

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**BENEFÍCIOS DA INTEGRAÇÃO ENTRE SIG E BIM PARA
ESTUDOS DE VIABILIDADE DA RECUPERAÇÃO
AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO NA ÁREA DO LIXÃO NO
MUNICÍPIO DE LUZIÂNIA-GO.**

JOÃO PEDRO MONTEIRO LIMA

**ORIENTADOR: ELEUDO ESTEVES DE ARAÚJO SILVA
JÚNIOR**

COORIENTADOR: BRUNO RODRIGUES DE OLIVEIRA
**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL DE ENGENHARIA
AMBIENTAL II**

BRASÍLIA/DF: MAIO/2022

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**BENEFÍCIOS DA INTEGRAÇÃO ENTRE SIG E BIM PARA
ESTUDOS DE VIABILIDADE DA RECUPERAÇÃO
AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO NA ÁREA DO LIXÃO NO
MUNICÍPIO DE LUZIÂNIA-GO.**

JOÃO PEDRO MONTEIRO LIMA

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL 2 SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA AMBIENTAL.

APROVADA POR:

**Eleudo Esteves de Araújo Silva Júnior, Dr (ENC-FT-UnB)
(ORIENTADOR)**

**Bruno Rodrigues de Oliveira, MSc (ENC-FT-UnB)
(COORIENTADOR)**

**Rafael Cerqueira Silva, Dr (ENC-FT-UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**Ingred Mendes Ribeiro Sampaio, Arquiteta e Urbanista (SEDUH/GDF)
(EXAMINADOR EXTERNO)**

BRASÍLIA/DF, 10 de maio de 2022

FICHA CATALOGRÁFICA

LIMA, JOÃO

Benefícios da interação entre SIG e BIM para estudo de viabilidade da recuperação Ambiental: Estudo de caso na área do lixão no município de Luziânia - GO.

[Distrito Federal], 2022

xii, 51 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Ambiental, 2017)

Monografia de Projeto Final – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Geotecnologias

2. BIM

3. GIS

4. Lixão

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LIMA, João Pedro Monteiro (2022). *BENEFÍCIOS DA INTERAÇÃO ENTRE SIG E BIM PARA ESTUDO DE VIABILIDADE DA RECUPERAÇÃO AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO NA ÁREA DO LIXÃO NO MUNICÍPIO DE LUZIÂNIA-GO*. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 51 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: João Pedro Monteiro Lima

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Aplicação de Geotecnologias para Estudo de Viabilidade da Recuperação Ambiental na Área do Lixão no Município de Luziânia - GO

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Ambiental / 2022

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

João Pedro Monteiro Lima

Joaopmlima7.020@gmail.com

DEDICATÓRIA

Dedico esta monografia a todos aqueles que me auxiliaram nessa caminhada, em especial os meus pais, irmãos, amigos e professores envolvidos pelo apoio incondicional e por todo incentivo tornando possível a conclusão desta monografia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por sempre estar do meu lado me concedendo força e saúde para superar todas as dificuldades impostas.

Agradeço aos meus pais e irmãos que foram os pilares da minha determinação, me incentivando e fortalecendo em todas as etapas da minha vida, assim como meus familiares, destacando minha prima Larissa Poletti e seu marido Dr. João Ricardo Poletti que tiveram influência fundamental na minha caminhada acadêmica.

Agradeço a Universidade de Brasília, todo corpo docente e departamento por toda oportunidade de crescimento e conhecimento transmitido e por toda confiança depositada em mim.

Um agradecimento especial ao meu Orientador Prof. Eleudo Esteves e meu Coorientador Bruno Rodrigues de Oliveira, por todo conhecimento, paciência e disponibilidade ao decorrer do projeto final.

E a todos que direta e indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

A utilização de lixões com destino final para resíduos sólidos urbanos é algo que vem ao decorrer dos anos gerando inúmeros passivos ambientais e problemas envolvendo a saúde pública. Assim a legislação nacional nos últimos anos vem buscando formas de acabar com essas atividades e promover a recuperação de áreas degradadas, partindo desse princípio e seguindo um viés mais inovador, esta monografia busca estudar os benefícios da interação entre a Modelagem de Informação para Construção (BIM) e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para estudos de viabilidade de recuperação ambiental, utilizando o Lixão do Município de Luziânia-GO como estudo de caso, onde partindo de uma fundamentação teórica composta por trabalhos relevantes, será utilizada uma ferramenta SIG para realização de mapas e análises de forma subsidiar as tomadas de decisões em uma ferramenta BIM em um projeto de aterro sanitário, buscando uma ampliação nos conhecimentos aplicados na relação entre processo SIG e BIM e identificando o seus benefícios.

Palavras Chave: SIG, BIM, Lixão, Aterro, Resíduos.

ABSTRACT

The use of landfills as the final destination for urban solid waste is something that has over the years generated numerous environmental liabilities and problems involving public health. Thus the national legislation in recent years has been seeking ways to end these activities and promote the recovery of degraded areas, starting from this principle and following a more innovative approach, this monograph seeks to study the benefits of interaction between Building Information Modeling (BIM) and Geographic Information Systems (GIS) for feasibility studies of environmental recovery, using the Municipal Landfill of Luziânia-GO as a case study, where starting from a theoretical foundation composed of relevant works, a GIS tool will be used to perform maps and analysis in order to subsidize the decision making in a BIM tool in a landfill project, seeking an expansion in the knowledge applied in the relationship between GIS and BIM process and identifying its benefits.

Keywords: GIS, BIM, Dumpsite, Landfill, Waste.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVOS GERAIS	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	3
3.1 GERAÇÃO DE RESÍDUOS	3
3.2 RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	4
3.3 APLICAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS	8
3.3.1 Sistemas de Informação Geográfica	9
3.4 (MODELAGEM DE INFORMAÇÕES DA CONSTRUÇÃO) BIM	12
3.5 INTEROPERABILIDADE ENTRE BIM E SIG	14
3.6 LEGISLAÇÃO	15
3.6.1 Histórico da legislação BIM no Brasil	16
3.6.2 Plano Nacional de Saneamento Básico	17
3.6.3 Legislação Municipal	18
4. METODOLOGIA.....	18
4.1 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	19
4.2 MATERIAIS NECESSÁRIOS	19
4.3 USO DE SIG PARA AUXILIAR EM BIM	20
4.4 ELABORAÇÃO DO PROJETO.....	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
5.1 ÁREA DE ESTUDO	23
5.1.1 Concepção geral da área	23

