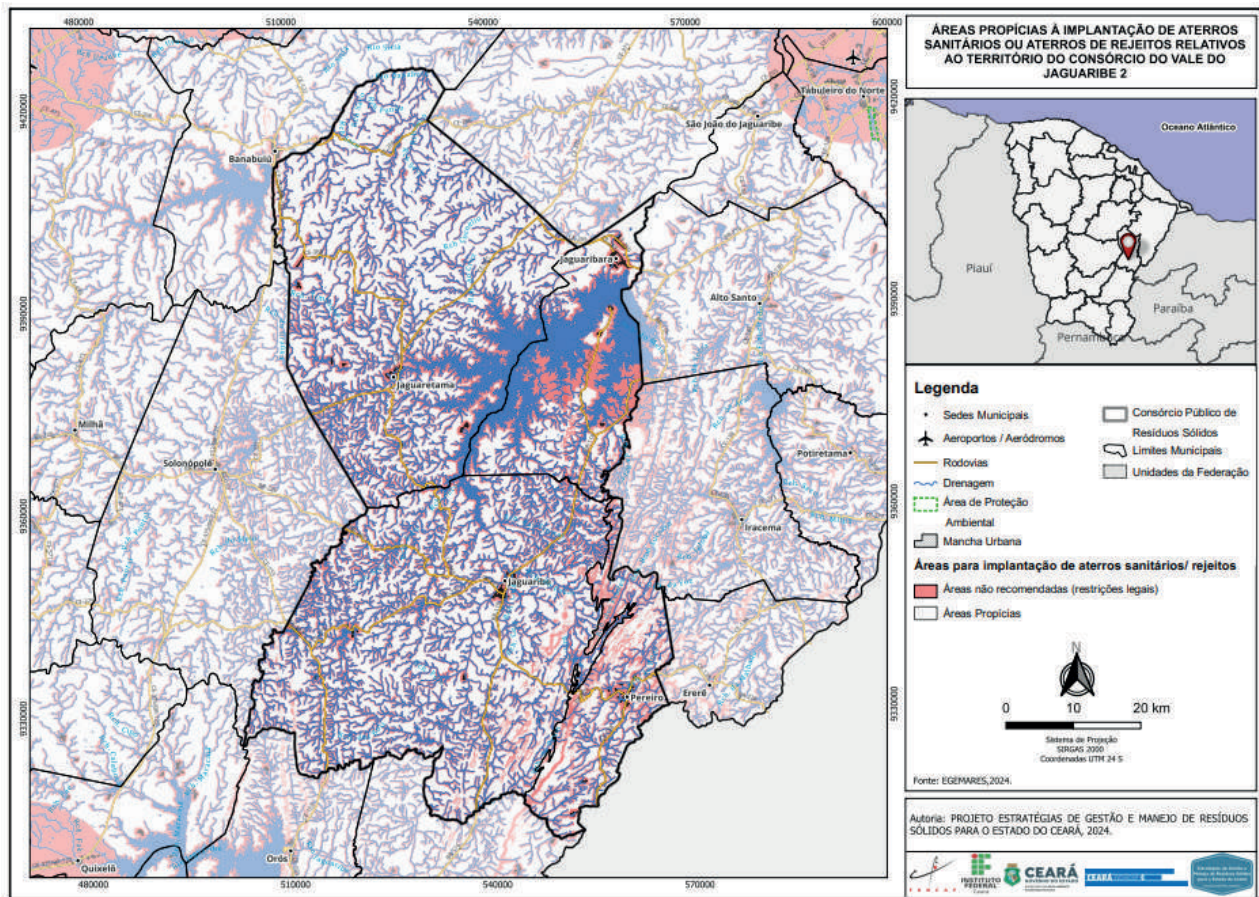


Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.



Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

Figura 22 - Áreas Propícias à implantação de Aterros Sanitários/Rejeitos no território do Consórcio de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Vale do Jaguaribe (CGIRS - VJ)



Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

3.1. Diagrama de decisão para escolha de Projeto Arquitetônico de Aterro Sanitário/Rejeitos

O desafio de se orientar tomadores de decisão para escolhas relacionadas à correta e à adequada destinação final passa pela compreensão dos parâmetros que devem ser considerados nessa escolha. Assim, o Diagrama de Decisão foi criado no sentido de permitir que os municípios e Consórcios o sigam como diretriz metodológica inovadora para estimar a área de seus Aterros Sanitários/Rejeitos e a optar entre os modelos de aterro.

3.1.1 Modelagem numérica para estimar a área de Aterros Sanitários/Rejeitos

Para que seja possível a realização de uma projeção da área de Aterros Sanitários/Rejeitos, existem dois parâmetros principais que devem ser considerados:

- Quantidade total de Resíduos Sólidos Urbanos - RSU gerada em um determinado local (toneladas/dia), e;
- Geração *per capita* gerada em determinado local (kg/hab/dia ou t/hab/dia) (Bardhan *et al.* 2017).

Deve-se supor que o crescimento exponencial se aplica em todas as situações relacionadas ao aumento populacional, ou seja, $N = N_0 \exp(kt)$, onde N =população no tempo t ; N_0 =população no tempo $t=0$; k =taxa de crescimento exponencial anual (1/ano), que é definida por $k = \ln(N/N_0)/t$; t =tempo, anos (Bardhan, 2017).

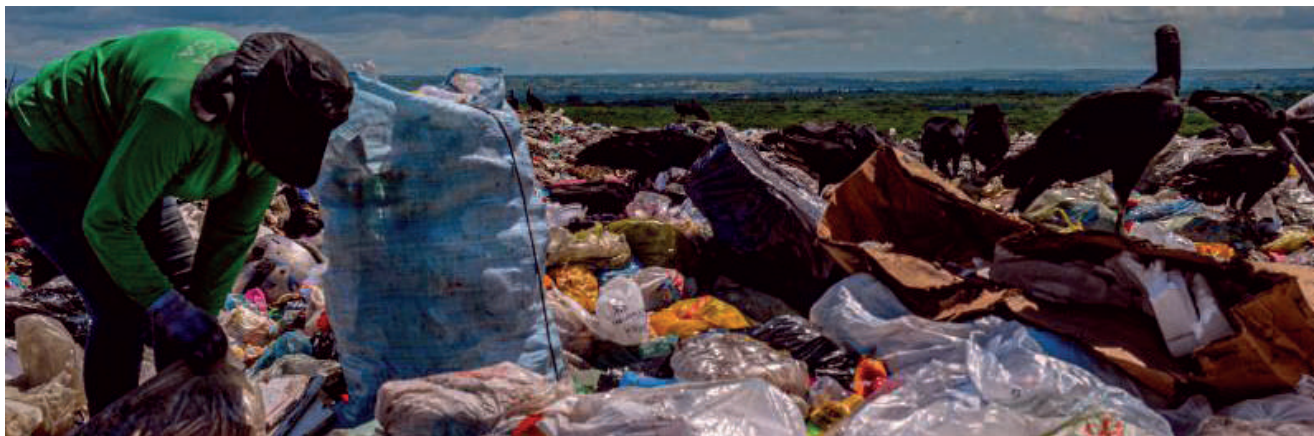
Na sequência, são necessários os dados e parâmetros do projeto em si, que são as características específicas para a construção de cada Aterro Sanitário/Rejeitos, segundo o local em que o mesmo será instalado. Os dados necessários para concepção do projeto arquitetônico são: a média diária de lixo, o peso específico aparente ou densidade aparente e a redução volumétrica. Os parâmetros de projeto são relacionados à disposição do lixo, ou seja, camada de resíduo, camada de cobertura e altura total da célula (Spinola, 2017).

Para finalizar são realizados os cálculos, considerando uma certa porcentagem de ocupação do lixo compactado, para que possa ser estimado o volume de lixo na descarga, o volume de lixo compactado, o volume diário do aterro e por fim, a área total do aterro (Spinola, 2017).

Além do dimensionamento da área do Aterro, existem padrões de segurança e controle de qualidade em diversas áreas relacionadas durante o desenvolvimento de um projeto desse porte. Esses padrões abrangem desde a análise aprofundada do local até a construção das instalações, a operação diária e o monitoramento ambiental. O Quadro 01 (p.30) deste documento apresenta os critérios restritivos de localização para implantação de Aterro Sanitário/Rejeitos.

