



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DA PARAÍBA
DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO DE ENSINO
COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO *LATO SENSU* EM
GESTÃO DOS RECURSOS AMBIENTAIS DO SEMIÁRIDO

AMANDA PAIVA FARIAS

**EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM ÁREA
DE ATERRO SANITÁRIO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

PICUÍ – PB
2023

Dados Internacionais de Catalogação
Biblioteca – IFPB, Campus Guarabira

F224e Farias, Amanda Paiva.

Evolução espaço-temporal do uso e ocupação do solo em área de aterro sanitário no semiárido brasileira. / Amanda Paiva Farias. – Picuí, 2023.

34 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização - Gestão em Recursos Ambientais do Semiárido – GRAS) – Instituto Federal de Educação Tecnológica da Paraíba, IFPB – Campus Picuí/Coordenação de Pós Graduação em Gestão dos Recursos Ambientais do Semiárido, 2023.

Orientador: Dra Lidianne Cristina Felix Gomes.

1. Resíduos Sólidos. 2. Aterros sanitários. 3. Solo – uso e ocupação. I. Título.

CDU 628.4

Elaborada por Alini Casimiro Brandão – CRB 000701

AMANDA PAIVA FARIAS

**EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM ÁREA
DE ATERRO SANITÁRIO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Pós-Graduação em Gestão de Recursos do Semiárido, modalidade *lato sensu*, do Instituto Federal da Paraíba – Campus Picuí, em cumprimento às exigências parciais para a obtenção do título de Especialista.

ORIENTADORA: DRA. LIDIANE CRISTINA FELIX GOMES

**PICUÍ – PB
2023**

AMANDA PAIVA FARIAS

**EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM ÁREA
DE ATERRO SANITÁRIO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Pós-Graduação em Gestão de Recursos do Semiárido, modalidade *lato sensu*, do Instituto Federal da Paraíba – Campus Picuí, em cumprimento às exigências parciais para a obtenção do título de Especialista.

Aprovada em 11 / 04 / 2023

Banca Examinadora

Profa. Dra. Lidiane Cristina Felix Gomes
Orientadora – IFPB

Prof. Me. João Paulo Formiga de Meneses
Coorientador - IFPB

Prof. Me. Mário Henrique Medeiros Cavalcante de Araújo
Membro interno - IFPB

Dra. Glauciene Justino Ferreira da Silva
Membro externo
Pesquisadora no Laboratório de Estudos do Semiárido (LAESA) - UFPB

Dedico a Deus, por tantas graças concedidas. Ao meu esposo Cláudio, aos meus pais Jordânia e Geraldo, às minhas irmãs Ana Carolina e Beatriz por todo apoio, carinho e compreensão nessa jornada. Dedico a vocês por todo amor que nos envolve e nos mantém unidos de alguma forma. Sem vocês não teria chegado até aqui!

AGRADECIMENTOS

Ao meu Pai Celestial pelo dom da vida, e por ter me proporcionado esta oportunidade ímpar, que tanto me ajudou e me fez crescer tanto na vida profissional quanto pessoa. Por todos os momentos vividos dou graças a Ele;

Agradeço à minha família. Especialmente ao meu amado esposo Cláudio, por me incentivar desde a inscrição, sem medir esforço pela busca constante do nosso crescimento e futuro, e por acreditar que venceria mais uma etapa na minha vida. Aos meus pais Jordânia e Geraldo, e as minha irmãs Ana Carolina e Beatriz, que sempre me deram total suporte e incentivo. Obrigada pela paciência, compreensão, carinho, amor e por acreditarem em mim, mesmo diante de tantas dificuldades, incertezas e mudanças nas nossas vidas;

À minha orientadora, Prof. Dr. Lidiane, pela orientação, partilha de conhecimentos, paciência e compreensão, além da confiança depositada para a realização deste trabalho;

Aos amigos e colegas de turma, que partilharam conhecimentos, angústias e vitórias todas as quartas-feiras ao longo dessa Especialização;

A banca examinadora por aceitarem o convite, por todas as sugestões, contribuições e ensinamentos.

Aos docentes da Pós-Graduação *Lato Sensu* em Gestão de Recursos Ambientais do Semiárido, do IFPB *campus* Picuí, que estiveram dispostos a compartilhar os seus conhecimentos, mesmo diante das adaptações e dificuldades enfrentadas em virtude da pandemia de COVID-19;

Ao IFPB por ofertar esta especialização que tem tanto a acrescentar na área profissional, especialmente por envolver profissionais de áreas multidisciplinares, que estimulam e favorecem a propagação do conhecimento em diversos campos de atuação da área ambiental.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para que eu concluísse mais uma etapa da minha vida e que depositaram em mim, forças para não desistir e permanecer buscando por mais conhecimento sempre.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

RESUMO

A expansão demográfica das áreas urbanas em virtude do aumento populacional tem gerado grandes impactos nas paisagens naturais através dos processos de substituição de áreas por diversos tipos de uso e ocupação do solo. Outro fator de grande impacto está relacionado a geração de resíduos sólidos e este cenário traz consequências e desafios quanto a gestão desses resíduos em relação à quantidade, à diversidade e principalmente a sua disposição final. Uma técnica economicamente viável e ambientalmente segura recomendada para a destinação final dos resíduos sólidos urbanos é a utilização de aterros sanitários. O aterro sanitário é uma obra de engenharia complexa, que sofre influência das condições climáticas na biodegradação dos resíduos sólidos e conseqüentemente na geração dos subprodutos. Estar localizado em uma região semiárida implica também em mudança de paisagem, que variam de acordo com períodos chuvosos e secos. Baseado neste contexto, este trabalho analisa a evolução espaço-temporal do uso e ocupação do solo em área de aterro sanitário localizado em região semiárida brasileira. Através da delimitação da área do Aterro Sanitário em Campina Grande, por meio de coordenadas georreferenciadas, e utilizando o *Google Earth Pro* para obter imagens deste aterro em diferentes anos e o *Qgis* para elaboração dos mapas, foi possível identificar, demarcar, calcular as áreas correspondentes à formação natural, área alterada ou construída e corpos hídricos para os anos em análises. Os resultados indicam um comportamento para os usos e ocupação do solo dentro da área de um aterro sanitário, mostrando um acréscimo de áreas construída ou alterada, na área total do Aterro Sanitário em Campina Grande ao longo dos anos, chegando a 36,22 % em 2022. O comportamento da formação natural e da área construída tendem a serem inversamente proporcionais entre si, enquanto a do corpo hídrico sofre forte influência das condições climáticas, em especial das baixas precipitações e elevadas taxas de evaporação. Através de imagens de satélite e programas de livre acesso foi possível verificar e avaliar a evolução espaço-temporal na área de implantação e operação de um aterro sanitário, auxiliando assim na gestão do empreendimento.

Palavras-chave: Aterro sanitário; Semiárido; Uso e ocupação do solo; Área alterada; Formação natural.

ABSTRACT

The demographic expansion of urban areas due to population increase has generated significant impacts on natural landscapes through the processes of replacing areas with various types of land use and occupation. Another factor of great impact is related to the generation of solid waste and this scenario brings consequences and challenges regarding the management of these wastes in relation to the quantity, diversity and especially its final disposal. An economically viable and environmentally safe technique recommended for the final disposal of urban solid waste is the use of landfills. The landfill is a complex engineering work, which is influenced by climatic conditions in the biodegradation of solid waste and consequently in the generation of by-products. Being located in a semi-arid region also implies changes in the landscape, which vary according to rainy and dry periods. Based on this context, this work analyzes the spatio-temporal evolution for the use and occupation of the soil within the area of a landfill located in a Brazilian semi-arid region. Through the delimitation of the Landfill in Campina Grande, through georeferenced coordinates, and using *Google Earth Pro* to obtain images of this landfill in different years, and *Qgis* for the elaboration of maps, it was possible to identify, demarcated and calculate the areas corresponding to natural formation, altered or constructed areas, and water bodies for the years in analysis. The results indicate an expected behavior for the use and occupation of the soil within the area of a landfill. The total area of the Campina Grande Landfill showed an increase in constructed or altered areas over the years, reaching 36.22% in 2022. The behavior of natural formation and altered or constructed areas tend to be inversely proportional to each other, while that of water bodies is strongly influenced by weather conditions, especially low precipitation and high evaporation rates. Proving that through satellite images and free access programs it was possible to verify and evaluate the space-time evolution in the area of implementation and operation of a landfill, assisting in the management of the enterprise.

Keywords: Landfill; Semi-arid; Land use and occupation; Altered or constructed area; Natural formation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Localização do Aterro Sanitário em Campina Grande e dos municípios depositantes | 20 |
| Figura 2 – Fluxograma de atividades | 21 |
| Figura 3 – Série histórica de precipitação e evaporação em Campina Grande | 22 |
| Figura 4 - Área do ASCG em 2010 | 23 |
| Figura 5 - Área do ASCG em 2012 | 24 |
| Figura 6 - Área do ASCG em 2015 | 25 |
| Figura 7 - Área do ASCG em 2016 | 26 |
| Figura 8 - Área do ASCG em 2022 | 27 |
| Figura 9 – Ocupação e usos do solo do ASCG..... | 28 |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1 Objetivo..... | 13 |
| 1.1.1 Objetivo Geral | 13 |
| 1.1.2 Objetivos Específicos | 13 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 14 |
| 2.1 Semiárido brasileiro | 14 |
| 2.2 Aterro sanitário | 15 |
| 2.3 Geotecnologias e suas aplicações em Aterros Sanitários | 17 |
| 3 METODOLOGIA..... | 18 |
| 3.1 Caracterização do Aterro Sanitário | 19 |
| 3.1 Obtenção de Imagens | 20 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 22 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 29 |
| REFERÊNCIAS | 31 |

1 INTRODUÇÃO

As ações antrópicas têm gerado grandes impactos nas paisagens naturais através dos processos de substituição de áreas por diversos tipos de uso e ocupação do solo (COELHO *et al.*, 2014). Sobretudo, com o crescimento populacional e a expansão demográfica nas áreas urbanas tem como consequência uma maior utilização dos recursos naturais, a fim de atender essa sucessiva necessidade de consumo de bens e serviços (ANDRADE, 2021). Em consequência dessas demandas houve o aumento excessivo na geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e dos problemas associados a eles (JACOBI; BESEN, 2011).