5.1.2 Área, Localização e Acesso	25
5.2 ANÁLISE DE LOCALIZAÇÃO EM MACRO ESCALA	26
5.3 ANÁLISE HIPSOMÉTRICA EM MACRO E MICRO ESCALA	28
5.4 ANÁLISE DE DECLIVIDADE DA ÁREA	29
5.5 ANÁLISE DE SOLOS	30
5.6 ANÁLISE DE CURVAS DE NÍVEIS E MALHA VIÁRIA	33
5.7 REALIZAÇÃO DO PROJETO PRELIMINAR DO ATERRO	35
5.1.1 Recomendações para elaboração do Plano de Recuperação de Área Degradada para lixão em Luziânia – GO	39
5.7.1.1 Plano de confinamento de resíduos sólidos	40
5.7.1.2 Drenagem dos Gases	40
5.7.1.3 Conformação das áreas afetadas	41
5.7.1.4 Sistema de drenagem superficial	41
5.7.1.5 Indicação de Áreas de empréstimos do solo	43
5.7.1.6 Plano de revegetação	43
5.7.1.7 Restrições Futuras	44
5.7.1.8 Plano de monitoramento	44
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
APÊNDICE A – MAPAS	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Aspecto de Talude geralmente adotado (UFPB – Universidade Federal da Paraíba, 2013).....	7
Figura 3.2 – Representação espacial de diversos dados que compõe uma base de dados espaciais Fonte: Retirado de Cavalcante (2015).....	10
Figura 3.3 – Componentes do GIS. (Longley <i>et al.</i> , 2005).....	11
Figura 3.4 – Alterações desenvolvidas em modelo BIM (Autodesk Revit)	13
Figura 4.1 – Classificação de declividade (Embrapa, 2006)	21
Figura 4.2 - Visualização aérea do lixão (AutoCAD/Civil3D, 2022)	22
Figura 5.1 – Resíduos de construção civil (IFG – Instituto Federal de Goiás, 2018)	23
Figura 5.2 – Resíduos de domiciliares e comerciais (IFG – Instituto Federal de Goiás, 2018)	24
Figura 5.3 – Coletores trabalhando na separação de resíduos (IFG – Instituto Federal de Goiás, 2018)	24
Figura 5.4 – Vista superior da área do lixão (Google Earth, 2021)	25
Figura 5.5 – Área, Localização e Acesso. (Google Earth, 2021).....	26
Figura 5.6 – Mapa do lixão em relação a região hidrográfica (QGIS, 2022)	27
Figura 5.7 – Mapa de hipsometria da bacia do rio Corumbá (QGIS, 2022)	28
Figura 5.8 – Mapa do hipsometria em um raio de 4,5 Km (QGIS, 2022)	29
Figura 5.9 – Mapa de declividade em um raio de 4,5 Km (QGIS, 2022)	30
Figura 5.10 – Mapa de solo em um raio de 4,5 Km (QGIS, 2022)	31
Figura 5.11 – Mapa de análise do solo em área do lixão (QGIS, 2022)	32
Figura 5.12 – Mapa de análise da localização do lixão (QGIS, 2022)	34
Figura 5.13 – Planta da trincheira com corte A-A' (Guerra <i>et al.</i> (2010))	35
Figura 5.14 – Mapa de análise de curvas de 1 metro (QGIS, 2022)	36
Figura 5.15 – Perspectiva da estrutura da trincheira (AutoCAD/ Civil3D, 2022)	38
Figura 5.16 – Seção da estrutura da trincheira (AutoCAD/ Civil3D, 2022).....	39
Figura 5.17 – Divisão das áreas de confinamento do RSU do lixão de Firminópolis-Go (PRAD – Prefeitura municipal de Firminópolis, 2018).....	40
Figura 5.18 – Corte de Plateau (PRAD – Prefeitura municipal de Turvânia, 2018).....	41

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 5.1 – Quantidade diária de lixo	37
Equação 5.2 – Volume de lixo gerado diariamente	37
Equação 5.3 – Comprimento da trincheira	37
Equação 5.4 – Quantidade de lixo em 10 anos	38
Equação 5.5 – Método Racional	42
Equação 5.6 – Intensidade da chuva crítica	42
Equação 5.7 – Chézy – Manning	43

LISTA DE ABREVIACÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS.

ABRELPE	Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ANA	Agência Nacional de Águas
ASA	Área de Segurança Aeroportuária
Art	Artigo
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CAD	<i>Computer-aided manufacturing</i>
CH4	Gás metano
CO2	Gás Carbônico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EUA	Estados Unidos da América
Gb	Gigabytes
GEE	Gases do Efeito Estufa
Ghz	Gigahertz
GIS	<i>Geographic Information System</i>
Km	Quilômetros
m ²	Metros Quadrados
PEB	Plano de Execução BIM
PNRS	Política Nacional dos Resíduos Sólidos
PRAD	Plano de Recuperação de Áreas Degradadas
RIDE	Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SIG	Sistemas de Informações Geográficas

1. INTRODUÇÃO

O despejo de resíduos sólidos em lixões é uma forma inapropriada de disposição e tem ganhado mais destaque em sua problemática desde 2010 após a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) entrar em vigor. Ainda assim, nos tempos atuais são bastante utilizadas por municípios brasileiros, muitos deles buscando uma solução simplificada, uma vez que existe escassez de meios financeiros, estruturais e de equipes técnicas qualificadas que impede uma forma adequada de disposição dos resíduos. Toda essa disposição inadequada resulta em sérios problemas sociais, de saúde pública e ambiental para a população.

Pelo fato de ter como característica principal a disposição dos resíduos em uma área aberta não tendo nenhuma forma de controle ou análise do material despejado, é criada uma situação bastante complicada uma vez que não se sabe as características dos resíduos depositados. A ausência dessas informações implica na impossibilidade de quantificar, a probabilidade e o nível de poluição e contaminação, das águas subterrâneas e do solo, proveniente da infiltração do chorume além, da geração de mau odor, do aumento do número de doenças na geração de gases de efeito estufa oriundos da decomposição da parcela orgânica dos rejeitos e das queimadas ilegais que ocorre nessas áreas.

De acordo com Lanza *et al.* (2010), os resíduos depositados em lixões geram problemas de saúde pública, como a proliferação de vetores de doença, poluição do solo, das águas superficiais e subterrâneas através do chorume (líquido escuro gerado da decomposição da matéria orgânica), além de gerar gases com odores desagradáveis e intensificação do efeito estufa.

Sabendo-se que gestão de resíduos é um dos setores-chaves da Agenda Ambiental Brasileira e um dos principais desafios sanitários que se tem hoje no país, foi sancionada a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei Nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010, que tem como meta a extinção de lixões e a substituição por aterros sanitários, onde a proposta inicial era que todos os lixões fossem encerrados até o dia 2 de agosto de 2014, prazo esse que foi prorrogado posteriormente pelo novo marco legal do saneamento básico instituído na Lei Nº 14.026 de 15 de Julho de 2020, o município de Luziânia –GO integra a Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno – RIDE, de acordo com o Decreto nº 7.469, de 4 de maio de 2011, no qual foi definido o prazo de encerramento de lixões para 2 de agosto de 2021

O lixão localizado em Luziânia-GO, que é um município do entorno de Brasília, gerou nos últimos 20 anos uma média de 5 mil toneladas de resíduos sólidos urbanos a cada mês sendo dispostos de maneira inadequada. O lixão está localizado em uma área de aproximadamente 480.000 m² próximo a GO-010 a cerca de 5 km do centro da cidade. A prefeitura de Luziânia abriu em 2021 uma nova

licitação para a obra de encerramento do lixão através de um termo de referência gerado no dia 26 de maio, no qual a recuperação ambiental da área é de grande importância para garantir a mitigação de todos os impactos que foram provocados ao decorrer dos últimos anos.

Para recuperação dessa área degradada é necessário a elaboração de um diagnóstico detalhado com todos os impactos negativos causados pelo lixão com intuito de propor um Plano de Recuperação da Área Degradada (PRAD), onde é necessário realizar um levantamento faunístico, florístico e planialtimétrico do local sendo fundamental os conhecimentos de relações morfopedológicas daquela área.

Diante da necessidade de realização do plano, as geotecnologias oferecem importantes ferramentas de análises gerando conhecimentos de espaços geográficos e até a utilização correta de recursos sustentáveis. Quando o assunto envolve projetos, as predisposições em tempos atuais se inclinam na direção de tecnologias relacionadas com atualização rápida de dados, envolvendo vigilância, mapeamento utilizando aeronaves remotamente pilotadas também conhecidas como drones, realidade virtual e Modelagem de Informações de Construção (BIM), buscando uma ampliação na eficiência e produtividade em cada etapa, e um uso mais inteligente da mão de obra contratada, de todo material e do tempo necessário tendo influência direta na gestão, nas fases de elaboração e no orçamento do projeto.

O BIM visa à otimização de todos os processos de planejamento, no qual é implantado a utilização de modelos digitais e um gerenciamento de informações basicamente em todo ciclo de vida de produção, atuando no planejamento, na implementação, no gerenciamento e na desativação e podendo ser utilizado em diversos locais como uma ferramenta de padronização de diretrizes e parâmetros para governos. A relação entre o BIM e os sistemas de informação geográfica (SIG), possui um estudo limitado quando comparado com a associação entre BIM e produtos *Computer-aided manufacturing* (CAD) de construção civil, visto que as ferramentas SIG podem dar um aporte significativo nos processos BIM em importantes aspectos como a geração de várias informações que permita análises quantitativas e qualitativas de elementos geográficos.

Em situações de estudos ambientais, como no estudo de recuperação de lixões as ferramentas SIG possibilitam a avaliação de impactos ambientais, e todo processo de formação do projeto pode ser processado de maneira mais rápida e eficiente com integração de todos os dados SIG com os processos de planejamento BIM formando uma única estrutura atuando em um planejamento de forma colaborativa, favorecendo a troca de informações entre todos os componentes envolvidos no projeto.