3.1.2 Dimensionamento da vida útil de Aterros Sanitários/Rejeitos

O Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente estabeleceu 6 faixas populacionais, que são potenciais geradores de resíduos sólidos nos municípios. Essas faixas populacionais vão oferecer ao tomador de decisão uma série de possibilidades que o direcionarão à opção do modelo de projeto arquitetônico. A Figura 24, a seguir, mostra o Diagrama de Decisão para o Dimensionamento da vida útil de Aterro Sanitário / Rejeitos, criado pelo Programa Cientista Chefe de Meio Ambiente do estado do Ceará, como inovação à política de gestão e manejo de resíduos sólidos.



Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

DIMENSIONAMENTO DE VIDA ÚTIL DE ATERRO SANITÁRIO

Faixa Populacional	Intervalo da faixa (hab.)	Massa coletada Per capita (kg/hab/dia)	População considerada (hab)	VIDA ÚTIL DE PROJETO	MASSA DE RESÍDUOS GERADOS (DIA) ton	MASSA DE RESÍDUOS GERADOS (DIA) ton
1	População total ≤ 30 mil	0,85	30.000	15	26	
				20		
				30		
2	30 mil < População total ≤ 100 mil	0,89	50.000	15	45	
				20		
				30		
			70.000	15	62	
				20		
				30		
3	100 mil < População total ≤ 250 mil	0,89	100.000	15	89	
				20		
				30		
			150.000	15	134	
				20		
				30		
4	250 mil < População total ≤ 1 milhão	0,96	250.000	15	240	
				20		
				30		
5	1 milhão < População total ≤ 4 milhões	1,1	1.000.000	15	1.100	
				20		
				30		
			2.500.000	15	2.750	
				20		
				30		
6	População total > 4 milhões	1,3	4.000.000	15	5.200	
				20		
				30		

POTENCIAL GERADOR DE RESÍDUOS DO MUNICÍPIO



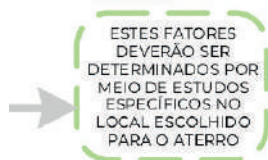
VIDA ÚTIL DO ATERRO



TIPO DE SOLO, TOPOGRAFIA E PROFUNDIDADE DO LENÇOL FREÁTICO

• PER CAPITA - DIAGNOSTICO RESÍDUOS SÓLIDOS 2019 – SNIS.

MASSA TOTAL (gerada em toda a vida útil do aterro) ton	VOLUME TOTAL ATERRO - PREVISTO (+20%) m³
139.613	223.380
186.150	297.840
279.225	446.760
243.638	389.820
324.850	519.760
487.275	779.640
341.093	545.748
454.790	727.664
682.185	1.091.496
487.275	779.640
649.700	1.039.520
974.550	1.559.280
730.913	1.169.460
974.550	1.559.280
1.461.825	2.338.920
1.314.000	2.102.400
1.752.000	2.803.200
2.628.000	4.204.800
6.022.500	9.636.000
8.030.000	12.848.000
12.045.000	19.272.000
15.056.250	24.090.000
20.075.000	32.120.000
30.112.500	48.180.000
28.470.000	45.552.000
37.960.000	60.736.000
56.940.000	91.104.000



Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

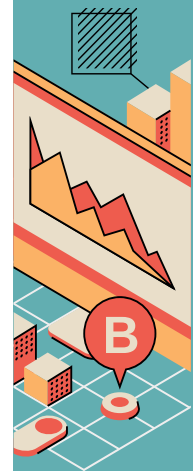
Figura 24 - Diagrama de Decisão para dimensionamento da vida útil de Aterro Sanitário/Rejeitos

O Diagrama de Decisão permite ao tomador de decisão optar por três distintos tempos de vida útil do Aterro Sanitário/Rejeitos: quinze (15), vinte (20) ou trinta (30) anos. Essas opções realizadas pelo tomador de decisão vão conduzindo a escolha para a determinação do dimensionamento adequado do empreendimento em questão. Observa-se que a legislação brasileira estabelece que a vida útil seja no mínimo de dez (10) anos.

A Figura 26 (p.64 e p.65), mais à frente, mostra as três diferentes opções organizadas pelo Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente que culminarão na escolha do modelo de projeto arquitetônico básico (trincheira ou vala; rampa ou encosta; área ou planície).

Importante destacar que concernente às normas e regulamentações, para este Roteiro para tomadores de decisão foram consideradas as normas internacionais, nacionais e demais instrumentos legais reconhecidos que tratam de projetos de Aterros Sanitários/Rejeitos. As normas e regulamentações referentes a esse tipo de empreendimento, que foram utilizadas neste documento, estão dispostas no Anexo I.

O Diagrama de Decisão aqui disposto que culmina na determinação do Projeto-Modelo Básico de Aterro Sanitário/Rejeitos atendeu as normativas legais e diretrizes estabelecidas, inclusive as indicadas pelo Ministério das Cidades (2011). Citado Diagrama de Decisão para dimensionamento de áreas para Aterros Sanitários/Rejeitos, desde a concepção, conforme já mencionado anteriormente neste documento, seguiu também os critérios básicos determinados pela NBR 8.419/1992 - (Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos- Procedimento).



A seguir é apresentada uma exemplificação Figura 25 (p.61) que orienta o uso do diagrama de decisão, onde o gestor deverá seguir os passos para identificação do volume total do Aterro Sanitário / Rejeitos que melhor se adequa a sua situação.

Passo 1 Escolha a população			Passo 2 Escolha a vida útil do projeto			Passo 3 Identifique o volume total do aterro (previsto)	
Faixa Populacional	Intervalo da faixa (hab.)	Massa coletada Per capita (kg/hab/dia)	População considerada (hab)	VIDA ÚTIL DE PROJETO (anos)	MASSA DE RESÍDUOS GERADOS (DIA) ton.	MASSA TOTAL (gerada em toda a via útil do aterro) ton.	VOLUME TOTAL ATERRO - PREVISTO (+20%) m³
1	População total ≤ 30 mil	0,85	30.000	15	26	4.188.375	7.180.071
				20		5.584.500	9.573.429
				30		8.376.750	14.360.143
2	30 mil < População total ≤ 100 mil	0,89	50.000	15	45	12.181.875	20.883.214
				20		16.242.500	27.844.286
				30		24.363.750	41.766.429
			70.000	15	62	23.876.475	40.931.100
				20		31.835.300	54.574.800
				30		47.752.950	81.862.200
				15		48.727.500	83.532.857

Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

Figura 25 - Passo a passo para a identificação do volume do aterro por vida útil.

O passo a passo da exemplificação se dá conforme, a seguir:

Passo 1: Escolha a faixa populacional de acordo com o número de habitantes do município e a projeção esperada (coluna 2).

Passo 2: Escolha a vida útil do projeto (na coluna 5 são apresentados estudos para 15, 20 ou 30 anos).

Passo 3: Identifique o volume total do aterro (previsto) na coluna 8.

3.1.3 Modelo Básico do Projeto Arquitetônico de Aterro Sanitário/Rejeito

Após a identificação do volume considerado para o aterro em função da vida útil esperada (ver Figura 24 (p.58 e p.59) e exemplificação de passo a passo na Figura 25 (p.61) e considerando o perfil topográfico do local escolhido, bem como as demais características específicas do local, o tomador de decisão deverá escolher o modelo de aterro mais adequado.

A Figura 26 (p.64 e p.65) apresenta as 3 opções de modelos de projeto, com o resumo de seus critérios de utilização, facilitando o processo de tomada de decisão.

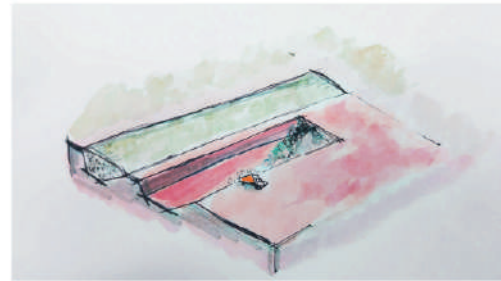
Para a definição dos modelos são indicados os 3 tipos de aterros. Deve ser escolhido aquele que possuir maior eficiência para as condições ambientais, de infraestrutura e tecnológicas existentes: aterro de trincheira, aterro de rampa ou aterro de planície.