Diante de tantas problemáticas, no que se refere a quantidade, diversidade e disposição final dos RSU, em 2010 no Brasil, foi sancionada a Lei nº 12305 de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). É reconhecida como um marco regulatório de âmbito nacional, pois permitiu ao país um avanço considerável ao enfrentamento dos problemas ambientais, econômicos e sociais decorrente do manejo inadequado dos resíduos sólidos. A PNRS reúne um conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações visando a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Um dos objetivos da PNRS é a busca por não geração, redução, reutilização e tratamento dos resíduos sólidos, bem como a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Sendo descrita na Lei nº 12305 de 2010 como a disposição final ambientalmente adequada, uma 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 (BRASIL, 2010).

Dentre as opções de disposição final ambientalmente adequada dos resíduos, o aterro sanitário continua sendo considerada uma das técnicas mais eficientes e seguras de destinação de resíduos sólidos e quase sempre apresenta o melhor custo-benefício (VAN ELK *et al.*, 2022). De acordo com a NBR 8419 de 1992 e NBR 13896 de 1997, para a implantação de um aterro sanitário são realizados diversos estudos que avaliam critérios ambientais perante a escolha do local, diante do uso e ocupação do solo, assim como os impactos socioambientais durante a operação do empreendimento (BRASIL, 1992; BRASIL, 1997).

Contudo, os aterros sanitários são considerados um dos mais dinâmicos ecossistemas terrestres que abrigam uma população altamente diversificada de microrganismos capazes de conviver e metabolizar substratos, originando o biogás e o lixiviado como subprodutos derivados da degradação dos RSU (XU *et al.* 2017; WANG *et al.* 2017; FOLLMANN *et al.* 2017; ZAINUN e SIMARANI, 2018; SEKHOHOLA-DLAMINI e TEKERE, 2020).

Por possuírem características complexas, além de altas concentrações de substâncias tóxicas e perigosas ao meio ambiente e a sociedade, estes subprodutos necessitam de tratamentos, antes do descarte na natureza (BADERNA *et al.* 2019; MICHALSKA *et al.* 2020). Pode-se dizer que, o aterro sanitário é uma obra grandiosa, que envolve diversos aspectos e controle. Por estes motivos, os aterros sanitários devem buscar cumprir ao máximo as normas vigentes, incluindo o controle e monitoramento durante toda a operação, continuando até mesmo após o encerramento desse empreendimento.

Uma das formas de analisar a dinâmica dos aterros sanitários com o meio ambiente é por meio de análises temporais do espaço geográfico. Essas análises podem ser realizadas através de geotecnologias, que são importantes mecanismos que auxiliam na representação e mensuração de traços característicos do meio e suas modificações ao longo do tempo. Podendo também serem utilizadas para alimentar bases de dados que possibilitam resolver situações diversas, analisar impactos e proporcionar soluções a partir das respostas alcançadas (PRESTES *et al.*, 2015).

Partindo desses pressupostos, esta pesquisa visa analisar a distribuição espaço-temporal do uso e ocupação do solo do Aterro Sanitário em Campina Grande, nos anos de 2010, 2012, 2015, 2016, 2022, através da aplicação de geotecnologias, considerando períodos de seca e chuva.

1.1 Objetivo

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a dinâmica espaço-temporal das condições de perda e ganho de uso e cobertura do solo em área de aterro sanitário localizado em região semiárida no Brasil.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar as ocupações na área do aterro sanitário e as modificações ocorridas ao longo dos anos, quanto as áreas de formação natural, corpo hídrico e a área alterada ou construída;
- Gerar mapas identificando as alterações na paisagem, quanto ao uso e ocupação do solo na área que compreende o aterro sanitário;
- Determinar as porcentagens referentes às áreas de formação natural, corpo hídrico e área alterada ou construída ao longo do período analisado;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Semiárido brasileiro

O semiárido brasileiro é uma região que compõe a área de atuação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – Sudene. O Semiárido Brasileiro (SAB) é uma região tradicionalmente sujeita a secas, onde os processos erosivos foram intensificados devido à pecuária extensiva, agricultura rudimentar e extrativismo vegetal, que abrange cerca de 1.182.697 Km², equivalente a 14% do território nacional e 76% do Nordeste, fazendo parte alguns municípios dos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe (SUDENE, 2022).

Essa região é delimitada através de alguns critérios técnicos e científicos que caracterizam os municípios do SAB, como a precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm, o índice de Aridez de *Thornthwaite* igual ou inferior a 0,50 e percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano, conforme a Resolução nº 107 de 2017 (BRASIL, 2017).

Como a mudança climática é dinâmica e contínua, há necessidade de manter um monitoramento dessa região. Contudo, a delimitação do semiárido passa por revisões quanto as suas características e abrangência a cada década e considera-se apta a inclusão no Semiárido os municípios que alcançarem pelo menos um dos critérios pré-determinados para a delimitação dessa área (INSA, 2023).

As secas anuais e plurianuais que ocorrem no SAB se constituem como um dos principais problemas que afetam a biodiversidade e a qualidade de vida da população local, visto que afetam diretamente na redução das reservas de água. Logo, faz-se necessário compreender essas alterações e mudanças ambientais do semiárido, assim como, é de extrema importância a avaliação dos possíveis impactos gerados pela ação humana nessas regiões. Para isso, deve ocorrer um monitoramento do desmatamento, incêndios, práticas agrícolas intensivas, manejo inadequado da agricultura e urbanização desordenada, que levam a consequência da erosão do solo que favorece o processo de desertificação no semiárido (KALANTARI *et al.*, 2019; PALÁCIO *et al.*, 2013; GUTIÉRREZ *et al.*, 2014; MARIANO *et al.*, 2018).

Diante das condições expostas para a região semiárida brasileira, voltando para a caracterização e diagnóstico do uso e ocupação do solo é notório que, mesmo diante da dimensão que essa área ocupa e da necessidade de monitorar esta região de forma mais detalhada, é fundamental o uso de ferramentas, métodos e tecnologias práticas e eficientes que atendam as demandas de ausências de dados ambientais e climáticos em larga escala no espaço e no tempo (SILVA *et al.*, 2023).

Becker *et al.* (2021), Vorovencii (2015), Gutiérrez *et al.* (2014) e Mariano *et al.* (2018), afirmam que o agravamento da degradação do solo em regiões semiáridas é um dos resultados mais catastróficos de eventos de secas e atividades antrópicas. E o monitoramento ambiental ao longo do tempo pode ser realizado por meio do uso do geoprocessamento e de suas geotecnologias, através de um conjunto de técnicas geoespaciais que avaliam por meio de indicadores a biomassa vegetal e o padrão paisagístico. Tornando-se viável para o estudo do uso e ocupação do solo, quando avaliado no espaço-tempo de forma prática e eficaz, a um baixo custo operacional.

Em razão do exposto, somado a busca por compreender a dinâmica espaço-temporal das condições de perda e ganho de uso e cobertura do solo, dentro de um empreendimento que deve ser monitorado e controlado, como é o caso do aterro sanitário. Pretende-se, assim, identificar tendências ao longo da operação do aterro sanitário, em condições de mudanças no semiárido brasileiro. Relacionando o processo de supressão da vegetação e utilização do terreno para a destinação dos RSU ao longo dos anos de operação do aterro sanitário, usando técnicas gratuitas de sensoriamento remoto e processamento digital em nuvem no *Google Earth Pro*.

2.2 Aterro sanitário

No Brasil a Lei nº 12.305 de 2010, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e define aterro sanitário como uma técnica de disposição final de resíduos sólidos urbanos em que se confina o material no solo, sem causar danos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010).

A Resolução CONAMA nº 404 de 2008, estabelece os critérios e procedimentos mínimos para a operação de aterros sanitários no Brasil. De acordo com essa resolução, um aterro sanitário deve ser construído em uma área com características geológicas e hidrológicas

adequadas, além de seguir normas de engenharia para garantir a estabilidade e a segurança da estrutura (BRASIL, 2008).

O aterro sanitário é composto por diversas camadas e estruturas que visam minimizar os impactos ambientais e sanitários decorrentes do progressivo consumo e acúmulo de RSU (BARROS *et al.*, 2012, BRASIL, 1997, BRASIL, 2012). Os elementos que compõem um aterro sanitário podem variar de acordo com a tecnologia empregada e as normas locais e geralmente incluem:

- Camada de proteção superficial e da base: material argiloso e/ou geomembrana, para promover a impermeabilização, impedindo a infiltração de líquidos lixiviados no solo e a emissão de gases para a atmosfera;
- Sistema de drenagem de lixiviado: rede de tubulações que captam os líquidos resultantes da decomposição dos RSU e encaminham para o tratamento;
- Sistema de coleta e tratamento de gases: tubulações que coletam os gases gerados pela decomposição dos resíduos e os encaminham para a queima ou tratamento;
- Camada de resíduos: onde os resíduos são depositados e compactados para ocupar menor volume;
- Sistema de cobertura diária: camada de solo que é depositada sobre os resíduos sólidos com a finalidade de evitar a proliferação de vetores de doenças e odores;
- Sistema de monitoramento ambiental: composto por poços de monitoramento que permitem avaliar a qualidade do solo e da água subterrânea em torno do aterro sanitário (área de influência);
- Estruturas auxiliares: como edificações para administração do aterro sanitário, equipamentos para manuseio de resíduos.