Nesta monografia pretende-se ampliar os conhecimentos da relação entre os processos de Modelagem de Informação da Construção (BIM) e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), de forma subsidiar um estudo de viabilidade da recuperação ambiental na área do Lixão do município de

Luziânia-GO. Este documento está subdividido nos seguintes componentes: Introdução; Objetivos gerais e específicos; Fundamentação teórica; Metodologia; Resultados e Discussões e Considerações finais.

2. OBJETIVOS

Neste tópico serão apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos da pesquisa.

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral da monografia é avaliar os benefícios da integração de SIG e BIM para estudos de viabilidade da recuperação ambiental tendo como estudo de caso um lixão no município de Luziânia-GO.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para o cumprimento do objetivo geral foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Ampliar os conhecimentos aplicados na relação entre os processos BIM e as ferramentas SIG aplicados em estudos e análises ambientais;
- Avaliar o uso de geotecnologias na geração de informações para auxiliar nas tomadas de decisões da modelagem BIM e suas etapas;
- Identificar os benefícios da integração SIG e BIM para estudos de viabilidade da recuperação ambiental;
- Realizar um projeto preliminar de um aterro sanitário para a área analisada.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste tópico serão abordadas todo referencial teórico utilizado na monografia relacionado a geração de resíduos sólidos, recuperação de áreas degradadas, aplicação das geotecnologias, modelagem de informações da construção (BIM), interoperabilidade entre BIM e SIG e a Legislação relacionada ao BIM e pertinentes à recuperação de áreas degradadas.

3.1 GERAÇÃO DE RESÍDUOS

É incontestável que o crescimento populacional ao decorrer do tempo vem carregando enormes consequências ambientais, sendo que de acordo com dados da Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), a geração de resíduos era cerca de 66,7 milhões de toneladas no Brasil, valor que sofreu um salto de 12,4 milhões de toneladas em 2019 onde já se gerava 79,1 milhões de toneladas. Dessas 79 milhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos

(RSU) geradas cerca de 72 milhões de toneladas eram coletadas, no qual 43,3 milhões de toneladas (59,5%) tinham um despejo adequado e a outra parcela de 29,5 milhões de toneladas (40,5%) foram despejados de forma inadequada em lixões ou vazadouros a céu aberto. Os dados mostram que esse aumento de geração de RSU gerou uma grande adversidade de escala nacional e é fundamental um planejamento de saneamento ambiental que vise o controle dessa problemática que envolve tanto a geração como a destinação dos resíduos (Abrelpe, 2020).

Os resíduos sólidos gerados tendem a gerar inúmeras adversidades, podendo citar contaminações dos corpos hídricos, do solo e dos lençóis freáticos, geração de gases poluentes, doenças, maus odores e inúmeros problemas que os vetores causados pelo despejo inadequado podem atingir. O armazenamento adequado de resíduos é um dos grandes desafios de saneamento dos tempos atuais, uma vez que ainda existe um alto número de lixões nos municípios brasileiros mesmo após a Lei nº 12.305 da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) que estabelece a extinção dos lixões até 2014 (Casa Civil, 2010).

De acordo com Lanza (2010), em termos ambientais, os lixões agravam a poluição de solos, água, ar e no aspecto visual. Em termos sociais interferem na estrutura local, uma vez que a área pode atrair populações de baixa renda do entorno visando a separação e comercialização de materiais recicláveis.

Os aterros sanitários são uma solução viável, tanto pensando no viés da destinação (objetivando a redução e proteção de solos e mananciais) quanto pelo fato da geração de lixo de grande parte desses municípios não necessitar de instalações de grande porte.

De acordo com a Resolução do CONAMA nº 404/2008, são definidos aterros sanitários de pequeno porte, aqueles com disposição diária de resíduos sólidos urbanos de até 20 toneladas.

3.2 RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Para implementação do aterro sanitário, não basta apenas que ocorra o encerramento do lixão ou vazadouro a céu aberto, é fundamental que ocorra a recuperação da área (recuperando as características físicas, químicas e biológicas naturais, promovendo uma restauração ecológica) almejando resultados essenciais visando uma agregação de medidas, tais que minimizem todas as implicações geradas no meio ambiente, de forma com que ocorra a recuperação de forma gradual (Alberte *et al.*, 2005).

O fato de a área ser aproveitada ocorre principalmente em cenários de municípios de pequenos e médios portes, que devem se adequar à PNRS recuperando as áreas degradadas por resíduos sólidos, resultando na elaboração de projetos e diversas técnicas que podem gerar certa dificuldade em relações financeiras, não se enquadrando nos orçamentos das prefeituras (Zanella, 2017).

Vale salientar que a recuperação da área pode trazer um enorme valor ambiental, uma vez que ocorra a reestruturação de um ambiente que não conseguiria criar condições de recuperação fisicamente, quimicamente e biologicamente (Lanza, 2010).

De acordo com Coelho (2018), as principais adversidades que se deve levar em conta para recuperação de áreas degradadas são os parâmetros sanitários que envolvem a configuração dos resíduos, a marcação e identificação das áreas de deposição, formas de eliminar queimadas e geração de poluentes pelo ar; parâmetros ambientais que estão relacionados com toda vegetação ao redor da área, a drenagem e o tratamento do chorume que será gerado, processos de impermeabilização visando a proteção do solo e lençol freático; e por fim os parâmetros operacionais que servem para corrigir qualquer tipo de ação ou operação que influencie negativamente nos parâmetros anteriores.

Segundo Alberte *et al.* (2005), a recuperação da área degradada se dá primeiramente por uma etapa que visa designar todos as ameaças ambientais ao ecossistema do local, analisando questões como decomposição dos resíduos, todas as questões que envolvem o solo (composição, estabilidade, permeabilidade) e os levantamentos em relação às águas tanto subterrâneas como superficiais.

Com todos os estudos e análises realizados na etapa citada anteriormente, dá-se início à uma segunda etapa onde são selecionadas medidas de remediação (agrupamento de métodos e procedimentos tencionando eliminar o dano ao ser humano e ao ecossistema) com intuito de minimizar as vias de contaminação existentes no local através de tratamentos primários, secundários e terciários, dando início ao processo de gestão que visa a drenagem dos lixiviados, dos gases e das águas.

Para o tratamento primário as atenções se voltam para os procedimentos físicos, que se baseiam principalmente concepção estrutural, visando uma melhor operabilidade no tratamento de resíduos onde são definidos esquemas de drenagem, alocação das células e coberturas de lixo, sistemas de captação de gases e do chorume, o principal intuito desse tratamento é a criação de um espaço que favoreça toda degradação da matéria orgânica, e contenha de forma estrutural o deslocamento desorientado de substâncias gasosas e líquidas que prejudiquem o meio ambiente.

A diminuição dos volumes de contaminantes e toxicidades é abordada no tratamento secundário que antes de sua aplicação é necessário decidir um conjunto de técnicas de remediação que irá variar de acordo com os atributos disponíveis na área relacionando o período de remediação com os recursos disponíveis no local.

Segundo Zanella (2017), as decisões relacionadas às técnicas de remediação, são baseadas em um estudo acerca da área, apresentando um relatório das características físicas e químicas do local e do comprometimento ambiental no qual a área está inserida.

Alberte *et al.* (2005) classifica essas técnicas em três tipos de metodologias de remediação:

- Na metodologia biológica se opta por um processo de decomposição acelerado envolvendo microrganismos e bactérias geradas em reatores que busca uma alteração da forma mais rápida possível da matéria orgânica em gases e líquidos, onde os líquidos (lixiviados) podem ser tratados e o biogás gerado por sua vez pode ser queimado.
- Na metodologia anaeróbia possui por característica um tempo maior nos processos de decomposição se baseando unicamente em estruturas operacionais que drenam o chorume e os gases.
- Na metodologia semi aeróbica que conta com técnicas que abrem as células, dividem e despacham os contaminantes, onde sua eficiência não atinge uma metodologia totalmente aeróbica pelo fato do processo de enchimento de ar/gás não ser completo.