Independente do Modelo, a Área escolhida para o Aterro Sanitário/Rejeitos:

- Deve estar fora da área de influência direta do manancial de abastecimento;
- Deve estar à, no mínimo, 200m distante de rios e nascentes do perímetro da área, bem como considerar faixas mínimas exigidas pela Lei Federal Nº. 12651/2012
- Deve estar à, no mínimo, 500m de distância de núcleos populacionais, a partir do perímetro da área, conforme a NBR 13. 896/97;
- Deve ser observada a profundidade do lençol freático e tipologia de solo.
- Devem ser consideradas as diretrizes projetuais e de gestão apresentadas pelo órgão ambiental local, normas e regulamentos relacionados.

**Potencial gerador de resíduos
do Município / Consórcio**



TRINCHEIRA OU VALA RECOMENDAÇÕES

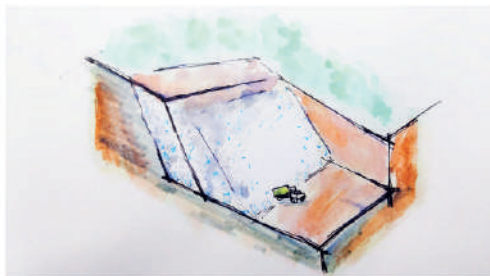
- Terrenos planos ou pouco inclinados.
- Distância mínima entre o lençol freático e o fundo da trincheira escavada - consultar órgão ambiental local.
- Terrenos rochosos não são indicados, devido às dificuldades de escavação.

Fonte: Programa Cientista
Chefe do Meio Ambiente, 2024.

Vida útil do Aterro

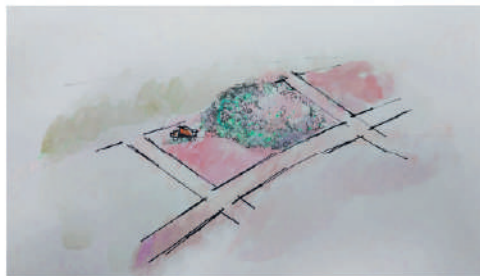


Tipo de solo, topografia e profundidade do lençol freático



RAMPA OU ENCOSTA RECOMENDAÇÕES

- Terrenos planos ou pouco inclinados.
- Solo adequado para ser escavado e servir como material de cobertura - baixa permeabilidade.
- Profundidade do lençol freático - consultar órgão ambiental local.
- Ideal para áreas degradadas como cavas de mineração, saibreiras, pedreiras e depressões naturais.



ÁREA OU PLANÍCIE RECOMENDAÇÕES

- Áreas planas.
- Profundidade do lençol freático - consultar órgão ambiental local.
- Solo não pode ser escavado.

Quanto ao Aterro de Trincheira, este é indicado em situações onde exista a possibilidade de preenchimento de depressões ou cavidades lineares no solo. A sua operação envolve o despejo de material selecionado nas trincheiras, seguido de compactação adequada para garantir estabilidade e resistência.

Este tipo de aterro poderá ser utilizado em áreas onde:

- A largura da trincheira é relativamente constante;
- Sejam identificados terrenos planos ou poucos inclinados;
- A distância mínima entre o lençol freático e o fundo da trincheira escavada é de 3,0m (três metros).
- Terrenos rochosos não são indicados devido às dificuldades de escavação.

Esse modelo de aterro pode, por exemplo, ter suas dimensões variando de 30m a 120m de comprimento por 4,5m a 7,5m de largura e 1,20m a 1,80m de profundidade. O comprimento é função da quantidade de resíduos a ser disposta em determinado período de tempo (geralmente três meses). As trincheiras podem ser executadas na forma retangular, trapezoidal ou quadrada, com taludes cuja inclinação depende das características de estabilidade do solo.

Com relação ao segundo modelo indicado na Figura 26 (p.65) o Aterro de Rampa ou de Encosta poderá ser desenvolvido em terrenos planos ou pouco inclinados. A sua operação consiste na construção de uma rampa suave por meio do despejo controlado de material e sua compactação subsequente.

Este tipo de aterro poderá ser utilizado em áreas onde existam:

- Terrenos planos ou pouco inclinados;
- Solo adequado para ser escavado e servir como material de cobertura;
- Solo com baixa permeabilidade;
- Profundidade do lençol freático de 3,0m (três metros);
- Indicado para áreas degradadas como cavas de mineração, saibreiras, pedreiras e depressões naturais.

Para esse tipo de aterro a compactação do solo é essencial para garantir a estabilidade da rampa e prevenir deslizamentos. O perfil do aterro deverá considerar a inclinação desejada e a largura disponível com base no terreno escolhido. Este perfil deve ser composto por camadas sucessivas de material compactado, com uma base mais larga na parte inferior para distribuir as cargas de forma eficiente garantindo a sua estabilidade e capacidade de resistir às forças que atuam sobre ele, incluindo o próprio peso, cargas externas (como tráfego veicular) e fatores ambientais.

Concernente ao terceiro modelo, o Aterro de Área ou de Planície, sua construção é recomendada para áreas planas quando o lençol freático se encontra na profundidade limite de 1,5 metros, conforme a NBR 13896/97. Dessa maneira, dificilmente o solo do local pode ser escavado e utilizado como cobertura.

Os aspectos que mais influenciam as técnicas construtivas e os sistemas operacionais desse método estão relacionados com:

- a necessidade de suporte de solo para o recobrimento diário e final;
- a obrigatoriedade de implantação de vias de acesso no próprio corpo do aterro;
- maiores áreas de implantação;
- maior camada de revestimento final;
- maior facilidade para implantação de sistemas de drenagem superficial de águas e de drenagem interna de percolados e gases;
- maior facilidade de reaproveitamento do biogás;

Operacionalmente, os resíduos sólidos são descarregados e espalhados ao longo da área delimitada, em faixas estreitas superficiais numa série sucessiva de camadas que variam em espessura na faixa de 0,40m a 0,75m. Cada camada deve ser devidamente compactada à medida que progride o enchimento ao longo do dia até que se atinja uma altura variável de aterro de 1,80 a 3,00m.

Atentar que a efetiva implantação de aterros deve ser realizada de acordo com projetos específicos. A sua execução envolve etapas como escavação, transporte, deposição controlada do material e compactação por meio de equipamentos especializados. É fundamental que o gestor municipal ou do Consórcio após optar pelo modelo, consoante à decisão embasada nos diversos elementos aqui apresentados, elabore o projeto executivo (arquitetônico) e demais projetos de engenharia necessários.

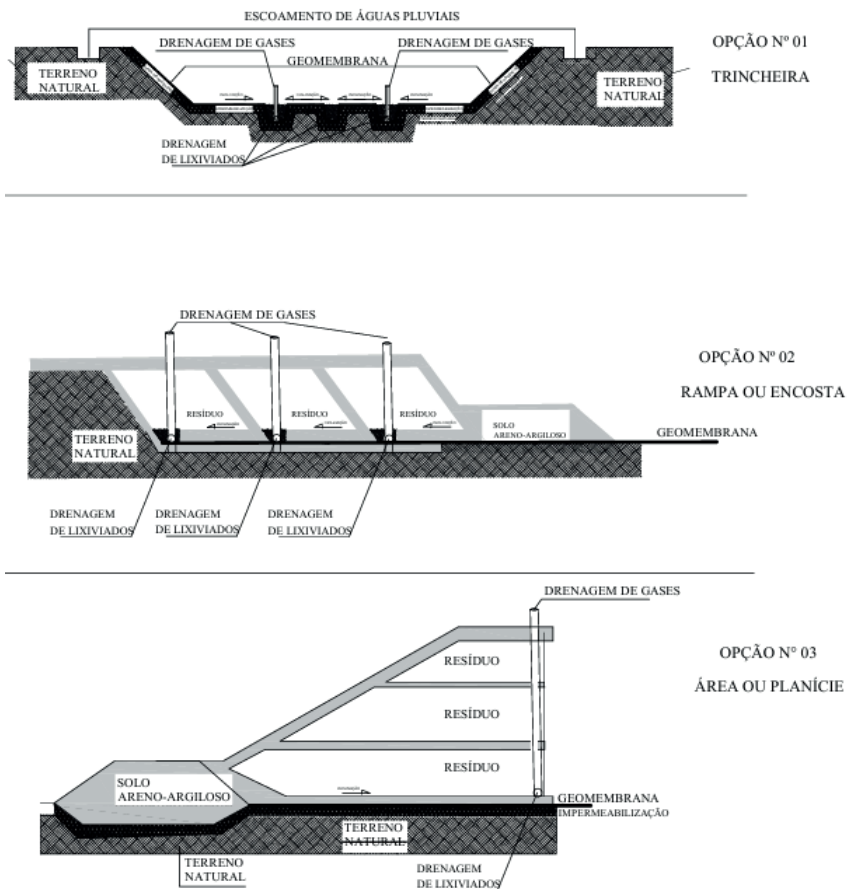
A NBR 8.419/1992 estabelece como partes constituintes do Projeto Executivo, obrigatoriamente: memorial descritivo, memorial técnico, cronograma de execução, estimativas de custos, desenhos e eventuais anexos.