Rosa *et al.* (2018) afirma que, apesar dos benefícios atribuídos a destinação dos aterros sanitários, como a redução dos riscos à saúde pública e até a possibilidade de geração de energia a partir do biogás produzido, eles ainda apresentam alguns impactos ambientais negativos, através da produção de gases e líquidos tóxicos, que quando não tratados ou destinados corretamente, acabam por contaminar o solo e as águas subterrâneas, promovendo perda da biodiversidade. E destacam ainda a necessidade de um monitoramento constante da área do aterro sanitário, a fim de detectar possíveis vazamentos e contaminações.

Assim, o aterro sanitário é uma das principais formas de disposição final de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil, que consiste em depositar esses resíduos em um espaço delimitado cumprindo todas as exigências perante as leis vigentes, com o objetivo de evitar ou minimizar os impactos ambientais e de saúde pública associados à disposição inadequada desses resíduos (SANTOS *et al.* 2017).

2.3 Geotecnologias e suas aplicações em Aterros Sanitários

O geoprocessamento tem sido utilizado para caracterizar uma área multidisciplinar que envolve diferentes áreas de conhecimento, sendo desenvolvido por meio de técnicas matemáticas e computacionais, realizando o tratamento de informações geográficas em ambiente virtual (MACEDO *et al.*, 2018). Assim, o Sistema de Informações Geográficas (SIG), é um conjunto de programas, equipamentos, metodologias e dados disponibilizados aos usuários, que, quando integrados é possível capturar, armazenar, consultar, manipular, analisar e imprimir dados referenciados espacialmente em relação a superfície da Terra (MAGUIRE *et al.*, 1991).

A utilização do SIG vem se aprimorando a cada ano e a sua aplicação é considerada muito vasta. Dentre as aplicações encontra-se: Ocupação humana, voltada ao planejamento e gerenciamento urbano, saúde, educação, transporte e segurança; Uso da terra; Uso de recursos naturais; Meio ambiente; e Atividades econômicas (RAMIREZ, 1994). Assim, com o SIG é possível auxiliar no diagnóstico sobre as implicações ambientais, sociais, econômicas, políticas e culturais, com relação à ocupação dos espaços urbanos, colaborando com o planejamento urbano sustentável (SANTOS, 2012).

Diante da existência e evolução da geotecnologia, e suas inúmeras aplicações, essas ferramentas mostram-se cada vez mais viáveis, práticas, eficientes e de baixo custo operacional. Essas tecnologias têm sido cada vez mais disseminadas para quantificar e analisar as mudanças na paisagem ao longo do tempo, construindo bases de dados precisas e confiáveis (SILVA *et al.*, 2023).

Estudos com SIG, utilizando imagem de satélite, nas últimas décadas, vêm fornecendo informações científicas valiosas, facilitando a compreensão da dinâmica espacial e temporal do uso do solo, principalmente em áreas de alto crescimento urbano, compreendendo mudanças impostas pelo homem ao ambiente físico e suas implicações geomorfológicas (ZHOU *et al.*,

2020; MESQUITA *et al.* 2022; MARIANO *et al.* 2018; HEAVISIDE *et al.* 2017; ABRANTES *et al.* 2019).

O monitoramento ambiental ao longo do tempo, por meio do geoprocessamento e suas geotecnologias, são fundamentais na avaliação da biomassa vegetal e o padrão paisagístico por meio de indicadores, como índices de vegetação e mapas de uso e ocupação do solo que caracterizam quantitativamente as mudanças em suas condições e suas relações. Permitindo prever mudanças climáticas, planejamento agroecológico e condições de infraestrutura urbana, para avaliar e monitorar o risco de degradação ambiental especialmente em regiões semiáridas (ABRANTES *et al.* 2019; BECKER *et al.* 2021; VOROVENCII *et al.* 2015).

Miranda e Ribas (2020), afirmam que o georreferenciamento de aterros é uma técnica importante para o controle e monitoramento adequado dos resíduos depositados, além de ser fundamental para a verificação da conformidade com as leis e regulamentações ambientais.

Para Santos *et al.* (2019), o georreferenciamento de aterros sanitários é fundamental para a gestão ambiental de resíduos sólidos, pois permite a criação de mapas preciosos e detalhados que representam a localização exata do aterro, bem como outras informações relevantes para a avaliação da qualidade do solo e da água subterrânea nas áreas circulares

Assim, o georreferenciamento é uma ferramenta importante para a gestão de aterros sanitários, pois permite o controle efetivo das áreas de disposição de resíduos, o monitoramento das áreas afetadas, avaliação de impactos ambientais e a tomada de decisões acerca de possíveis melhorias na gestão do aterro (GUIMARÃES *et al.* 2019).

3 METODOLOGIA

Neste capítulo é realizada uma breve descrição do campo experimental, o Aterro Sanitário em Campina Grande (ASCG), o qual está inserido em uma região semiárida. São apresentados também os procedimentos metodológicos, dentre eles: Caracterizar o aterro sanitário em Campina Grande, classificar o uso e cobertura do solo da área em estudo, analisar as transformações de uso e ocupação do solo na área que compreende o aterro sanitário ao longo dos anos.

3.1 Caracterização do Aterro Sanitário

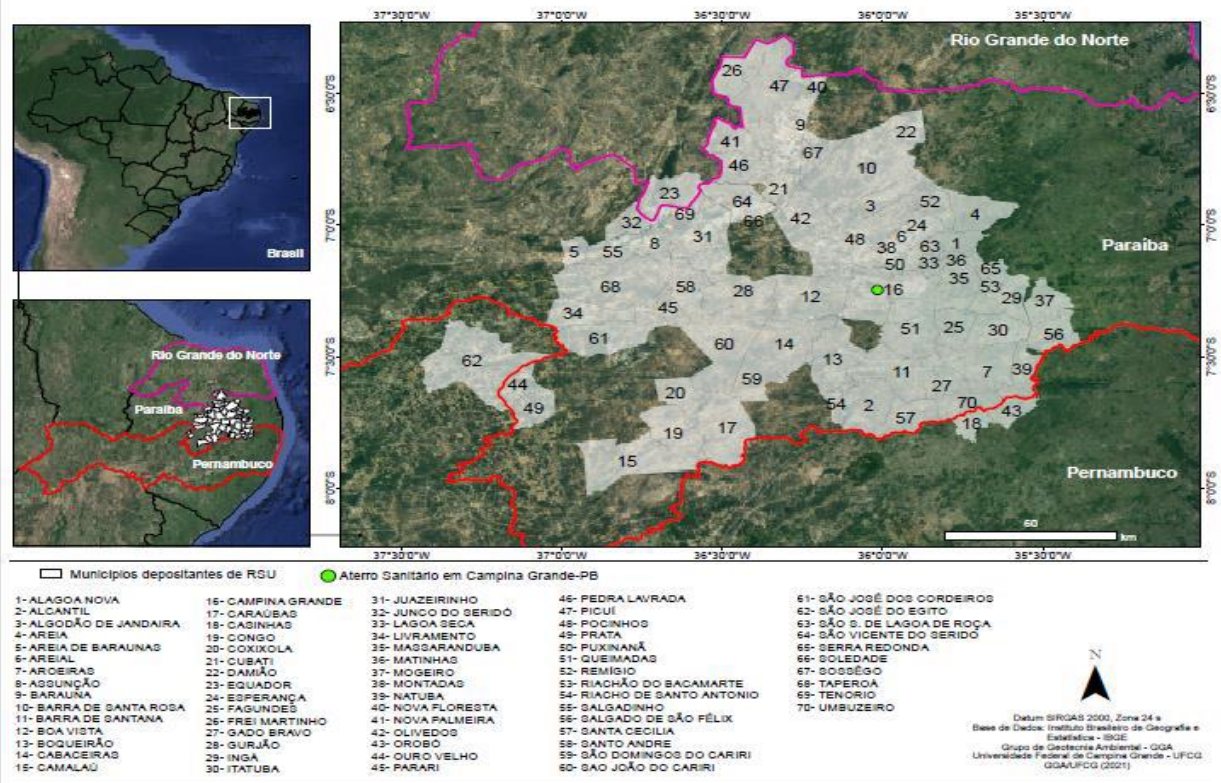
O empreendimento estudado é o Aterro Sanitário em Campina Grande (ASCG), que fica à 10 Km do perímetro urbano e está situado na Fazenda Logradouro II, do distrito de Catolé de Boa Vista. O município de Campina Grande - PB, possui área territorial de 591,658 Km², com população estimada em 413.830 habitantes (IBGE, 2022), situa-se a 551 m de altitude e a 132 Km da capital João Pessoa.

Segundo dados fornecidos pela AESA (2022) o clima da região é semiárido com temperatura do ar máxima anual média de 28,6 °C, mínima média de 19,5 °C e média de 22,7°C, evaporação anual de 1417,4 mm e pluviosidade média anual de 802,7 mm.ano⁻¹. E conforme a classificação climática proposta por Köppen e Geiger (1928), Campina Grande tem o tipo de clima Bsh, ou seja, semiárido quente e seco.

A Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) classifica Campina Grande como pertencente a uma região semiárida e possui na vigente Portaria nº 80 (BRASIL, 2017), que é responsável pela revisão da delimitação do Semiárido brasileiro, a caracterização do semiárido através das chuvas irregulares, precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm, índice de aridez de *Thornthwaite* igual ou inferior a 0,5 e percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60% (INSA, 2023).

O ASCG possui uma extensão territorial de aproximadamente 77 ha, onde em projeto 40 ha são destinados à disposição de RSU. Foi projetada para um tempo de vida útil de 25 anos e está em operação desde julho de 2015, sob responsabilidade da empresa privada ECOCOLO. Este aterro sanitário, até o ano de 2022 recebeu resíduos de 1 município do Rio Grande do Norte, 3 municípios de Pernambuco e 67 municípios da Paraíba, totalizando 70 municípios e uma média de 650 tRSU.dia⁻¹. Na Figura 1 é possível identificar a localização do ASCG e os municípios que depositam RSU no empreendimento entre 2015 e 2022.

Figura 1 - Localização do Aterro Sanitário em Campina Grande e dos municípios depositantes



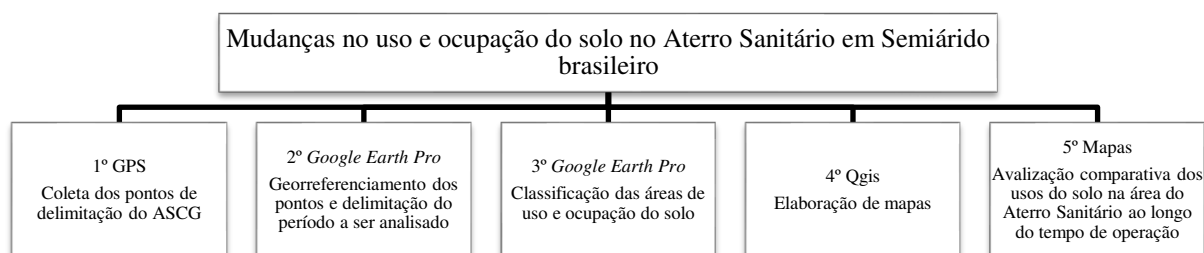
Fonte: GGA (2022)

Este empreendimento possui dentre outras características: camada de base de solo compactada (para receber os RSU), camada de cobertura intermediária e superficial (para cobrir os RSU), sistema de drenagem de biogás e de drenagem de lixiviado (drenagem dos subprodutos originados da biodegradação dos RSU), lagoas de tratamento (acumula o lixiviado produzido nas células), sistema de drenagem de águas pluviais e lagoa de drenagem de águas. Dentre outras especificações, o ASCG segue todas as recomendações e exigências para o funcionamento de um aterro sanitário.

3.1 Obtenção de Imagens

No desenvolvimento deste trabalho foram utilizados para a delimitação da área do Aterro Sanitário dados coletados através de pontos georreferenciados *in loco* por meio de um GPS. Além de programas computacionais gratuitos como o *Google Earth Pro* para a obtenção de imagens de alta resolução e processamento de dados espaciais e o *Qgis Desktop 3.28.3*, para elaboração dos mapas. A metodologia proposta está esquematizada na Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma de atividades



Fonte: Acervo de pesquisa (2023).

A área delimitada escolhida para esse estudo através de imagens foi a área total do Aterro Sanitário em Campina Grande. Os pontos coletados por GPS, referentes a delimitação deste Aterro Sanitário foram georreferenciados no *Google Earth Pro* onde foi possível, por meio de uma imagem de alta resolução, identificar a área do Aterro Sanitário, assim como a área construída que compõe o empreendimento, de forma que fosse satisfatório para avaliar a evolução dos usos do solo ao longo dos anos de operação do Aterro.

Os períodos utilizados para análises de imagens foram escolhidos em função da disponibilidade de imagens através do *Google Earth Pro*, sendo excluídas imagens que apresentassem algum comprometimento por meio de nuvens ou imagens sobrepostas de anos diferentes. Assim, foram utilizadas imagens dos anos: 2010, correspondendo a área antes da implantação do empreendimento; 2012, após construídas a área administrativa, balança e galpões; 2015, período de início da operação do ASCG; 2016, ASCG em operação com células recebendo RSU; e 2022, imagem mais atual do ASCG.

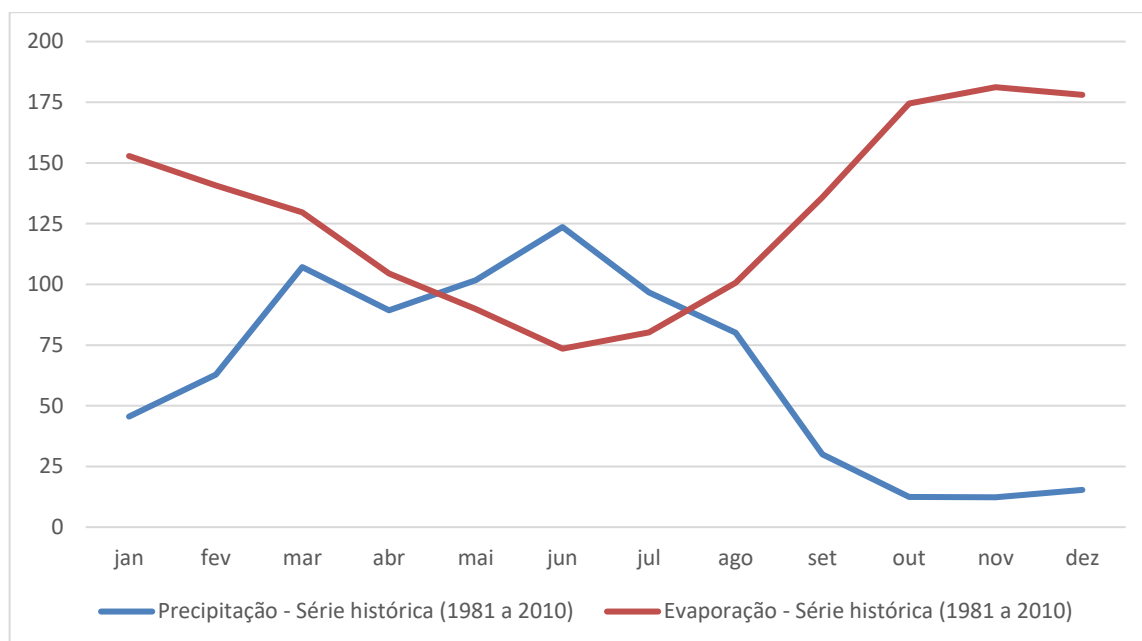
Através de uma inspeção nas imagens do Aterro Sanitário em Campina Grande de cada ano em análise, foram identificadas, delimitadas e calculadas as áreas de formação natural (área não alterada pela obra do aterro sanitária e/ou área que mesmo após alteração, voltou à suas características iniciais de forma natural) e corpo hídrico, e por diferença de áreas determinou-se a área alterada ou construída, utilizando polígonos no próprio *Google Earth Pro*.

As imagens com as delimitações em mosaicos foram exportadas para o Qgis, através da função Georreferenciador, tornando possível a confecção dos mapas georreferenciados, para auxiliar na avaliação dos usos e ocupação do solo no aterro sanitário em estudo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em função das particularidades das condições e características da região semiárida onde está localizado o Aterro Sanitário em Campina Grande, deve-se levar em consideração as condições meteorológicas. É importante frisar que a região semiárida sofre com longos períodos de seca. Na Figura 3, é possível verificar os períodos de seca e chuva distribuídos ao longo do ano, para o município de Campina Grande.

Figura 3 – Série histórica de precipitação e evaporação em Campina Grande



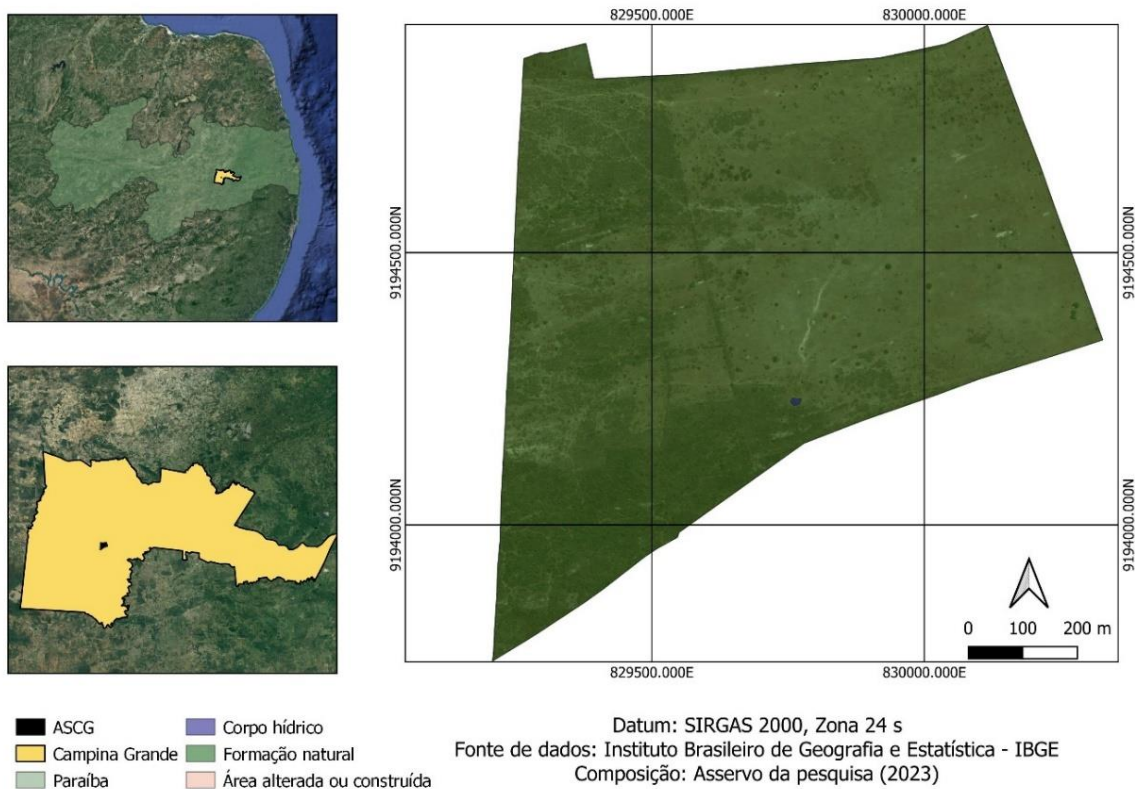
Observações: Dados históricos de evaporação obtidos por meio do evaporímetro de Piché
 Fonte: Dados do INMET (2022)

É possível constatar, na Figura 3 que o período chuvoso na região de Campina Grande, compreende os meses de março a agosto, entretanto a precipitação só se sobressai em relação à evaporação de maio até julho. A precipitação média da série histórica é de 64,8 mm, enquanto a evaporação média é de 128,5 mm, comprovando que, historicamente evapora mais que precipita.