O tratamento terciário abrange todos os processos de tratamento dos resíduos gerados com a decomposição da matéria orgânica sendo elas líquidas, sólidas ou gasosas. Esses processos de tratamento têm como objetivo tanto um possível tratamento como uma destinação final adequada, onde caso a destinação seja de volta ao meio natural é necessário deixá-los em condições ideais de acordo com a legislação com um grau de toxicidade aceitável.

Quando os métodos de tratamento envolvem resíduos sólidos, processos de lixiviação das soluções alcalinas vão executar um procedimento de inertização do resíduo, que posteriormente será peneirado e dividido em uma parte orgânica que funcionará como uma espécie de cobertura e os materiais recicláveis que poderão ser comercializados e colocados de volta no ciclo de vida do material.

O tratamento envolvendo os lixiviados deve ser mantido por um período maior que 10 anos até que o maciço dos resíduos atinja condições relativas de estabilidade (Lanza, 2010).

Nos processos que envolvem resíduos líquidos a principal preocupação é a infiltração dos contaminantes no solo, onde os lixiviados devem estar todo tempo passando por análises de forma a ter um detalhamento dos seus níveis de contaminação, com um processo de drenagem bem estabelecido são aplicados procedimentos presentes em estações de tratamento de esgotos, como reatores em batelada, lodos ativados, lagoas aeradas e a remoção das matérias orgânicas pelo cloro (Alberte *et al.*, 2005).

No caso de resíduos gasosos o tratamento envolve a queima controlada de gases como o dióxido de carbono (CO₂) e o metano (CH₄), onde nesse processo de queima do biogás tem o benefício do aproveitamento energético possibilitando uma alternativa econômica quando bem aplicado os tubos de coleta e de análise.

Segundo Oliveira (2013), esses subprodutos necessitam de um monitoramento e tratamento uma vez que o biogás é classificado como Gás do Efeito Estufa (GEE) contribuindo para o aquecimento global.

Para as águas superficiais tendo em vista a eliminação dos processos de infiltração citados na parte dos resíduos líquidos, e de grande importância os sistemas de drenagem e os dimensionamentos das lagoas de retenção para períodos chuvosos.

O monitoramento ambiental acontece na fase final do processo em que é analisada toda ação que a estrutura tem sob o ambiente e é checada as condições do solo, água e ar do local a fim de estipular a competência do plano de recuperação daquela área, essa etapa é fundamental, pois a partir dela se obtém resultados cruciais relacionados às etapas de decomposição dos resíduos e a eficiência da inertização influenciando em manutenções do seu tratamento e de suas operações.

De acordo com Alberte *et al.* (2005), em processos de recuperação, independente da eficiência no tratamento de resíduos, é fundamental a conformação da superfície final e dos taludes do aterro, sendo áreas classificadas como mais vulneráveis a recalques e erosões.

De forma garantir a estabilidade dos taludes, é sugerido pelo autor adotar uma inclinação de 33% sendo a inclinação adotada nos Estados Unidos da América (EUA). Essa inclinação pode variar de acordo com as composições e características do solo do local, por exemplo: solos coesivos, como argilas possui em sua estrutura uma maior resistência de penetração de água, permitindo maiores ângulos de inclinações, por outro lado solos não coesivos como granulares arenosos não possuem essa resistência, sendo necessário considerar processos de molhagem e secagem de vegetação resultando em ângulos menores de inclinação. Esses processos devem ser executados a partir que as células de lixo forem sendo estabilizadas, aonde de acordo com que o aterro vai se formando deve ser proporcionado a finalização das obras. A figura 3.1 mostra o aspecto que geralmente é adotado:

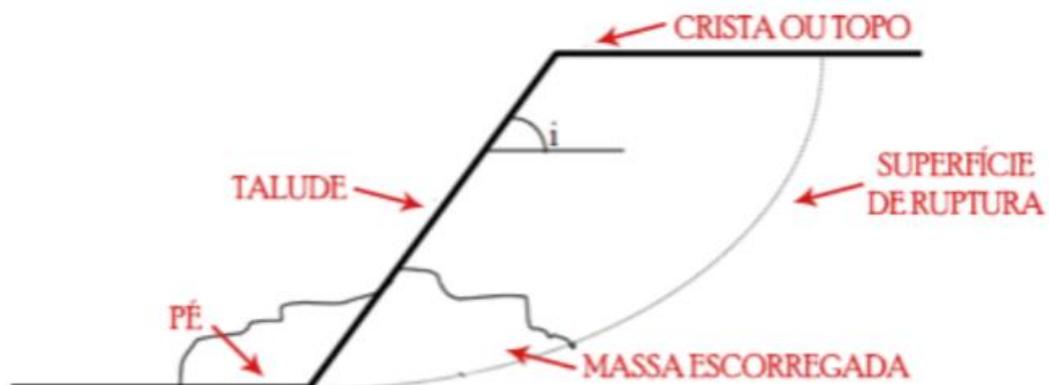


Figura 3.1 - Aspecto de Talude geralmente adotado (Fonte:Universidade Federal da Paraíba, 2013)

Para o uso da área posterior aos tratamentos apresentados anteriormente é necessário levar em conta que os processos de decomposição das células de lixo vão acontecer de forma contínua em períodos que podem ser duradouros, nesse quesito é fundamental que todos os sistemas de drenagem de gases e líquidos estejam em total funcionamento nesse período, a fim de conseguir alcançar um equilíbrio nas condições ambientais.

Segundo Lanza (2010) a construção de edificações e construções de grande porte nesses locais não é aconselhável uma vez que pode existir problemas relacionados a baixa capacidade de suporte do terreno e a possibilidade de infiltração de gases como o metano que tem um alto poder combustível e explosivo.

A recuperação daquela área deve buscar sempre a assimilação das características da área ao redor dela, onde a comunidade tem total importância nesse processo, devido a todo contexto social que essa recuperação vai promover, principalmente na vida de pessoas que usavam o lixão como forma de gerar renda. O poder público deve buscar alternativas relacionadas à gestão de resíduos, como usinas de reciclagem, cursos de instrução ambiental e associações que haja na vida dos indivíduos que tinham o lixão como principal meio de sustento (Alberte *et al.*, 2005).

Atualmente várias tecnologias vêm sendo empregadas para recuperação de áreas degradadas por disposição de resíduos sólidos, onde pode-se citar o exemplo de produções energéticas, como os biocombustíveis sólidos gerados na região da caatinga, e de propostas de gestão integrada dos resíduos sólidos em Belém.

3.3 APLICAÇÃO DAS GEOTECNOLOGIAS

O uso de geotecnologias para recuperação de áreas degradadas é um recurso promissor, uma vez que se é possível mapear a cobertura do solo, as áreas degradadas, as áreas de vegetação nativa remanescente e diversas informações geográficas.

Segundo Bertotti (2016), as geotecnologias são compreendidas como todo arcabouço desde os instrumentos de obtenção de dados, passando pelo processamento e chegando aos produtos derivados georreferenciado, sendo fundamental a qualidade dos dados.

As geotecnologias auxiliam em tomadas de decisões e otimizam a produção de resultados mais rapidamente, auxiliando em demarcações naturais, como limites de biomas e suas respectivas vegetações, áreas de proteção ambiental, áreas de plantações e agricultura podendo instruir associações públicas, privadas e no campo governamental.

Existem vários programas com licenças gratuitas, e dados geoespaciais, como cartas topográficas e imagens de satélites, disponíveis para downloads, destacando o portal da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) que fornece diversos dados geoespaciais das esferas nacionais, estaduais e municipais, dentro desse escopo as geotecnologias podem oferecer ótimos resultados e possibilitar a criação de medidas ou padrões de ações antecipadas que vão minimizar o passivo ambiental de áreas que futuramente possam vir afetar o meio ambiente.

3.3.1 Sistemas de Informação Geográfica

A grande necessidade de uma maior compreensão da complexidade da realidade exige, pelo menos, a interdisciplinaridade das pesquisas científicas o que, conseqüentemente, acaba gerando a necessidade de integrar um grande volume de dados (Júnior, 2001).