O Projeto Executivo de Aterro Sanitário/Rejeitos, em si, depende de uma série de fatores específicos, como carga suportada, drenagem adequada e integridade estrutural, que variam consoante às características do local onde este será inserido. No entanto, este documento representa uma base sólida para o desenvolvimento subsequente do projeto modelo básico, o projeto executivo, que detalha todos os aspectos técnicos e construtivos da edificação.

Este produto apresentado aqui auxilia, sobremaneira, a decisão do gestor municipal ou do Consórcio Público na escolha do modelo de projeto arquitetônico, por meio da concepção global da instalação, com estimativa de área, contendo pré-dimensionamentos nas diversas áreas operacionais e sua articulação espacial; também com a definição das características construtivas importantes para a edificação “Aterro Sanitário/Rejeitos”, observando-se as normas técnicas, entre estas: a NBR 8.419/1992 - Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos- Procedimento.

Conforme dito anteriormente são indicados três modelos de Projeto Modelo Básico de Aterro Sanitário/ Rejeitos: Trincheira, Rampa e Área, cuja Figura 27 (p.71) traz alguns detalhes.





Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

Figura 27 - Detalhes dos Modelos do Projeto Arquitetônico de Aterros Sanitários/Rejeitos

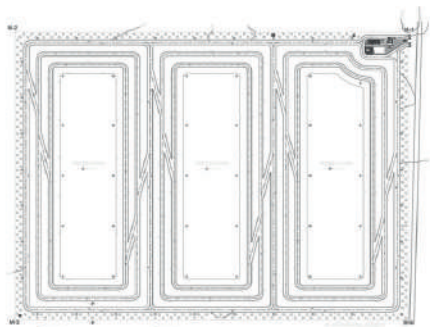
A Figura 28 (p. 73) mostra exemplo de como deve ser feito o dimensionamento da célula de resíduos. Uma célula de resíduos pode ser representada por uma figura prismática definida pelas dimensões: comprimento, largura e altura. O comprimento (L) é denominado de avanço da célula, a largura (b) é a frente de trabalho e (h) é altura da célula.

No Apêndice (p.90), estão disponibilizadas as plantas gráficas listadas a seguir, visando nortear os gestores quanto ao atendimento das normas técnicas para uma obra dessa magnitude, e de tamanha importância social e ambiental, permitindo seus desdobramentos conforme estudos específicos e especificidade de cada área.

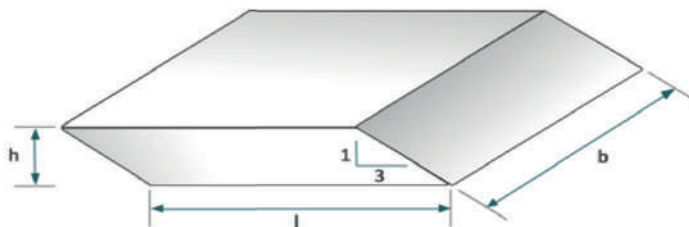
- 01. Modelo de Planta Baixa de Aterro: Trincheira
- 02. Modelo de Cortes: Tipos de Aterros
- 03. Modelo de Detalhamento de Acesso e Inclinação de Talude
- 04. Modelo de Planta Baixa de Aterro: Rampa ou Encosta
- 05. Modelo de Planta Baixa de Aterro: Área ou Planície
- 06. Modelo de Planta Baixa de Aterro: Área Administrativa e Detalhamentos

Uma célula de resíduos pode ser representada por uma figura prismática definida pelas dimensões: comprimento, largura e altura

O comprimento (L) é denominado de avanço da célula; a largura (b) é a frente de trabalho e (h) é altura da célula.



DIMENSIONAMENTO DAS CÉLULAS



As trincheiras variam de 30m a 120m de comprimento por 4,5m a 7,5m de largura e 1,20m a 1,80m de profundidade. O comprimento é função da quantidade de resíduos a ser disposta em determinado período de tempo (geralmente três meses).

As trincheiras podem ser executadas na forma retangular ou trapezoidal, com taludes cuja inclinação depende das características de estabilidade do solo.

Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

Figura 28 - Dimensionamento das células de resíduos (exemplificação)

GALERIA DE FOTOS



Fonte: Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente, 2024.

4. Estratégias e infraestrutura mínima para implantação de Aterro Sanitário/ Rejeitos

Os estudos para implantação efetiva de um Aterros Sanitários/Rejeitos, após a escolha do terreno pelo município ou pelo Consórcio Público, deverão contemplar:

- A caracterização topográfica detalhada do local escolhido;
- A análise de impactos ambientais, caso o órgão ambiental licenciador assim solicitar, para avaliar os possíveis efeitos do empreendimento sobre o meio ambiente e a comunidade circundante; observando-se toda a legislação ambiental pertinente;
- O projeto de fundações para suportar as estruturas do empreendimento;
- O projeto das redes de água, de esgoto, de eletricidade e de telecomunicações necessárias para o funcionamento do empreendimento;
- O projeto detalhado dos processos de aproveitamento energético dos resíduos/rejeitos, incluindo equipamentos, tubulações e sistemas de controle;
- O projeto dos sistemas de tratamento de efluentes gerados pelo empreendimento;

- O projeto dos sistemas de drenagem dos biogases;
- O projeto dos sistemas de controle de poeira e de odores para atender aos regulamentos ambientais;
- O projeto de sistemas de segurança, incluindo detecção de incêndio, sistemas de supressão de incêndio e planos de evacuação;
- A elaboração de um orçamento detalhado e cronograma de execução do projeto;
- A preparação de documentos técnicos, incluindo desenhos, especificações e relatórios de projeto;
- O teste e comissionamento de todos os sistemas para garantir o seu funcionamento conforme o esperado;
- O estabelecimento de planos de operação e manutenção de longo prazo para garantir o funcionamento contínuo do empreendimento;
- A implementação de programas de monitoramento contínuo para avaliar o desempenho do empreendimento, em conformidade com os regulamentos.

4.1. Contexto de planejamento do Projeto Executivo de Aterro Sanitário/Rejeitos

No sentido de viabilizar o projeto executivo de Aterro Sanitário/Rejeitos, o programa de necessidades deve ser abrangente e levar em consideração as diferentes funções e áreas necessárias para a sua operação eficiente e segura.

A seguir, está o programa de necessidades para o referido equipamento, desenvolvido com base na NBR 8419/92 e da NBR 10004:2004, da ABNT:

4.1.1. Programa de Necessidades para o Projeto Executivo de Aterro Sanitário/Rejeitos

1. Áreas de Descarga e Recebimento

- Plataformas de descarga para caminhões de coleta de resíduos.
- Balança para pesagem de veículos de resíduos.
- Área para inspeção de resíduos e triagem inicial.
- Área de estacionamento para veículos de coleta.



2. Zona de Tratamento e Processamento de Resíduos

- Células de aterramento (áreas de deposição dos resíduos).
- Equipamento de compactação e nivelamento de resíduos.
- Sistemas de drenagem de líquidos percolados (lixiviados) e controle de gases.
- Sistemas de cobertura e impermeabilização de células.