Faz-se importante levar em consideração esses dados climáticos quando for analisar uma área localizada no semiárido através de imagens com variações espaço-temporal, uma vez que, há mudanças significativas na característica da vegetação em períodos de seca e de chuva. A vegetação da Caatinga (origem do tupi: mata branca), que é um bioma exclusivamente brasileiro, mostra-se resistente ao longo dos períodos de estiagem, e apresentam capacidade de se adaptar ao ambiente, com resiliência em se reconstituir (EMBRAPA, 2022).

A imagem extraída do mês de setembro de 2010, corresponde a área do empreendimento antes de qualquer modificação para a implantação do aterro sanitário (771236 m²), conforme a Figura 4. A tonalidade verde está mais clara, em áreas com vegetação que tiveram perda de folhas durante o período de estiagem. Na imagem ainda é possível identificar que há um pequeno lago, classificado como corpo hídrico, que compreende uma área de 206 m².

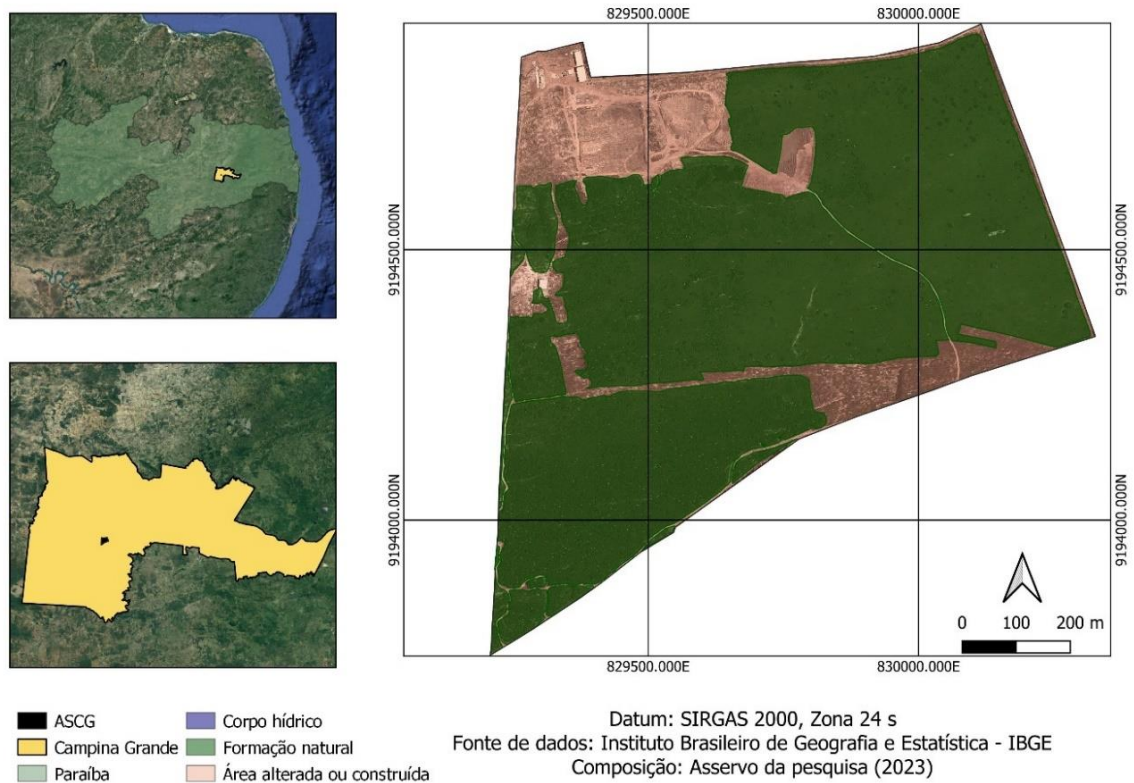
Figura 4 - Área do ASCG em 2010



Fonte: Acervo de pesquisa (2023).

Pode-se observar na Figura 5, correspondente ao mês de agosto de 2012, que já apresenta modificações na área do empreendimento. É possível visualizar tais modificações na área alterada ou construída do empreendimento de aproximadamente 167690 m², que compõe elementos de um aterro sanitário, como galpões, área administrativa e modificações de área para a implantação das células. Nota-se também que apesar de não ter iniciado, até o período analisado, a disposição de resíduos a área, já houve alterações significativas em algumas áreas, com perdas da vegetação natural.

Figura 5 - Área do ASCG em 2012

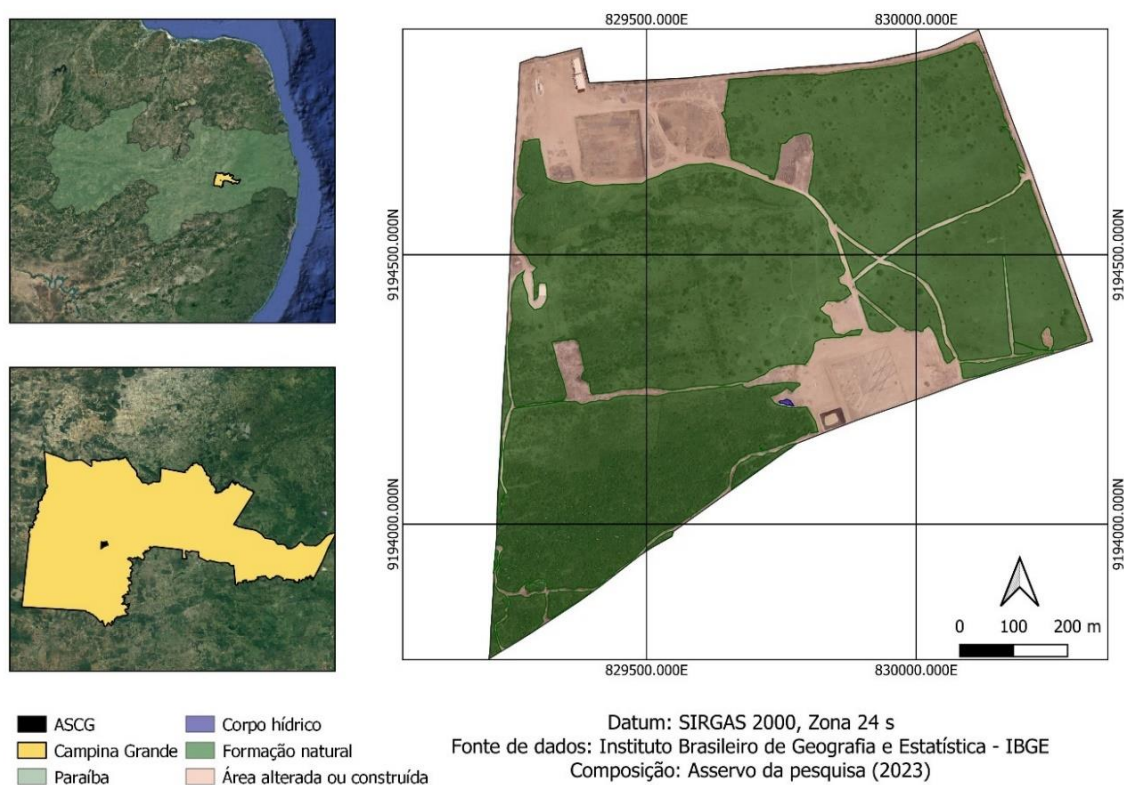


Fonte: Acervo de pesquisa (2023).

Ainda na Figura 5, que corresponde a um período de redução do índice pluviométrico, com início do período de elevada evaporação, conforme Figura 3, não é possível a identificação do corpo hídrico, uma vez que para a região semiárida é comum corpos hídricos intermitentes. Justificando também a tonalidade em verde mais claro, na área de formação natural, através da vegetação mais rasteira e com pouca folhagem, equivalendo a 603752 m², de toda a extensão do ASCG.

Em abril de 2015, como mostra a Figura 6, é notório outras modificações na área do empreendimento, quanto a área alterada ou construída. Neste mapa é possível visualizar a fase inicial das células, com o solo exposto e a parte da drenagem do lixiviado em execução, conhecida por espinha de peixe, que é responsável por drenar o lixiviado produzido dentro das células para uma lagoa artificial que irá acondicionar e tratar por evaporação. Nota-se também que algumas vias de acesso foram feitas, além da permanência de outras áreas anteriormente construídas ou modificadas.