De acordo com Rosa (2005), o SIG pode ser definido como um conjunto de ferramentas computacionais composto por equipamentos e programas que através de técnicas, consegue integrar instituições, dados e pessoas, de forma tornar possível a coleta, armazenamento, processamento, a análise e a oferta de informação georreferenciada produzida por meio de aplicações disponíveis, que visam maior facilidade, segurança e agilidade nas atividades humanas referentes ao monitoramento, planejamento e tomadas de decisão relativas ao espaço geográfico.

Os atributos e valores geram uma representatividade da área estudada em questão, exemplificando, em uma mesma área pode existir diversas informações relacionadas a corpos hídricos, declividades, relevo, vegetação, características dos solos, que podem ser classificados como dados espaciais, não espaciais e temporais, como mostra a figura 3.2

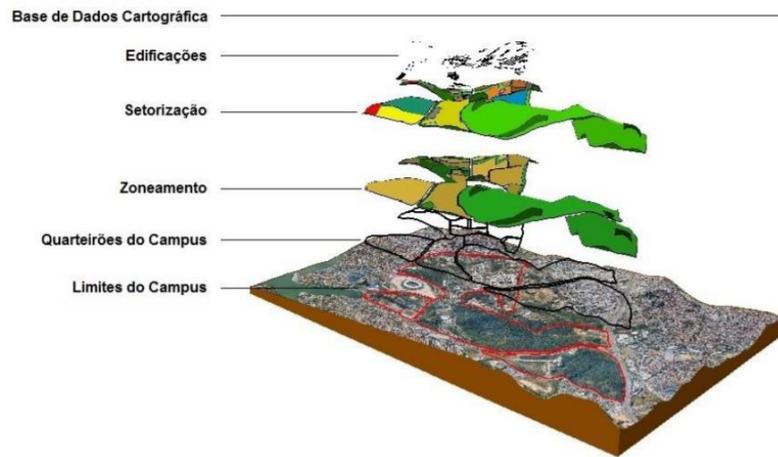


Figura 3.2 – Representação espacial de diversos dados que compõe uma base de dados espaciais
 Fonte: Retirado de Cavalcante (2015).

No mundo gráfico representativo são inseridas inúmeras metodologias, que antes se fundamentavam através de instrumentos mecânicos sendo utilizados de forma separada por diversos projetistas de várias áreas diferentes, agora essas com essas representações uma enorme gama de dados científicos são gerados por meio dos mais variados experimentos metodológicos que resultam numa robustez quantitativa, e em um aumento no grau de dificuldade de análise (Bertotti, 2016).

Muitas pessoas quando falam em SIG, se referem unicamente ao software, e não à tecnologia. É notório a dificuldade de comunicação entre os profissionais que usam a mesma nomenclatura se referindo a significados diferentes. Assim, para uma maior complexidade no entendimento é necessário explicar as principais componentes do SIG, no qual o programa é apenas um desses componentes. Os outros elementos são hardware, dados, usuários e metodologias (Rosa, 2005).

A figura 3.3 representa como esses elementos do SIG estão interligados, destacando o papel fundamental da rede.



Figura 3.3 - Componentes de um Sistema de Informações Geográficas. Fonte: Longley *et al.* (2005).

Os programas que coletam, armazenam, processam, analisam e apresentam os dados. O hardware é a rede de equipamentos que os softwares necessitam para exercer tais tarefas, sendo computadores, equipamentos de impressão e de armazenamento, os dados como já definidos anteriormente é toda “matéria prima” que abastece o sistema com informações da região analisada. Os usuários são os indivíduos que possuem conhecimentos e especializações do sistema de forma aumentar a aptidão da tecnologia. As metodologias de análises estão ligadas ao propósito da análise, definindo os métodos de tratamento nos processos de entrada, processamento e saída de dados para em suma atingir os resultados necessários.

Os sistemas de informação geográfica são classificados em duas categorias de dados: dados convencionais, sendo atributos alfanuméricos usados para armazenar os dados temporais e descritivos e dados espaciais que estão relacionados com a geometria, localização geográfica e as interações espaciais (Filho, 2001).

Os dados espaciais são compostos pelas coordenadas latitude e longitude considerando características que representam as feições, sendo classificadas estruturas matriciais e vetoriais.

Em estruturas matriciais, ocorre uma divisão da área em uma grade regular que tem a posição determinada pela localização da linha e coluna, essa grade é composta por células retangulares formada de atributos (informações da região), sendo assim a união de várias camadas de células a representação de uma área geográfica (Filho, 2001).

As estruturas vetoriais por sua vez representam os fenômenos geográficos, no banco de dados, por um objeto composto de pares de coordenadas, no qual a representação espacial ocorrerá em duas dimensões por geometrias do tipo linha, polígono e ponto. A localização no espaço determina sua

posição em um sistema de coordenadas. Nesses casos nem todas as posições do espaço precisam estar referenciada (Filho, 2001).

Segundo Bertotti (2016) O aporte teórico apresentado sobre geotecnologias tem como ponto de partida a contextualização geotecnológica para análise ambiental, nos diversos recortes espaciais, levando em conta o complexo cenário em que diversos aspectos dos sistemas naturais interagem com os sistemas sociais, potencializando o sistema produtivo, que por sua vez gera bens para o sistema econômico.

Existem inúmeros procedimentos que podem ser auxiliados por ferramentas SIG durante o processo de recuperação de uma área degradada, sendo primeiramente na identificação da área, no qual após a identificação das coordenadas geográficas pode-se realizar uma análise de forma prévia para que auxilie nas marcações dos limites da área a ser tratada. O SIG nessa questão irá atuar na caracterização e identificação das áreas degradadas e principalmente no acompanhamento e controle das propensões de degradação.

A partir das informações cartográficas é possível identificar razões e fundamentos que originaram a degradação daquele local, por exemplo a declividade pode ser um indicativo de uma característica no meio físico, que pode originar erosões, sendo necessário levar em conta todas essas propriedades do meio físico (geomorfometria do local, água, solo) unidos com as atividades humanas (descarte de resíduos de maneira inadequada no caso do lixo) e através das diversas sobreposição de diferentes atributos, a eficiência das análises irá aumentar.

3.4 MODELAGEM DE INFORMAÇÕES DA CONSTRUÇÃO (BIM)

Na elaboração de qualquer produto, existem sempre dois segmentos que são primordiais, o seguimento da informação que pode ser classificado como tudo que é importante/ necessário para concepção, construção ou operação de um projeto (peso, dimensões e custos) e o seguimento dos materiais que tem preponderância na qualidade e durabilidade do projeto, influenciando em outros aspectos como trabalhabilidade, resistência e higiene e segurança. Ao decorrer do processo de consolidação de um produto, inúmeras informações são formadas, transmitidas, assim como os materiais que podem sofrer várias alterações. Ambos os segmentos têm influência direta na eficiência do projeto, e quando se tem de maneira digital a relação de informações de ambos os segmentos, é definido a gestão de modelagem do produto, seguindo essa ideologia a empresa americana Autodesk visando promoção do programa Revit, criou o termo *Building Information Modeling* (BIM).

De acordo com Scheer e Filho (2009) a definição de BIM como um tipo de programa, reduz muito o seu significado, que é derivado da longa tradição de pesquisas sobre a utilização do computador como suporte à produção de edifícios.

Suponha-se um meio que relacione todo tipo de informação de um projeto (lista e materiais, fornecedores indicados, etapas de montagem, custos, manutenções, entre outros) em uma estrutura integrada deixando um ambiente virtual composto de uma certa complexidade e abstração (compondo todas as etapas do ciclo de vida do projeto), aberto e liberado propondo um desenvolvimento de forma interativa que conta com a colaboração dos profissionais de cada segmento proporcionando uma melhora na eficiência do planejamento e gestão, tudo isso é uma forma grosseira de representar BIM. Quando implementado de maneira apropriada, o BIM facilita um processo de projeto e construção mais integrado que resulta em construções de melhor qualidade com custo e prazo de execução reduzida (Eastman *et al.*, 2008).

A fundamentação do BIM se baseia principalmente em proporcionar uma atividade integrada, e a eficiência dessa atividade tenha influência direta na qualidade da informação no ciclo de vida do produto a ser desenvolvido sempre correlacionando todas as especificações inseridas naquele contexto em um modelo compartilhado como mostrado na figura 3.4.