3. Controle Ambiental e Monitoramento

- Estações de monitoramento de qualidade do ar.
- Sistemas de controle de odores.
- Estações de monitoramento de qualidade da água, incluindo amostragem de lixiviados.
- Sistemas de captação e tratamento de lixiviados (percolados).
- Sistema de drenagem de águas pluviais.
- Sistema de drenagem dos biogases.
- Instalações de contenção de líquidos e resíduos.

4. Infraestrutura de Segurança e Controle

- Portaria de acesso controlado.
- Cercas de segurança e sinalização.
- Postos de segurança e salas de controle de acesso.

5. Administração e Áreas de Apoio

- Edifício administrativo.
- Sala de reuniões e treinamento.
- Vestiários e áreas de descanso para funcionários.
- Refeitório.
- Escritórios para equipe técnica e de gestão.
- Sala de controle e monitoramento de operações.

6. Manutenção e Armazenamento

- Oficina de manutenção de veículos e equipamentos.
- Armazéns para peças de reposição e suprimentos.
- Áreas de estacionamento para veículos e equipamentos.

7. Educação e Conscientização Ambiental

- Centro de visitantes e educação ambiental.
- Trilhas e áreas de observação da natureza (se aplicável).

8. Instalações para Resíduos Especiais

- Áreas de segregação e armazenamento de resíduos especiais, como produtos químicos perigosos ou eletrônicos.

9. Tratamento de Efluentes

- Estações de tratamento de efluentes, quando necessário para tratar águas residuais geradas nas operações.
- Recirculação de chorume utilizada quando o balanço hídrico for negativo na maioria dos meses do ano.

Glossário

Disposição final ambientalmente adequada: distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

Estudo de concepção: estudo preliminar, é uma etapa inicial e crucial em projetos de engenharia e arquitetura. Ele envolve a análise detalhada das necessidades do projeto, restrições, objetivos e viabilidade técnica e econômica.

Diagrama de Decisão: Um diagrama em árvore de decisão é uma ferramenta visual que ajuda empresas e indivíduos a fazer escolhas, visualizando possíveis resultados e consequências.

Sirgas 2000: Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), realizado no ano de 2000 (SIRGAS2000), referente ao sistema geodésico de referência ao posicionamento no território nacional, necessário para o desenvolvimento das atividades geodésicas e de cartografia nacional.

Áreas de Preservação Permanente: 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.

Unidade de conservação: espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção;

Área de Proteção Ambiental - APA: É definida como uma extensa área natural, com um certo nível de ocupação humana, que garante a proteção e conservação de atributos bióticos, abióticos, estéticos ou culturais importantes para a qualidade de vida da população.

Projeto Executivo: é um documento que antecede uma construção. Representa a materialização detalhada das ideias e conceitos desenvolvidos nas etapas anteriores, como estudo preliminar e anteprojeto, servindo como referência para a execução da obra.

Projeto Arquitetônico: O projeto arquitetônico é o esboço do projeto, essencial para qualquer edificação. Ele é definido como a materialização de uma ideia ou do espaço imaginado pelo arquiteto. Com o projeto arquitetônico é possível verificar a melhor maneira de atender as necessidades de um potencial cliente ou até mesmo poder prever e/ou solucionar os problemas que podem surgir durante o processo.

Programa de Necessidades: O Programa de Necessidades é um documento que descreve detalhadamente as necessidades e requisitos de um projeto arquitetônico ou de engenharia. Ele é desenvolvido a partir de discussões com o cliente e serve como base para o desenvolvimento do projeto.

Referências

ALECE – Assembleia Legislativa do Estado do Ceará. **Plano estratégico de saneamento básico do Ceará**. Fortaleza: ALECE, 2022.

BARDHAN, Biswadwip; GOEL, Sudha; HAZRA, Tumpa; RANJAN, Ved Prakash. Forecasting Solid Waste Generation Rates. **Springer Science+Business** Media Singapore. 2017.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 2007.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 2010.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 2020.

CINELLI, M.; COLES, S. R.; KIRWAN, K. Analysis of the potentials of multi criteria decision analysis methods to conduct sustainability assessment. **Ecological Indicators**, v. 46, p. 138-148, 1 nov. 2014.

COLVERO, D. A. et al. Use of a geographic information system to find areas for locating of municipal solid waste management facilities. **Waste Management**. v.77, p. 500-515, 2018.

FADE - Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal de Pernambuco. **Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão**. Recife: FADE, 2013.

LOURENÇO, Roberto Wagner; SILVA, Darllan Collins da Cunha; SALES, Jomil Costa Abreu; MEDEIROS, Gerson Araújo de; OTERO, Rafael Arosa Prol. **Ciência e Natura**, v. 37 n. 4, 2015, p. 122-140.

McHARG, Ian L. **Design with Nature**. New York: Doubleday/Natural History Press, 1969.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Elaboração projetos de engenharia e estudos ambientais de obras e serviços de infraestrutura de sistemas integrados de destinação final de resíduos sólidos**. Brasília: Ministério das Cidades, 2011.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **Nota Técnica SEI nº 57038/2022/ME** - Oportunidades e desafios para o aproveitamento de resíduos sólidos urbanos via consórcios regionais. Brasília: Ministério da Economia, 2022.

SPINOLA, G. M. R.; ANDRADE, P. R. DE; NASCIMENTO, V. F. **Caracterização e dimensionamento de Aterros Sanitários para Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil e nos municípios paulistas**. São Paulo: UNESP, 1 jul. 2017.

ANEXO I

Normas internacionais

ISO 14001 - Sistema de Gestão Ambiental: Esta é uma norma internacional que estabelece diretrizes para a gestão ambiental em organizações. Embora não seja específica para aterros de rejeitos, pode ser relevante no contexto de gerenciamento de impactos ambientais.

Normas ASTM D: A ASTM Internacional publica várias normas relacionadas à engenharia geotécnica e ao gerenciamento de resíduos. Alguns exemplos incluem a ASTM D5241 para projeto de aterros sanitários e a ASTM D698 para ensaios de compactação de solo.

Normas de segurança ocupacional: Certas normas de segurança ocupacional, como as emitidas pela OSHA (Occupational Safety and Health Administration) nos Estados Unidos, podem ser aplicáveis em locais de aterros de rejeitos.

Diretivas da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA): Para projetos de aterros nos Estados Unidos, a EPA emite diretrizes e regulamentos específicos que devem ser seguidos.

Normas nacionais

Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal nº 12.305/2010): estabelece diretrizes gerais para a gestão de resíduos sólidos, regulamenta a gestão de resíduos sólidos no Brasil, estabelecendo diretrizes para a coleta, tratamento, disposição final e responsabilidade compartilhada.

Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981): Estabelece os princípios e diretrizes gerais para a proteção do meio ambiente, a regulação de atividades potencialmente poluidoras e a preservação dos recursos naturais.

Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/1998): Define os crimes ambientais e estabelece penalidades para atividades que causem danos ao meio ambiente.

Código Florestal (Lei nº 12.651/2012): Regula a proteção das florestas e áreas de preservação permanente, além de estabelecer regras para o uso da terra em propriedades rurais.

Política Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007): Essa lei inclui diretrizes específicas relacionadas à gestão dos resíduos sólidos no contexto do saneamento básico.

Decreto que regulamenta a PNRS (Decreto nº 7.404/2010): Este decreto regulamenta aspectos da PNRS e estabelece procedimentos para o gerenciamento adequado de resíduos sólidos.

Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA): O CONAMA emite resoluções específicas relacionadas à gestão de resíduos sólidos, como as que definem critérios para o licenciamento ambiental de aterros sanitários. Para este projeto, foram consideradas as seguintes resoluções:

Resolução CONAMA nº 307/2002: Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil.

Resolução CONAMA nº 358/2005: Define critérios para o tratamento e a disposição final de resíduos sólidos de serviços de saúde.

Resolução CONAMA nº 404/2008: Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.

Resolução CONAMA nº 431/2011: Dispõe sobre os critérios e padrões de qualidade do solo para preservação da saúde humana e do meio ambiente quanto à presença de substâncias químicas e contaminantes.