Figura 6 - Área do ASCG em 2015



Fonte: Acervo de pesquisa (2023).

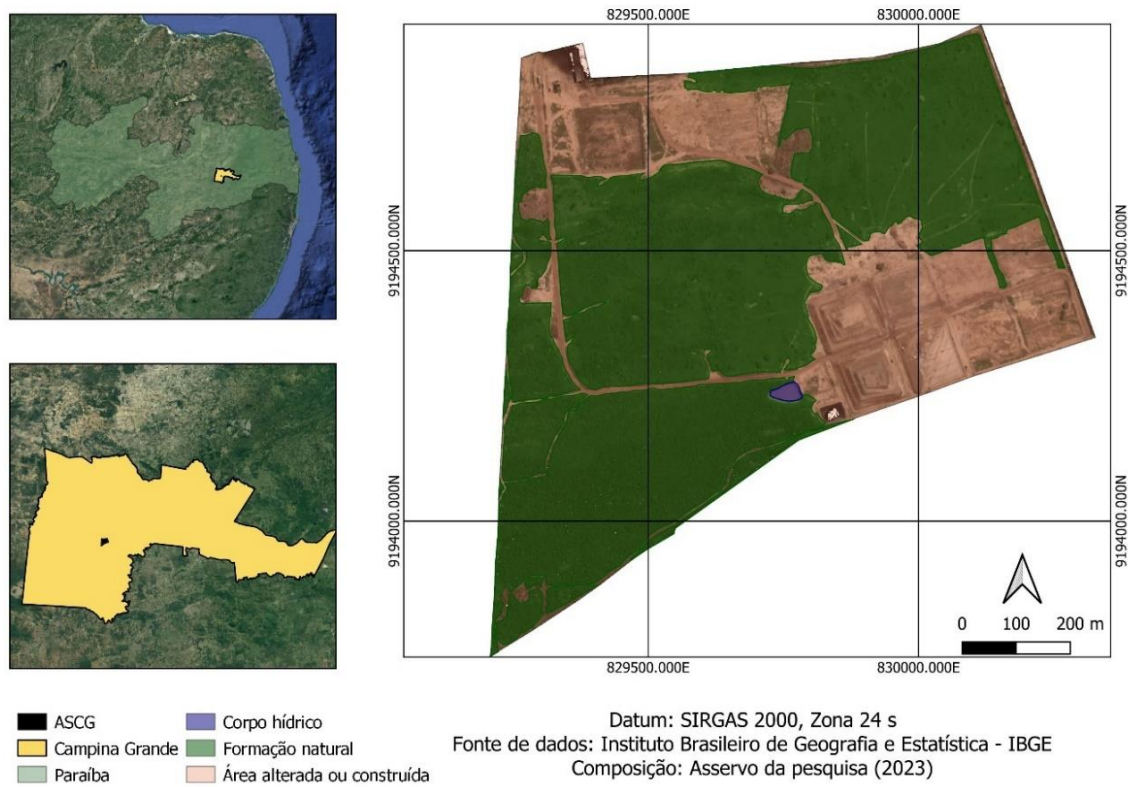
Ao longo dos oito meses entre as Figura 5 e Figura 6, é possível identificar a presença do corpo hídrico e a recuperação natural de algumas áreas em virtude do início do período de chuva na região conforme Figura 3. Assim, para o ano de 2015, as áreas de formação natural, área alterada ou construída e corpo hídrico obtiveram áreas de 593617 m², 177658 m² e 167 m², respectivamente.

No mapa equivalente a maio de 2016, Figura 7, período em que precipita mais que evapora na região de Campina Grande conforme a série histórica apresentada na Figura 3, é observado que parte da vegetação é subtraída para a implantação das células, mas, há reconstituição com vegetação natural de algumas vias de acesso, mantendo uma área de formação natural 502984m². O corpo hídrico ocupa uma área de 1434 m², onde esse aumento se deu em virtude do período chuvoso e da drenagem de águas superficiais do ASCG.

Na área alterada ou construída da Figura 7, é incluída células em fase de finalização e o preparo do terreno para outras quatro células, além de áreas do próprio aterro que o solo é destinado para o recobrimento das camadas intermediárias e superficiais das células. Há uma única lagoa artificial que irá acondicionar e tratar por evaporação o lixiviado, além de outras

áreas anteriormente construídas ou modificadas, assim, no ano de 2016 o ASCG possuía uma área aproximada de 267124 m².

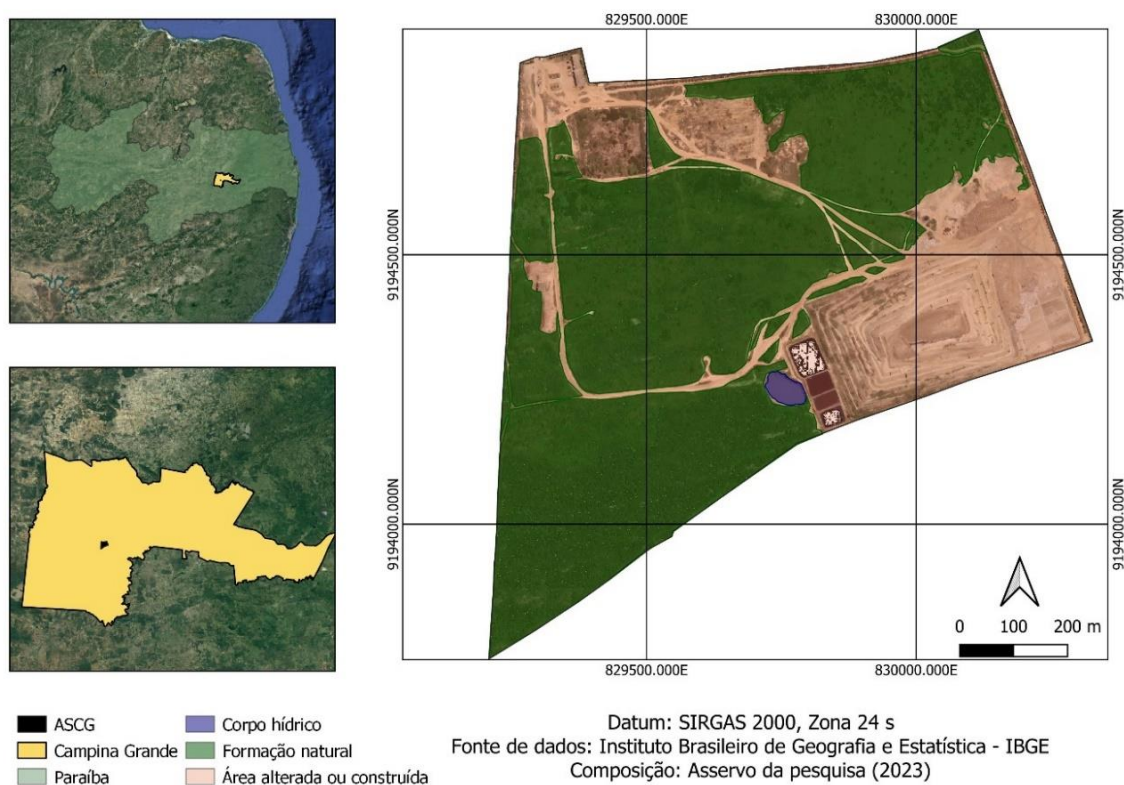
Figura 7 - Área do ASCG em 2016



Fonte: Acervo de pesquisa (2023).

Na última imagem analisada, setembro de 2022 (Figura 8), período em que evapora mais que precipita na região de Campina Grande conforme a série histórica apresentada na Figura 3, é observado que parte da vegetação é subtraída havendo movimentação de solo, para extração e recobrimento das células do ASCG, nesta configuração o aterro encontra-se com quatro lagoas de acumulação e tratamento por evaporação do lixiviado produzidos nas células. Nesse mapa é possível visualizar uma modificação na operação do aterro sanitário, onde há uma junção de seis células finalizadas do aterro e outras duas em operação.

Figura 8 - Área do ASCG em 2022

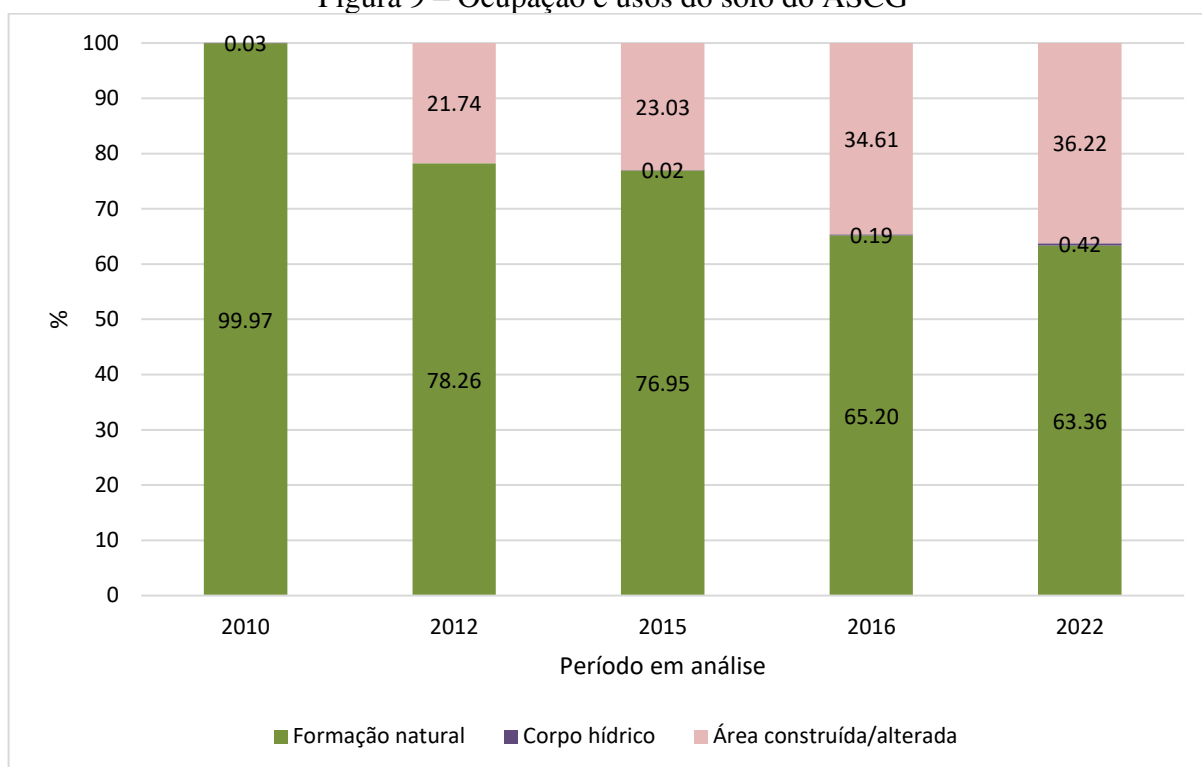


Fonte: Acervo de pesquisa (2023).