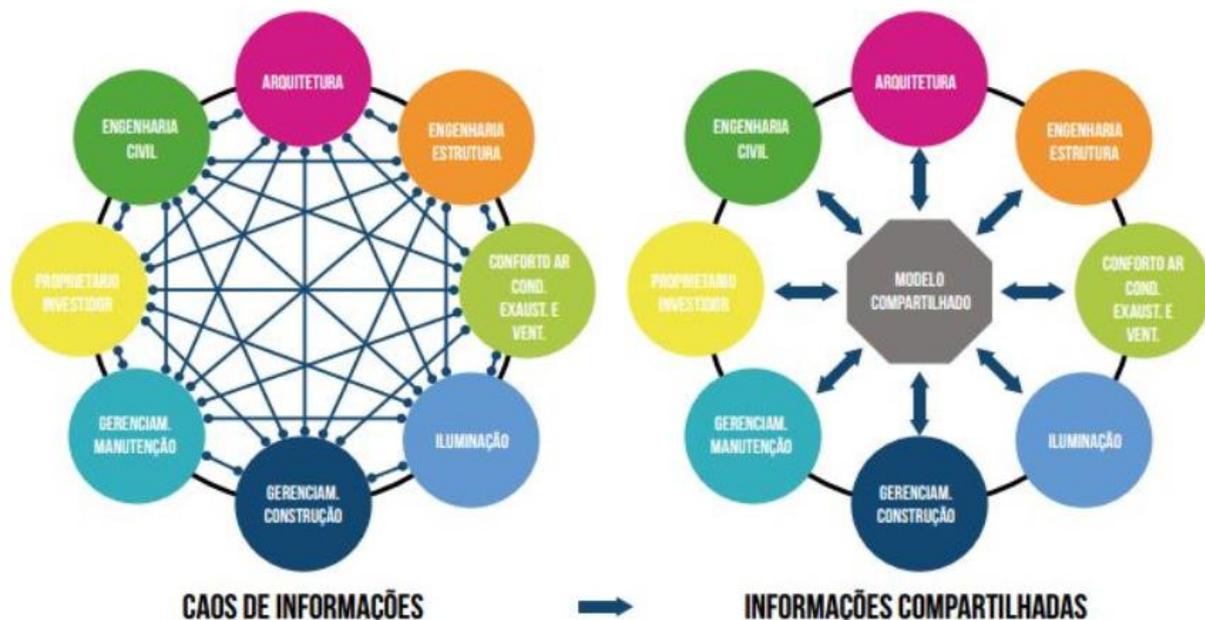


Figura 3.4 - Alterações desenvolvidas em modelo BIM Fonte: Autodesk Revit (2016).

Segundo Florio (2007), a colaboração vai exigir que os profissionais envolvidos trabalhem juntos livremente, extraindo o máximo do seu potencial de conhecimentos e experiências. Nesses projetos colaborativos em rede os profissionais podem trocar informações sobre seus respectivos projetos de uma maneira mais rápida e em menores prazos.

O BIM pode ser utilizado também para ser um elo entre diferentes setores institucionais, sendo eles o setor tecnológico, o setor que engloba os projetos e fabricação de produtos e o setor político, onde a

tecnologia vai ser responsável pelo desenvolvimento programas que sejam capazes de gerar uma estrutura de dados, e conseqüentemente promover a interação através de aplicativos de comunicação, fazendo com que isso dê suporte tanto na eficiência dos processos de construção e desenvolvimentos de projetos, quanto na política auxiliando nas legislações, normas e diretrizes otimizando o setor político.

De acordo com Scheer e Filho (2009), o conceito BIM pode ser melhor assimilado quando se explica as diferentes concepções, considerando BIM como um processo, uma ferramenta e um produto. No caso do processo como foi citado anteriormente se baseia em um método valorativo gerado por todas as etapas concebidas no ciclo de vida de um projeto. Já a concepção fundamentada na ferramenta é interpretada do modelo da edificação ou do projeto que tem a agregação de representações, informações e trocas de conhecimento, e por último a concepção fundamentada no produto que é no caso as etapas de projeto fundamentadas em instrumentos de informação e padrões abertos.

Abordando a modelagem BIM em projetos, de acordo com Eastman *et al* (2008), a modelagem BIM pode trazer influências positivas em projetos nos seguintes aspectos:

- Visualização antecipada e mais precisa de um projeto;
- Correções automáticas de baixo nível quando mudanças são feitas no projeto;
- Geração de desenhos 2D precisos e consistentes em qualquer etapa do projeto;
- Colaboração antecipada entre múltiplas disciplinas de projeto;
- Verificação facilitada das intenções de projeto e
- Extração das estimativas de custo durante a etapa do projeto.

3.5 INTEROPERABILIDADES ENTRE BIM E SIG

É fundamental levantar que os conceitos de modelagem citados por Scheer e Filho (2009), Florio (2007), Eastman *et al.*, (2008), entre outros vieram ao decorrer dos anos se promovendo através de um elo entre a modelagem BIM e os softwares CAD em projetos de construção civil, no entanto essas diferentes modelagens podem ser utilizadas na composição de diversas estruturas de informações e dados que beneficiem não só os softwares de CAD e a construção civil, mas também em uma conversão desses dados para softwares de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e vice versa.

De acordo com Schaller *et al* (2017), enquanto BIM está se tornando onipresente no setor de construção, confiando principalmente em produtos CAD, os SIG ainda têm papel limitado nos projetos de construção, sendo frequentemente restrito a algumas tarefas específicas ou visto como uma redundância potencial para o BIM. Mas na realidade, os SIG podem trazer uma valiosa contribuição ao processo BIM, fornecendo subsídios, adicionando informações sobre o entorno do canteiro de obras essenciais para as decisões de projeto e processos de aprovação.

Desta forma o desenvolvimento de infraestruturas e obras teriam projetos de CAD 2D e 3D, associados a modelagem BIM integrados de forma total ou parcial nos modelos de dados GIS, e através dos resultados dessas integrações seria possível realizar inúmeras análises ambientais, influenciando em tomadas de decisões em obras de engenharia.

Segundo Silveira *et al.* (2020), o BIM é uma tecnologia inovadora que surgiu a fim de realizar uma integração entre as inúmeras disciplinas envolvidas em um projeto, de forma a melhorar o diálogo entre as mais variadas especialidades de um projeto de engenharia, no qual visa promover a compatibilização espacial e coerência no produto final, bem como a minimização de riscos e erros de execução, permitindo também o controle das condicionantes ambientais e dos projetos de recuperação ambiental.

As análises sobre o meio ambiente podem trazer um novo leque de tipo de resultados que têm influência direta em todo projeto e os programas de construção civil como o CAD não conseguem estimar, um exemplo é a determinação de impactos temporais em áreas com uso permanente do solo, ou a identificação de conflitos potenciais devido a proteção de flora e da fauna de determinada região. Isso mostra que as ferramentas de sistemas de informação geográfica possuem potencial na associação com as modelagens BIM.

Acredita-se por meio de uma análise, que deverá ocorrer várias mudanças e modernizações de projetos, permitindo soluções de menor custo e melhores benefícios ambientais no PRAD (Silveira *et al.*, 2020).

3.6 LEGISLAÇÃO

A legislação tem por função garantir o bem-estar das futuras gerações, onde olhando para os princípios dos territórios, a legislação busca impor diretrizes que zelem por questões objetivas, físicas e até mesmo preocupações sociais subjetivas implícitas.

Questões envolvendo preferências por vertentes a seguir, preocupações e aspirações por mais que não estejam presentes nos documentos, são fundamentais na preparação no procedimento de mudança, onde o conhecimento do território está totalmente ligado à qualidade de vida da população.

Para realização do estudo, foram utilizadas várias normativas e legislações em âmbito federal relacionadas a aterros sanitários, citando a Lei nº 12.305/2010, a qual institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil; Resolução CONAMA 275/2001, que estabelece cores para os diferentes tipos de resíduos gerados; Resolução CONAMA nº 404/ 2008, que estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos; Decreto Federal nº 10.936/2022, que regulamenta a Lei nº 12.305; Norma ABNT NBR 10.004/2004, que classifica os Resíduos Sólidos; Norma ABNT NBR 8419/1992, que trata da apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos; Norma ABNT NBR

13.896/1997, que dispõe sobre a implantação e operação de aterros sanitários não perigosos; Norma ABNT NBR nº 10.157/1998, que dispõe sobre aterros de resíduos perigosos, critérios para projeto, construção e operação e CONAMA nº 4/1995, que trata da Área de Segurança Aeroportuária – ASA, e restrições quanto às atividades de natureza perigosa e/ou atrativa de aves.