Resolução CONAMA nº 448/2012: Regulamenta a destinação de pneus inservíveis e estabelece a responsabilidade compartilhada entre os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de pneus.

Resolução CONAMA nº 469/2015: Estabelece diretrizes para a elaboração de planos de gerenciamento de resíduos sólidos de serviços de saúde.

Resolução CONAMA nº 481/2017: Define critérios para a classificação de resíduos de construção civil e dá diretrizes para o seu gerenciamento.

Resolução CONAMA nº 484/2017: Dispõe sobre as embalagens e resíduos de embalagens de agrotóxicos e afins, estabelecendo regras para a destinação adequada desses resíduos.

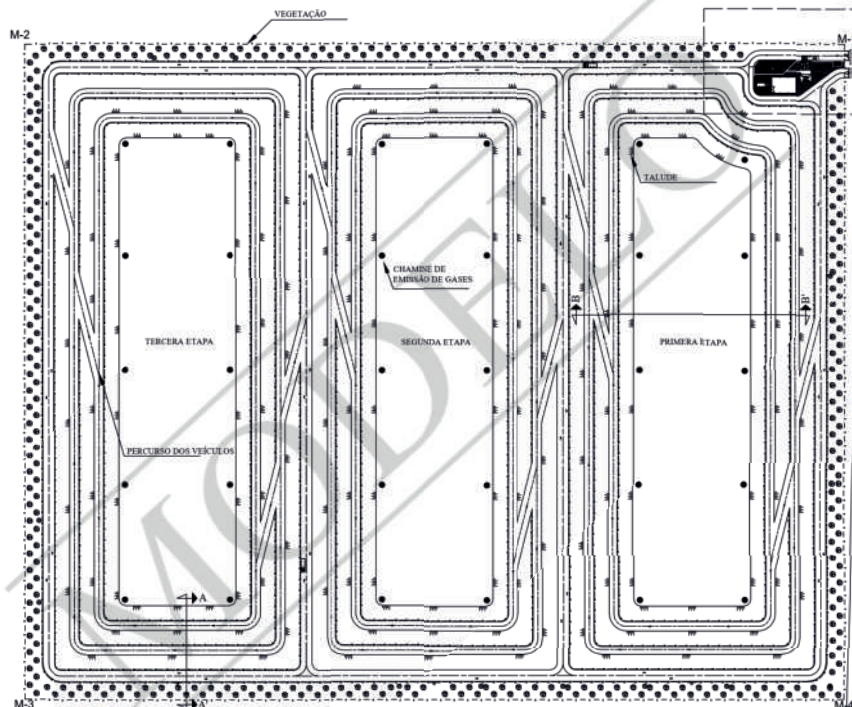
Resolução CONAMA nº 488/2018: Define critérios e padrões de qualidade do solo para a utilização agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento.

Normas da ABNT

ABNT NBR 8419 - Aterros sanitários de resíduos sólidos - Critérios para projeto, implantação e operação: Norma brasileira que estabelece os critérios para a construção e operação de aterros sanitários.

NBR 13.896 - Aterro de Resíduos não Perigosos – Critérios para Projetos, Implantação e Operação

APÊNDICE



MODELO DE PLANTA BAIXA ATERRO TRINCHEIRA
ESC 1:4

Todas as dimensões ilustrativas e modelos de projetos apresentados aqui são exemplos e encontram-se também protegidos por direitos autorais do projeto de pesquisa Estratégias de Gestão e Manejo de Resíduos Sólidos para o Estado do Ceará - EGE/MAES. Em caso de reprodução total ou parcial deve ser feita referência ao projeto. Sem esse cuidado, não autorizamos, pode acarretar penalidades legais.

DET B - VER NA PRANCHIA 05/05



MODELO - CORTE A-A TALUDE TRINCHEIRA
ESC 1:4

Todas as dimensões ilustrativas e modelos de projetos apresentados aqui são exemplos e encontram-se também protegidos por direitos autorais do projeto de pesquisa Estratégias de Gestão e Manejo de Resíduos Sólidos para o Estado do Ceará - EGE/MAES. Em caso de reprodução total ou parcial deve ser feita referência ao projeto. Sem esse cuidado, não autorizamos, pode acarretar penalidades legais.



MODELO - CORTE B-B DRENAGEM TRINCHEIRA
ESC 1:4

Todas as dimensões ilustrativas e modelos de projetos apresentados aqui são exemplos e encontram-se também protegidos por direitos autorais do projeto de pesquisa Estratégias de Gestão e Manejo de Resíduos Sólidos para o Estado do Ceará - EGE/MAES. Em caso de reprodução total ou parcial deve ser feita referência ao projeto. Sem esse cuidado, não autorizamos, pode acarretar penalidades legais.

CONSIDERAÇÕES

- As dimensões indicadas entre os elementos de layout são parâmetros de referência para a adaptação do projeto aos terrenos disponíveis nos municípios.
- A dimensão da trincheira é função da quantidade de resíduos a ser disposta em determinado período de tempo (geralmente três meses).
- As trincheiras podem ser executadas em formatos variados, sendo mais comuns as formas retangulares e trapezoidais com taludes cuja inclinação depende das características de estabilidade do solo.
- Para o dimensionamento da trincheira deve ser considerada a razão do volume total pela altura para definir a área necessária para o acondicionamento do resíduo e cobertura de terra.

NORMAS DE REFERÊNCIA

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15849: Resíduos sólidos urbanos - Aterros sanitários de pequeno porte - Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

PROJETO ESTRATÉGIAS DE GESTÃO E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA O ESTADO DO CEARÁ

MODELO DE PROJETO ARQUITETÔNICO BÁSICO PARA ATERRO SANITÁRIO/ RESÍDUOS

MODELO DE PLANTA BAIXA ATERRO DE TRINCHEIRA

01/106

MODELO - CORTE PADRÃO PARA ATERRO DE TRINCHEIRA

ESC 1/6

Todos os desenhos ilustrativos e modelos de projetos apresentados aqui são exemplos e encontram-se também protegidos por direitos autorais do projeto de pesquisa Estratégia de Gestão e Manejo de Resíduos Sólidos para o Estado do Ceará - EGEMARES. Em caso de reprodução total ou parcial desse conteúdo deverá ser feita referência ao projeto. Sem uso indevido, sem autorização, pode acatar providências legais.

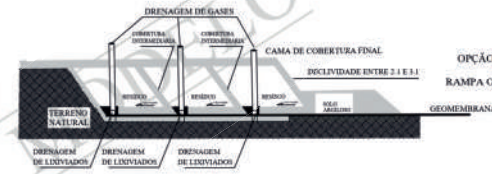


OPÇÃO Nº 01
TRINCHEIRA

MODELO - CORTE PADRÃO PARA ATERRO DE RAMPA

ESC 1/6

Todos os desenhos ilustrativos e modelos de projetos apresentados aqui são exemplos e encontram-se também protegidos por direitos autorais do projeto de pesquisa Estratégia de Gestão e Manejo de Resíduos Sólidos para o Estado do Ceará - EGEMARES. Em caso de reprodução total ou parcial desse conteúdo deverá ser feita referência ao projeto. Sem uso indevido, sem autorização, pode acatar providências legais.

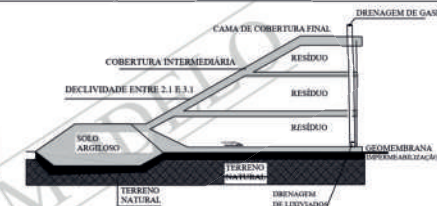


OPÇÃO Nº 02
RAMPA OU ENCOSTA

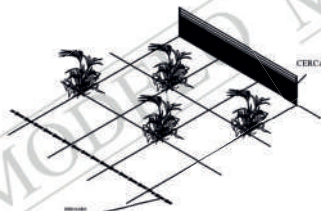
MODELO CORTE PADRÃO PARA ATERRO DE ÁREA OU PLANÍCIE

ESC 1/6

Todos os desenhos ilustrativos e modelos de projetos apresentados aqui são exemplos e encontram-se também protegidos por direitos autorais do projeto de pesquisa Estratégia de Gestão e Manejo de Resíduos Sólidos para o Estado do Ceará - EGEMARES. Em caso de reprodução total ou parcial desse conteúdo deverá ser feita referência ao projeto. Sem uso indevido, sem autorização, pode acatar providências legais.