Esta mudança na operação do ASCG, corrobora para o aumento do tempo de vida útil do aterro sanitário. Promovendo o melhor aproveitamento da área ocupada, com o recebimento de mais resíduos e conseqüentemente prolongando a permanência de áreas de formação natural do ASCG. Nesta configuração o ASCG apresentou uma área de formação natural de 488800 m² e uma área alterada ou construída de 279388 m². O corpo hídrico ocupa uma área de 3254 m², em virtude da redução da área de formação natural, que proporcionou um maior escoamento superficial e retenção de água no corpo hídrico.

Ao longo dos anos analisados, é possível observar um comportamento já esperado para os usos do solo dentro da área de um aterro sanitário. Essa dinâmica é visualizada através de imagens projetadas nos mapas, e comprovadas através da Figura 9, que retrata os valores em percentual da evolução de cada classificação atribuída ao longo dos anos analisados. O comportamento da formação natural e da área construída tendem a serem inversamente proporcional entre si, enquanto a do corpo hídrico leva em consideração as condições de baixa precipitação e elevada evaporação.

Figura 9 – Ocupação e usos do solo do ASCG



Fonte: Acervo de pesquisa (2023).

Contudo, houve maiores reduções da área de formação natural dentre os anos analisados, de 2010 e 2012, com 21,71 %, e 2015 e 2016 com 11,75 %, que correspondem respectivamente, aos períodos em que foram instaladas a área administrativa, balança e galpões, e o preparo do terreno para novas células utilizadas para receber RSU. Foram constatadas as menores subtrações de áreas de vegetação natural entre os anos de 2012 e 2015 com 1,31 %, e 2016 e 2022 com 1,84 %, isso se deu pelo fato de que os usos do solo durante esse período se mantiveram praticamente dentro da área que já estava sendo utilizada ou em operação.

Quanto ao corpo hídrico, inicialmente correspondeu à 0,03 % de toda a área do ASCG e em 2012, chegou a ficar totalmente seco. Porém nos anos seguintes, o corpo hídrico foi recuperando o seu espaço, chegando a atingir 0,42 % do ASCG.

Assim, com o uso das geotecnologias foram possíveis identificar não só a localização do empreendimento, mas visualizar ao longo dos anos a área que compreende o Aterro Sanitário em Campina Grande e suas variações quanto ao uso e ocupação do solo. Tornando possível acompanhar a evolução do empreendimento, favorecendo o auxílio na gestão do uso e ocupação do empreendimento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso das geotecnologias foi primordial para a execução deste trabalho. A ferramenta *Google Earth Pro* foi fundamental na obtenção de imagens em resoluções suficientes para facilitar a identificação e demarcação do Aterro Sanitário em Campina Grande, tornando capaz a distinção com clareza dos elementos utilizados na classificação dos usos do solo do empreendimento.

Diante dos mapas elaborados, com base nas imagens georreferenciadas desde antes da implantação desse aterro sanitário no semiárido brasileiro, e ao longo da evolução da operação deste empreendimento, foi possível observar modificações que refletem características de períodos chuvosos e de seca ao longo dos anos. Visivelmente, é possível identificar esses períodos por meio da modificação nas áreas de vegetação natural, em que tendem a apresentar uma maior cobertura de vegetação e a coloração em verde mais escuro em períodos chuvosos, assim como, em períodos de escassez hídrica, tende a reduzir as folhagens da copa das árvores e arbustos, ficando o solo mais aparente.

Quanto a presença do corpo hídrico, é perceptível mudanças ao longo do período analisado. Essas mudanças envolvem um reflexo sobretudo da alta taxa de evaporação na região, e da dinâmica do próprio aterro que sofre alterações em sua área de ocupação. Tais fatos ocorrem em função de que no primeiro ano analisado, o corpo hídrico está em sua formação natural, correspondendo a 0,03 %, enquanto nos anos após início da operação e depósito de RSU no Aterro Sanitário em Campina Grande, a porcentagem aumenta, chegando a 0,42%, o que é justificado devido a utilização deste corpo hídrico para o recebimento da água de drenagem superficial do ASCG.

As áreas de formação natural sofreram alterações durante o período analisado, foram reduzindo gradativamente, o que é esperado, visto que parte da área do aterro sanitário vai sendo ocupada pelas células que recebem os resíduos sólidos urbanos. A área natural total inicial foi estimada em 771236 m², chegando a apresentar no último ano analisado 488800 m², ou seja, uma redução de 36,61 % em 12 anos. Outro fator que promove essa redução de área natural é uma área destinada a retirada de solo para cobrir os resíduos dispostos nas células.

As áreas alteradas ou construídas apresentaram um comportamento inverso à área de formação natural. Essas modificações são esperadas perante a proposta do aterro sanitário, que é uma área destinada para receber os RSU. Logo, com o passar dos anos, o terreno do aterro

sanitário tende a sofrer modificações, sendo ocupado por células. A área alterada ou construída no primeiro ano de implementação do empreendimento, compete as áreas fixas que permaneceram nos demais anos (galpões, setores administrativos, balança), correspondendo a 21,74 %, para os demais anos essas áreas permaneceram em ocupação, havendo um acréscimo de outras áreas que correspondem as células, lagoas de acúmulo de lixiviado, dentre outros usos, correspondendo a 36,22 % de área construída ou alterada para o último ano analisado.

Esta pesquisa mostrou-se importante por tornar possível acompanhar a evolução espaço-temporal na área que compreende este empreendimento, onde geralmente para um aterro sanitário a avaliação através de um georreferenciamento é realizada apenas durante a escolha do local a ser implantado. Assim, diante desta pesquisa, foi possível verificar e avaliar a evolução na área de implantação e operação de um aterro sanitário, favorecendo o auxílio na gestão do uso e ocupação do empreendimento, através das imagens de satélite, por meio de programas de livre acesso.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, P.; ROCHA, J.; COSTA, E.M.D.; GOMES, E.; MORGADO, P.; COSTA, N. Modelling urban form: A multidimensional typology of urban occupation for spatial analysis. **Environ. Plan. B Urban Anal. City Sci.** 2019, 46, 47–65
- ANDRADE, T. P. M. Levantamento dos Aterros Sanitários Licenciados na Paraíba. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnólogo de Gestão Ambiental) Instituto Federal da Paraíba PB. João Pessoa-PB. 2021.
- AESA. AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA: 1588 Meteorologia – Chuvas. Campina Grande: AESA. Disponível em: 1589 <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/?formdate=2019-08-159030&produto=municipio&periodo=anual>. Acesso em: 1 dez. 2022.
- BADERNA, D.; CALONI, F.; BENFENATI, E. Investigando a toxicidade do lixiviado de 1625 aterro sanitário in vitro: Uma revisão dos modelos de células e parâmetros finais. **Environment International**, v. 122, p. 21-30, 2019.
- BARROS, M. T. L.; MATOS, A. T.; SCHALCH, V. (2012). Aterros sanitários. In: Barros, M. T. L. & Matos, A. T. (Eds.). *Gestão Ambiental de Resíduos Sólidos*. 2ª Edição. Capítulo 6. São Paulo: **Editora SENAC** São Paulo. 2012.
- BECKER, W.R.; LÓ, T.B.; JOHANN, J.A.; MERCANTE, E. Statistical features for land use and land cover classification in Google Earth Engine. *Remote Sens. Appl. Soc. Environ.* 2021, 21, 100459
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução Conama nº 404, de 11 de novembro de 2008. Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. Brasília.
- BRASIL. Lei nº 12305, 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 União*, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Seção 1, p. 1. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 15 jan. 2023.
- BRASIL. Portaria SUDENE nº 80, de 27 de julho de 2017. Estabelece as condições do trabalho e entregas para a revisão da delimitação do Semiárido brasileiro, inscrito na área de atuação da Sudene, a ser submetida ao seu Conselho Deliberativo. Disponível em: PORTARIA SUDENE Nº 80, DE 27 DE JULHO DE 2017 — Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (www.gov.br). Acesso em: 15 de fevereiro de 2023.
- BRASIL. NBR 8419. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012 Disponível em: < <http://ipaam.am.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/NBR-8419-92-Apresentacao-de-Projetos-de-Aterros-Sanitarios-de-Residuos-Solidos-Urbanos.pdf>>. Acesso em: 16 de jan. 2023.
- BRASIL. NBR 13896. Aterros de resíduos não perigosos – critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997

BRASIL. Resolução nº 107, de 27 de julho de 2017. Estabelece critérios técnicos e científicos para delimitação do Seminário Brasileiro e procedimentos para revisão de sua abrangência. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 de setembro de 2017. Disponível em: [resolucao1072017-pdf \(www.gov.br\)](http://www.gov.br/resolucao1072017-pdf). Acesso em: 30 de jan. de 2023.