No entanto, no presente documento só serão detalhados o Plano Nacional de Saneamento e a Legislação municipal, no que diz respeito a questões dos aterros sanitários.

3.6.1 Histórico da legislação BIM no Brasil

O BIM teve início por parte do poder público mais precisamente em 2017 com a criação do CE-BIM (Comitê Estratégico de Implementação do Building Information Modeling), onde foi contado com a participação de participantes de 9 ministérios e a instituição do GAT-BIM (Grupo de Apoio Técnico ao BIM). Por parte da Associação Brasileira de Normas Técnicas, foi publicado a NBR 15-965 que se trata de sistema de classificação das informações de construção.

Em 2018, o governo em uma estratégia visando aumentar o investimento de BIM no Brasil, onde o objetivo principal era a implantação em processos envolvendo obras públicas, atingindo 3 etapas: difusão dos benefícios ligados a BIM, coordenação das estruturas da esfera pública para admissão do BIM, e a desenvolvimento de um ambiente propício ao investimento, utilizando normas de referência por exemplo, criou o Decreto 9.377 C6-BIM, que implanta a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM no Brasil.

Em 2019 houve avanços na plataforma no Brasil, como a publicação do Decreto Lei 9.983, que institui o Comitê Gestor da Estratégia BIM BR e foi criada a Plataforma BIM BR por parte da ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento BIM).

No dia 3 de abril de 2020 foi a data mais importante da implantação do BIM no Brasil de acordo com a legislação até então, pois foi publicado o decreto 10.306/2020 onde de acordo com artigo 1º desse decreto estabelece a utilização do BIM (Building information Modeling) na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia, realizada pelos órgão e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling, citado anteriormente, onde esse decreto engloba todas as atividades em áreas que estão sob domínio da Força Aérea Brasileira, Marinha e Exército, atividades relacionadas ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e em investimentos em aeroportos regionais, além de buscar um acesso entre a teoria e a prática, o decreto visa principalmente determinar, responsáveis, práticas, datas, diretrizes e incumbências no qual a partir de janeiro de 2021 o uso de BIM deverá ser empregado em novas construções, ampliações ou correções de projetos de arquitetura e engenharia. Já a partir de janeiro de 2024 o uso de BIM de acordo com a lei deverá ser empregado na execução direta e indireta de projetos de arquitetura engenharia e na gestão de obras. Em janeiro de 2028 é previsto na

lei que o BIM também auxiliará em processos de gerenciamento, monitoramento e manutenção do empreendimento após a construção.

Vale destacar que no último ano foi sancionada uma nova lei de licitações nº 14.133 no qual no artigo 19 que discorre sobre os órgãos da administração com competências regulamentares relativas às atividades de administração de materiais, de obras e serviços e de licitações e contratos, deixa claro no § 3º que “Nas licitações de obras e serviços de engenharia e arquitetura, sempre que adequada ao objeto da licitação, será preferencialmente adotada a Modelagem da Informação da Construção (Building Information Modelling- BIM) ou tecnologias e processos integrados similares ou mais avançados que venham a substituí-la.”.

Por fim é fundamental ter em mente que toda essa questão de contratação de obras e projetos públicos está ligado diretamente aos interesses dos nossos governantes, ou seja, na maioria das vezes dado ao cenário político em que vivemos, a duração dos mandatos e processos de reeleições podem reger as tomadas de decisões nessas áreas, por isso cabe a população muitas vezes ter o papel de reivindicação dos padrões de qualidade relacionados a infraestrutura e gestão pública, de forma aumentar o número de iniciativas que gerem sinergias na direção do avanço. São agentes com este poder de indução que, efetivamente, podem dar um novo impulso à implantação do BIM no Brasil. Nardelli e Tonso *et al*, (2014).

3.6.2 Plano Nacional de Saneamento Básico

O Plano nacional do saneamento básico de acordo com dados do ministério do desenvolvimento regional teve sua elaboração prevista na lei de diretrizes nacionais para o saneamento básico – Lei nº 11.445 que institui diretrizes em quatro componentes, sendo elas o abastecimento de água potável, esgotamento sanitário coleta e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo de águas pluviais urbanas.

Na Lei nº 11.445 pode-se destacar o capítulo I que discorre sobre os princípios fundamentais, destacando o estímulo a pesquisa, ao desenvolvimento e a utilização de tecnologias apropriadas, considerando as capacidades de pagamento, adoção de soluções graduais e melhoria na qualidade com ganhos e eficiência e o capítulo VIII que discorre da participação de órgãos colegiados no controle social, no qual de acordo com o artigo 47º O controle social dos serviços públicos de saneamento básico poderá incluir a participação de órgãos colegiados de caráter consultivo, nacional, estaduais, distritais e municipais, em especial o Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

Assim pode-se notar que as ações relacionadas a serviços de saneamento básico pode ter cooperação de diversos órgãos colegiados, ou seja, grupos de representações diversas, no qual as decisões são tomadas em grupo partindo do aproveitamento de experiências, sendo eles conselhos, comitês, juntas e câmaras.

3.6.3 Legislação Municipal

Na plataforma da prefeitura municipal de Luziânia-GO, não foi encontrado nenhum tipo de plano de saneamento, no entanto, de acordo com o Plano diretor do município instituído na Lei nº 2987 de 03 de outubro de 2006, que discorre de acordo com artigo 1º sobre os princípios do desenvolvimento sustentável, o qual passa a ser assumido como paradigma pela municipalidade que o promoverá, de modo integrado e sistêmico, abrangendo toda a dinâmica da vida social e comunitária do Município e de seus habitantes, em todas as suas dimensões, no meio rural e urbano, com a finalidade de obter a melhoria da qualidade de vida da população e o incremento do bem estar da comunidade, para as gerações atuais e futuras.

No plano diretor é fundamental destacar a seção III, que trata sobre o desenvolvimento da dimensão geoambiental, salientando o artigo 17º que enfatiza que o desenvolvimento geoambiental de todo município tem como diretriz a adoção de conceitos e práticas de planejamento, gestão e controle ambiental participativo que possibilitem a integração de todos os níveis de governo que atuam na área ambiental e dos segmentos da sociedade, mostrando que todas as atividades realizadas no município, em questões de desenvolvimento geoambiental, serão pertinentes em âmbito nacional. No artigo 18 é salientado as ações prioritárias para o desenvolvimento geoambiental do município, onde no item XXIV destaca a avaliação em parceria com a Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno e com os municípios vizinhos, a implantação para gestão integrada ao Programa de Coleta e Destinação Final dos resíduos sólidos.

Outra lei municipal na qual se deve dar foco é a Nº 3.588 de 24 de abril de 2013 que discorre sobre a política municipal de resíduos sólidos e estabelece diretrizes para elaboração do plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, onde é destacada toda importância no artigo 4º das questões envolvendo poluidor – pagador, protetor-recebedor, promove uma visão sistêmica da gestão de resíduos sólidos considerando variáveis ambientais, sociais, culturais, econômicas, tecnológicas e de saúde pública, e mais uma vez salienta a importância da cooperação entre as diferentes esferas do poder público, incluindo o setor empresarial e os demais segmentos da sociedade.

4. METODOLOGIA

Como o objetivo da monografia é realizar uma avaliação dos benefícios da interação de SIG e BIM para estudos da viabilidade da recuperação de área ambiental, tendo como estudo de caso a área do lixão no município de Luziânia-GO, será utilizado o uso de SIG para auxílio em ferramenta BIM, através da elaboração de mapas no programa Quantum Gis (QGIS) em uma primeira etapa, para subsidiar as decisões de um pré-projeto de aterro sanitário na ferramenta AutoCAD/Civil 3D em uma segunda etapa, e por fim propor recomendações para recuperação da área degradada no município de Luziânia-GO em uma terceira etapa.