OPÇÃO Nº 03
ÁREA OU PLANÍCIE



MODELO - ISOMÉTRICO DA FAIXA DE AMORTECIMENTO

ESC 1/6

Todos os desenhos ilustrativos e modelos de projetos apresentados aqui são exemplos e encontram-se também protegidos por direitos autorais do projeto de pesquisa Estratégia de Gestão e Manejo de Resíduos Sólidos para o Estado do Ceará - EGEMARES. Em caso de reprodução total ou parcial desse conteúdo deverá ser feita referência ao projeto. Sem uso indevido, sem autorização, pode acatar providências legais.



MODELO - DETALHE "A" FAIXA DE AMORTECIMENTO

ESC 1/6

Todos os desenhos ilustrativos e modelos de projetos apresentados aqui são exemplos e encontram-se também protegidos por direitos autorais do projeto de pesquisa Estratégia de Gestão e Manejo de Resíduos Sólidos para o Estado do Ceará - EGEMARES. Em caso de reprodução total ou parcial desse conteúdo deverá ser feita referência ao projeto. Sem uso indevido, sem autorização, pode acatar providências legais.

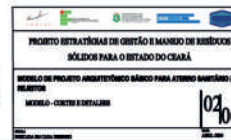
CONSIDERAÇÕES

- As dimensões indicadas entre os elementos de layout são parâmetros de referência para a adaptação do projeto aos terrenos disponíveis nos municípios.
- A dimensão da trincheira é função da quantidade de resíduos a ser disposta em determinado período de tempo (geralmente três meses).
- As trincheiras podem ser executadas em formatos variados, sendo mais comuns as formas retangulares e trapezoidais com taludes cuja inclinação depende das características de estabilidade do solo.
- Para o dimensionamento da trincheira deve ser considerada a razão do volume total pela altura para definir a área necessária para o acondicionamento do resíduo e cobertura de terra.

NORMAS DE REFERÊNCIA

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15849: Resíduos sólidos urbanos - Aterros sanitários de pequeno porte - Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.





MODELO - DETALHE INCLINAÇÃO DE TALUDE

ESC 1:1

Todos os desenhos ilustrativos e modelos de projetos apresentados aqui são exemplos e encontram-se também protegidos por direitos autorais do projeto de pesquisa Estratégias de Gestão e Manejo de Resíduos Sólidos para o Estado do Ceará - EGEIMARES. Em caso de reprodução total ou parcial desse conteúdo deverá ser feita referência ao projeto. Sem uso indevido, sem autorização, pode manter providências legais.



MODELO - DETALHE VIA DE ACESSO

ESC 1:1

Todos os desenhos ilustrativos e modelos de projetos apresentados aqui são exemplos e encontram-se também protegidos por direitos autorais do projeto de pesquisa Estratégias de Gestão e Manejo de Resíduos Sólidos para o Estado do Ceará - EGEIMARES. Em caso de reprodução total ou parcial desse conteúdo deverá ser feita referência ao projeto. Sem uso indevido, sem autorização, pode manter providências legais.

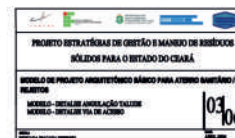
CONSIDERAÇÕES

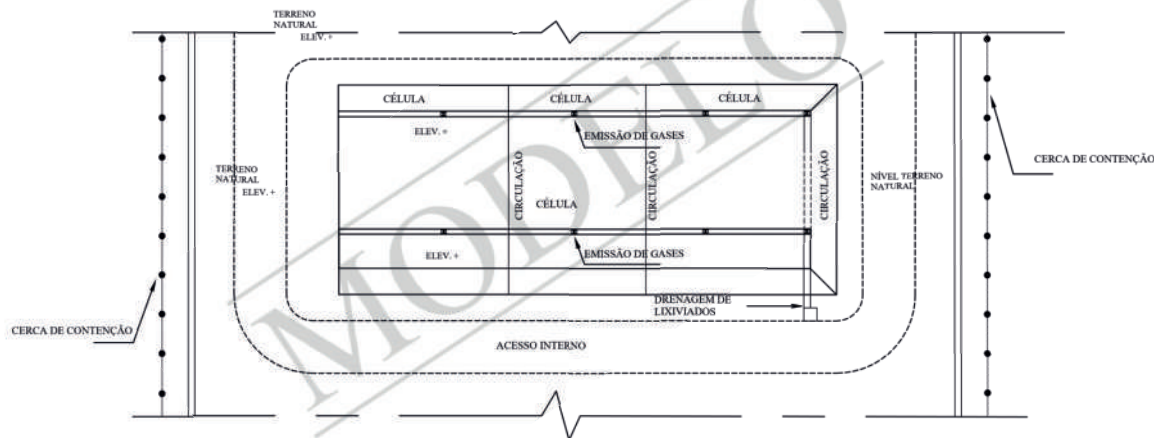
- As dimensões indicadas entre os elementos de layout são parâmetros de referência para a adaptação do projeto aos terrenos disponíveis aos municípios.
- A dimensão da trincheira é função da quantidade de resíduos a ser disposta em determinado período de tempo (geralmente três meses).
- As trincheiras podem ser executadas em formatos variados, sendo mais comuns as formas retangulares e trapezoidais com taludes cuja inclinação depende das características de estabilidade do solo.
- Para o dimensionamento da trincheira deve ser considerada a razão do volume total pela altura para definir a área necessária para o acondicionamento do resíduo e cobertura de terra.

NORMAS DE REFERÊNCIA

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15849: Resíduos sólidos urbanos - Aterros sanitários de pequeno porte - Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.





MODELO DE PLANTA BAIXA
ATERRO DE RAMPA

ESC 1/50

Todos os desenhos ilustrativos e modelos de projetos apresentados aqui são exemplos e encontram-se também protegidos por direitos autorais do projeto de pesquisa Estratégia de Gestão e Manejo de Resíduos Sólidos para o Estado do Ceará - EGEMARES. Em caso de reprodução total ou parcial desse conteúdo deverá ser feita referência ao projeto. Sem uso indevido, sem autorização, pode acarretar providências legais.



MODELO - CORTE LONGITUDINAL
ATERRO DE RAMPA

ESC 1/50

Todos os desenhos ilustrativos e modelos de projetos apresentados aqui são exemplos e encontram-se também protegidos por direitos autorais do projeto de pesquisa Estratégia de Gestão e Manejo de Resíduos Sólidos para o Estado do Ceará - EGEMARES. Em caso de reprodução total ou parcial desse conteúdo deverá ser feita referência ao projeto. Sem uso indevido, sem autorização, pode acarretar providências legais.

CONSIDERAÇÕES

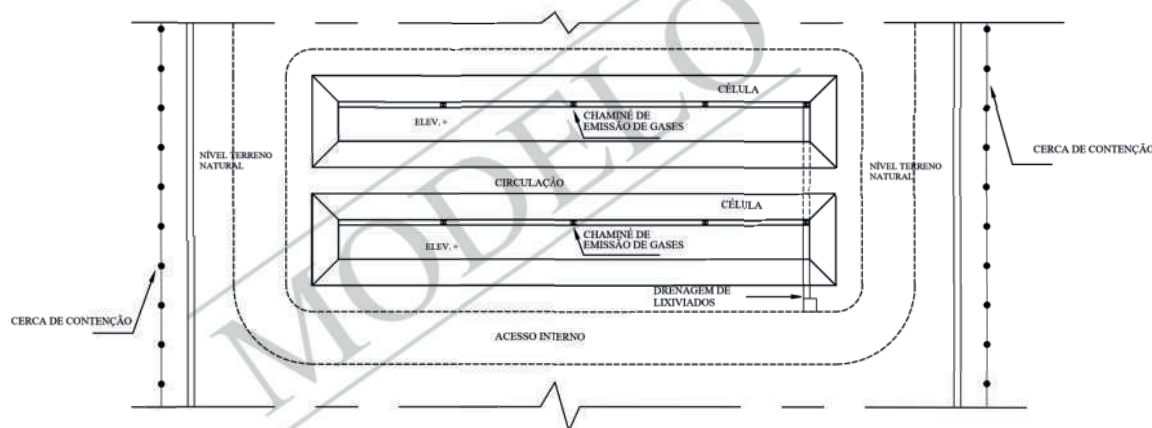
- As dimensões indicadas entre os elementos de layout são parâmetros de referência para a adaptação do projeto aos terrenos disponíveis nos municípios.
- A dimensão da trincheira é função da quantidade de resíduos a ser disposta em determinado período de tempo (geralmente três meses).
- As trincheiras podem ser executadas em formatos variados, sendo mais comuns as formas retangulares e trapezoidais com taludes cuja inclinação depende das características de estabilidade do solo.
- Para o dimensionamento da trincheira deve ser considerada a razão do volume total pela altura para definir a área necessária para o acondicionamento do resíduo e cobertura de terra.