COELHO, V. H., MONTENEGRO, S. M., ALMEIDA, C. D. N., DE LIMA, E. R., RIBEIRO NETO, A., & DE MOURA, G. S. (2014). Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 18, 64-72.

ECOTERRA AMBIENTAL. **Projeto de implantação de um aterro sanitário para resíduos sólidos no município de Campina Grande – PB**: Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA). 2010

ELK, A. G. H. P. V., D'OLIVEIRA, P. M. S., GIORDANO, G., & ANDRADE, R. C. D. (2022). Potencial poluidor da disposição final de resíduos sólidos nas águas da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara–RJ. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 27, 195-203.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Bioma Caatinga. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-caatinga/>. Acesso em: 17 de janeiro de 2023.

FOLLMANN, H. V. D. M., SCHIRMER, W. N., CABRAL, A. R., CROVADOR, M. I. C., DOURADO, D. C., & STROPARO, E. C. (2017). Avaliação de parâmetros físico-químicos na degradação de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) de diferentes idades e sua relação com a geração de biogás. **Espacios**, 38(39), 1-9.

GUIMARÃES, E. A. F. et al. Georreferenciamento de aterro sanitário no município de Assis – SP. In: V SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS APLICADAS, 2019, Assis. Anais [...]. Assis: UNESP, 2019. p. 1-9.

GUTIÉRREZ, A.P.A.; ENGLE, N.L.; DE NYS, E.; MOLEJÓN, C.; MARTINS, E.S. Drought preparedness in Brazil. *Weather. Clim. Extrem.* 2014, 3, 95–106.

HEAVISIDE, C.; MACINTYRE, H.; VARDOULAKIS, S. The urban heat island: Implications for health in a changing environment. *Curr. Environ. Health Rep.* 2017, 4, 296–305.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Série histórica de precipitação e evaporação em Campina Grande. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 17 de novembro de 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE: Contagem 1784 populacional. Brasília, DF: IBGE. Disponível em: 1785 <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/campina-grande/panorama>. Acesso em: 1 dez. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO (INSA). O semiárido brasileiro. 2021. Disponível em: < <https://www.gov.br/mcti/pt-br/rede-mcti/insa/semiarido-brasileiro>>. Acesso em: 12 jan. 2023.

JACOBI, P.R.; BESEN, G.R. Solid waste management in São Paulo: the challenges of sustainability. **Estudos Avançados**, V. 25, n. 71, p. 135-138, 2011.

KALANTARI, Z.; FERREIRA, C.S.S.; PAGE, J.; GOLDENBERG, R.; OLSSON, J.; DESTOUNI, G. Meeting sustainable development challenges in growing cities: Coupled social-ecological systems modeling of land use and water changes. **J. Environ. Manag.** 2019, 245, 471–480

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wallmap 150 cm x 200 cm.

MACEDO, R. R., MENDES, R. L. R., & COSTA, T. (2018). SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) APLICADO A GESTÃO DE RECURSOS NATURAIS. ATLAS DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NAS ILHAS DE BELÉM–INICIATIVAS, DEMANDAS E POTENCIALIDADES. **Geo UERJ**, (32), 29876.

MAGUIRE, D. J.; GOODCHILD, M. F. ; RHIND, D. (Eds.) *Geographical Information Systems: Principles and Applications*. 2 Vol., **Longman Scientific & Technical**, 1991.

MARIANO, D.A.; SANTOS, C.A.; WARDLOW, B.D.; ANDERSON, M.C.; SCHILTMAYER, A.V.; TADESSE, T.; SVOBODA, M.D. Use of remote sensing indicators to assess effects of drought and human-induced land degradation on ecosystem health in Northeastern Brazil. *Remote Sens.* **Environ.** 2018, 213, 129–143.

MESQUITA, M.R.; AGARWAL, S.; MORAIS LIMA, L.H.G.D.; SOARES, M.R.A.; SILVA, V.C.; WERNECK, G.L.; COSTA, C.H.N. The use of geotechnologies for the identification of the urban flora in the city of Teresina, **Brazil. Urban Ecosyst** 2022, 25, 523–534

MICHALSKA, J., PIŃSKI, A., ŻUR, J., & MROZIK, A. (2020). Seleção de bactérias candidatas à bioaugmentação de lodo ativado para melhorar o tratamento aeróbio de lixiviado de aterro. **Água**, 12 (1), 140.

MIRANDA, L. A.; RIBAS, E. A importância do georreferenciamento de aterros sanitários na gestão ambiental de resíduos sólidos. In: **II CONGRESSO INTERNACIONAL DE GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE**, 2020, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: Faculdade Sumaré, 2020. p. 1-10.

PALÁCIO, H.A.Q.; ANDRADE, E.M.D.; SANTOS, J.C.N.; ARAÚJO NETO, J.R.; Brasil, P.P. Emergency evaluation of semi-arid watersheds under different management strategies. **Trans. ASABE** 2013, 56, 1357–1363

PRESTES, F. S. T.; LOPES, G. da S.; SACRAMENTO, I. C. C. Análise do uso e ocupação do solo: uma caracterização histórica a partir das geotecnologias. **Revista Engenharia e Construção Civil**, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 45-51, jul./dez. 2015

RAMIREZ, M. R. **Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados para Geoprocessamento**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1994. Dissertação de Mestrado

ROSA, M. F.; FONSECA, M. P. C.; MENDONÇA, L. B. Aterro sanitário: uma revisão bibliográfica. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, v. 3, n. 9, p. 22-38, 2018. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/meio-ambiente/aterro-sanitario-uma-revisao-bibliografica>. Acesso em: 25 jan. 2023.

SANTOS, V. M. N. Uso Escolar do Sensoriamento como recurso didático pedagógico no estudo do meio ambiente. INPE. **Divisão de Sensoriamento Remoto - DGI**. Cap. 12. 2012.

SANTOS, R. R.; FERNANDES, S. R.; ANDRADE, L. M.; FERREIRA FILHO, E. X. Aterros sanitários no Brasil: impactos ambientais e sociais e perspectivas de recuperação ambiental. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 4, p. 221-227, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n4p221-227>

SANTOS, A. L. et al. Georreferenciamento de aterro sanitário no município de Corumbá de Goiás-GO. In: XI JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, 2019, Goiânia. Anais [...]. Goiânia: UFG, 2019. p. 1-6.

SEKHOHOLA-DLAMINI, L.; TEKERE, M. Microbiology of municipal solid waste landfills: A review of microbial dynamics and ecological influences in waste bioprocessing. **Biodegradation**, v. 31, n. 1, p. 1-21, 2020.

SILVA, C. S. P., ARRAES, K. A., DA MOTTA FILHO, L. M. S., DA SILVA BARBOSA, A. H., & MOREIRA, M. M. (2023). ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA CAJUCULTURA NO SEMIÁRIDO POTIGUAR. **Caderno de Geografia**, 33(72).

SUDENE. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Abordagem Territorial. Disponível em: <http://antigo.sudene.gov.br/prdne/abordagemterritorial>. Acessado em junho de 2022.

VAN ELK, A. G. H. P., D'Oliveira, P. M. S., Giordano, G., & Andrade, R. C. D. (2022). Potencial poluidor da disposição final de resíduos sólidos nas águas da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara–RJ. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 27, 195-203.

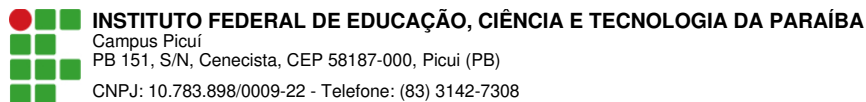
VOROVENCII, I. Assessing and monitoring the risk of desertification in Dobrogea, Romania, using Landsat data and decision tree classifier. *Environ. Monit. Assess.* 2015, 187, 204

WANG X., CAO A., ZHAO G., ZHOU C., XU R. (2017) Microbial community structure and diversity in a municipal solid waste landfill. **Waste Manag** 66:79–87

XU S., LU W., LIU Y., MING Z., LIU Y., MENG R., WANG H. (2017) Structure and diversity of bacterial communities in two large sanitary landfills in China as revealed by highthroughput sequencing (MiSeq). **Waste Manag** 63:41–48

ZAINUN M.Y., SIMARANI K. (2018) Metagenomics profiling for assessing microbial diversity 2026 in both active and closed landfills. **Sci Total Environ** 616–617:269–278

ZHOU, Y.; LI, X.; LIU, Y. Land use change and driving factors in rural China during the period 1995-2015. **Land Use Policy** 2020, 99, 105048



Documento Digitalizado Restrito

TCC da Especialização

Assunto: TCC da Especialização
Assinado por: Amanda Farias
Tipo do Documento: Tese
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Restrito
Hipótese Legal: Direito Autoral (Art. 24, III, da Lei no 9.610/1998)
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Amanda Paiva Farias, ALUNO (202013300007) DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO DOS RECURSOS AMBIENTAIS DO SEMIÁRIDO - CAMPUS PICUÍ**, em 11/05/2023 21:33:11.

Este documento foi armazenado no SUAP em 10/08/2023. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 904971
Código de Autenticação: 922ad18404