NORMAS DE REFERÊNCIA

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15849: Resíduos sólidos urbanos - Aterros sanitários de pequeno porte - Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

PROJETO ESTRATÉGIA DE GESTÃO E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA O ESTADO DO CEARÁ	
MODELO DE PROJETO ARQUITETÔNICO BÁSICO PARA ATERRO SANITÁRIO / RESÍDUOS	
MODELO DE PLANTA BAIXA ATERRO DE RAMPA MODELO - CORTE LONGITUDINAL ATERRO DE RAMPA	
04/06	93



MODELO DE PLANTA BAIXA ATERRO DE ÁREA
ESC 1:10

Todos os desenhos ilustrativos e modelos de projetos apresentados aqui são exemplos e encontram-se também protegidos por direitos autorais do projeto de pesquisa Estratégias de Gestão e Manejo de Resíduos Sólidos para o Estado do Ceará - EGEIMARES. Em caso de reprodução total ou parcial, desde que contida, deverá ser feita referência ao projeto. Sem isso, qualquer uso, sem autorização, pode acarretar penalidades legais.



MODELO - CORTE LONGITUDINAL ATERRO DE ÁREA
ESC 1:10

Todos os desenhos ilustrativos e modelos de projetos apresentados aqui são exemplos e encontram-se também protegidos por direitos autorais do projeto de pesquisa Estratégias de Gestão e Manejo de Resíduos Sólidos para o Estado do Ceará - EGEIMARES. Em caso de reprodução total ou parcial, desde que contida, deverá ser feita referência ao projeto. Sem isso, qualquer uso, sem autorização, pode acarretar penalidades legais.

CONSIDERAÇÕES

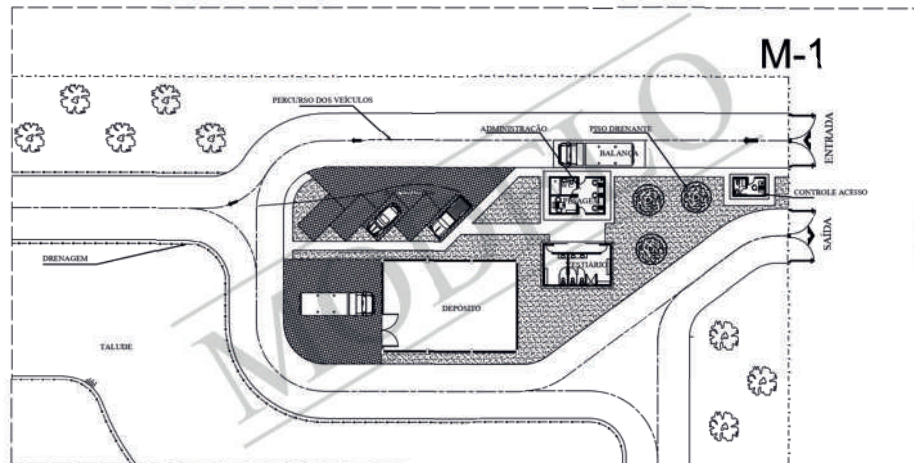
- As dimensões indicadas entre os elementos de layout são parâmetros de referência para a adaptação do projeto aos terrenos disponíveis nos municípios.
- A dimensão da trincheira é função da quantidade de resíduos a ser disposta em determinado período de tempo (geralmente três meses).
- As trincheiras podem ser executadas em formatos variados, sendo mais comuns as formas retangulares e trapezoidais com taludes cuja inclinação depende das características de estabilidade do solo.
- Para o dimensionamento da trincheira deve ser considerada a razão do volume total pela altura para definir a área necessária para o acondicionamento do resíduo e cobertura de terra.

NORMAS DE REFERÊNCIA

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15849: Resíduos sólidos urbanos - Aterros sanitários de pequeno porte - Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.





MODELO DET 01 - ACESSO E ADMINISTRAÇÃO

ESC s/e

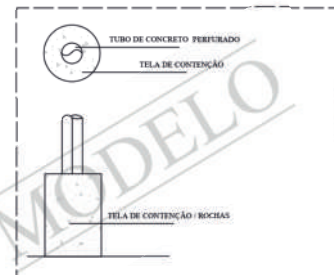
Todos os desenhos ilustrativos e modelos de projetos apresentados aqui são exemplos e não devem ser utilizados para fins de referência. Os projetos devem ser elaborados de acordo com as normas técnicas e as especificações do Estado do Ceará - SECRETARIA DE GESTÃO E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS para o Estado do Ceará - SGMARS. Em caso de reprodução total ou parcial deve constar devida referência ao projeto. Sem sua autorização, não autorizamos, pode ocorrer penalização legal.



MODELO - CORTES ESQUEMÁTICO DAS CÉLULAS - ATERRO SANITÁRIO/ REJEITOS TRINCHEIRA

ESC s/e UNID. METRO

Todos os desenhos ilustrativos e modelos de projetos apresentados aqui são exemplos e não devem ser utilizados para fins de referência. Os projetos devem ser elaborados de acordo com as normas técnicas e as especificações do Estado do Ceará - SECRETARIA DE GESTÃO E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS para o Estado do Ceará - SGMARS. Em caso de reprodução total ou parcial deve constar devida referência ao projeto. Sem sua autorização, não autorizamos, pode ocorrer penalização legal.



MODELO - ESQUEMA GRÁFICO DOS ELEMENTOS QUE COMPOEM SISTEMA DE CAPTAÇÃO PASSIVO

ESC s/e

Todos os desenhos ilustrativos e modelos de projetos apresentados aqui são exemplos e não devem ser utilizados para fins de referência. Os projetos devem ser elaborados de acordo com as normas técnicas e as especificações do Estado do Ceará - SECRETARIA DE GESTÃO E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS para o Estado do Ceará - SGMARS. Em caso de reprodução total ou parcial deve constar devida referência ao projeto. Sem sua autorização, não autorizamos, pode ocorrer penalização legal.

CONSIDERAÇÕES

- As dimensões indicadas entre os elementos de layout são parâmetros de referência para a adaptação do projeto aos terrenos disponíveis nos municípios.
- A dimensão da trincheira é função da quantidade de resíduos a ser disposto em determinado período de tempo (geralmente três meses).
- As trincheiras podem ser executadas em formatos variados, sendo mais comuns as formas retangulares e trapezoidais com taludes cuja inclinação depende das características de estabilidade do solo.
- Para o dimensionamento da trincheira deve ser considerada a razão do volume total pela altura para definir a área necessária para o acondicionamento do resíduo e cobertura de terra.

NORMAS DE REFERÊNCIA

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15849: Resíduos sólidos urbanos - Aterros sanitários de pequeno porte - Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

PROJETO DE ATERRO SANITÁRIO DE CÉLULAS E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA O ESTADO DO CEARÁ	
MODELO DE PROJETO ANATOMOGRÁFICO BÁSICO PARA ATERRO SANITÁRIO	
MODELO - DETALHADO COMPLEMENTAR	
104106	95

Esse conteúdo
também está
disponível em
formato digital



Editoração, Identidade Visual e Impressão: CN Gráfica

Diagramação: Uill Rodrigues

Ajustes e correções: Beatriz Ferreira e Gabriel Lopes

Revisão: Inspiratto Comunicação



**SECRETARIA DO
MEIO AMBIENTE
E MUDANÇA DO CLIMA**
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