4.1 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para realização da caracterização da área de estudo, primeiramente foram compilados dados, relacionados ao município de Luziânia-GO, que é onde a área está inserida, sendo realizadas buscas no Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE), no site da Prefeitura Municipal de Luziânia-GO e no site do Instituto Federal de Goiás – Campus Luziânia, obtendo dados relacionados ao número de habitantes, geração média de resíduos e tipos de resíduos presentes no local.

Após esse primeiro levantamento, foi feito um croqui de localização, aonde através da ferramenta Google Earth, se delimitou a área de estudo de caso, identificou-se a bacia hidrográfica na qual ela pertencia, e foi traçado uma rota até a área partindo da prefeitura de Luziânia-GO.

4.2 MATERIAIS NECESSÁRIOS

Nesse tópico serão apresentados os materiais utilizados para o desenvolvimento dos trabalhos.

- Computador pessoal que execute os programas que serão utilizados, selecionando sempre quando possível programas gratuitos, comportando configurações mínimas ou similares a uma placa de vídeo com GPU de 4 GB com 106 GB/s de largura de banda e compatível com DirectX 12 com 16Gb de espaço em disco.
- Acesso ao Excel ou Google Planilhas, de forma analisar, calcular e gerar tabelas e gráficos dos dados obtidos;
- Acesso ao Quantum GIS versão 3.10.7, que é uma versão gratuita e licenciada pela *General Public License* (GNU), estando disponível nos sistemas operacionais mais utilizados no mundo com código-fonte aberto permitindo a visualização, edição e análise de dados georreferenciados;
- Acesso ao AutoCAD/Civil3D que é um programa pago, no entanto a Autodesk (fabricante da empresa AutoCAD) tem o programa estudante que fornece de forma gratuita os aplicativos da empresa para fins didáticos. O programa é destinado a projetos de engenharia civil, e funciona também como um suporte para Modelagem de Informação da Construção contando com diversas ferramentas integradas que aperfeiçoam projetos, desenhos e documentações;
- Modelo digital de elevação obtidos no Banco de dados Geomorfométricos do Brasil - TOPODATA;
- Malha viária e extensão territorial dos municípios com origem no Instituto Brasileiro de Geografia Estatística;
- Bacias hidrográficas e dados pedológicos com origem no Sistema Estadual de Geoinformação.

4.3. USO DE SIG PARA AUXILIAR BIM

Tendo em vista todos os processos que devem ser realizados para recuperação da área, para cumprir o objetivo de avaliar o uso de geotecnologia para gerar informações que auxiliem nas tomadas de decisões da modelagem BIM foi realizado um estudo, por meio de uma ferramenta SIG, de vários aspectos da área do lixão considerando uma escala de visualização local, denominada de micro e uma escala de visualização regional denominada de macro escala. O estudo versa em gerar informações com intuito de alocar um aterro sanitário no local realizando em uma ferramenta BIM um projeto preliminar.

Para execução dos mapas de análises da área objeto de estudo foi utilizado o software Quantum GIS (Qgis) versão 3.10.7, que é uma versão gratuita e licenciada pela *General Public License* (GNU), estando disponível nos sistemas operacionais mais utilizados no mundo. A ferramenta possibilita a manipulação, edição, análises e visualização de dados espaciais permitindo obter várias informações relacionadas a área de implantação e tomadas de decisões no projeto do aterro sanitário, uma vez que existe certos parâmetros ambientais a serem seguidos, de forma com que a área comporte a execução da obra.

Assim foram realizados mapas de declividade, hipsometria, pedologia e características da bacia, onde as fontes estão descritas no item 4.2.

Em relação às fontes utilizadas, tanto os dados do Sistema Estadual de Estatística e de Informações Geográficas do Estado de Goiás (SIEG), que tem suas diretrizes e ações estabelecidas no Decreto nº 6.019 de 07 de outubro de 2004 quanto o TOPODATA possuem uma resolução espacial inadequada para o nível de detalhamento de um projeto BIM. Sendo assim, o presente estudo possui fins orientativos devendo utilizar dados com escala adequada para elaboração do projeto.

Para a realização dos mapas em macro escala foi analisada a área do lixão em relação à Região Hidrográfica do Rio Corumbá a montante da Foz do Rio São Bartolomeu, sendo uma região que abrange uma área de 8971,2 quilômetros quadrados, assim através da hidrografia, do relevo (no mapa de hipsometria) e dos núcleos populacionais se é possível gerar informações importantes da influência da bacia na área do lixão em uma escala de visualização de 1:500000.

Para a análise de micro escala, considerando toda legislação estudada, citadas no item 3.6 do presente trabalho, principalmente nos parâmetros de projeto, construção e operação, existe toda questão relacionada a critérios de localização da área do aterro (distância para corpos hídricos, existência de vias de acesso, etc...), assim se optou por realizar uma análise em um raio de 4,5 km ao redor da área do lixão no qual é possível fazer análises que condizem com o que é exigido na legislação citada, para esses mapas foi utilizado uma escala de visualização de 1:30000, e por fim, para análises dentro da

área do lixão, onde foram feitos diagnósticos de curvas de nível e tipos de solo para seleção de uma melhor área para obra do aterro foi utilizado uma escala de visualização de 1:6200.

Para execução do mapa do lixão em relação a região da bacia hidrográfica do rio corumbá, foi buscado primeiramente todo banco de dados relacionados a bacia e das características hidrográficas da região todos disponíveis gratuitamente na plataforma do SIEG, outros dados necessários foi toda a demarcação territorial dos municípios incluídos na bacia, disponível na plataforma do IBGE, e por fim com auxílio da ferramenta do Google Satélite no Qgis foi feita a busca de forma manual por todas as áreas de agrupamentos urbanos dentro da bacia.

A elaboração dos mapas de hipsometria foi realizada através dos dados do Modelo Digital de Elevação obtidos na plataforma do INPE Topodata, onde foi recortado o raster pelas camadas máscaras (Região hidrográfica e área analisada), e com isso foi realizado a análise de sombreamento considerando o fator z (exagero vertical) de 1,5 vezes, alterando a transparência da camada gerada em 15%, e alterando a simbologia do arquivo matricial do MDE em uma renderização de banda simples falsa cor e uma precisão real (com tempo de processamento mais lento).

Para realização do mapa de declividade da região, novamente foi utilizado o modelo digital de elevação, utilizado no mapa anterior, onde foi possível realizar a análise de declividade no arquivo matricial, classificando em porcentagem e dividindo em seis classes conforme é indicado pela Embrapa como é mostrado na Figura 4.1:

Declividade (Embrapa, 2006)	Faixa (%)
Plano	0-3
Suave Ondulado	3-8
Ondulado	8-20
Forte ondulado	20-45
Montanhoso	45-75
Escarpado	> 75

Figura 4.1 – Classificação de declividade. (Embrapa, 2006)

Por fim, para elaboração do mapa de análise do solo novamente na plataforma do SIEG foi realizar o download do dado pedológico na escala 1:100000 que abrange o estado de Goiás, no qual foi analisada uma área que abrange os 4,5 km de raio como citado anteriormente e uma análise do solo presente dentro da área do lixão, permitindo obter uma visão geral, em relação as localidades que comportam de fato a realização de uma obra. Todos os mapas gerados para análise estão presente no apêndice do presente documento.

4.4. ELABORAÇÃO DO PROJETO

Para elaboração do projeto primeiramente foram analisado todos os mapas gerados a fim de decidir qual tipologia de aterro sanitário adotar. Após a tomada de decisão foram realizados cálculos através dos dados levantados no item 4.1, para se chegar a dimensões da estrutura, e por fim foi realizado de um projeto preliminar através do uso da ferramenta AutoCad/ Civil 3D.

Primeiramente as curvas de nível e a tipologia do solo geradas no Qgis foram exportadas em formato .kml, de forma buscar a interoperabilidade entre SIG e GIS. Ao abrir o programa AutoCAD/Civil3D, utilizando o espaço de ferramentas, no qual nas configurações do desenho e possível inserir a zona determinando uma categoria (País em questão) e selecionando um sistema de coordenadas geográficas, no qual assim como no QGIS foi utilizado o Sirgas 2000.

Com isso foi aberto uma nova aba denominada Geolocation na barra de ferramentas, que possibilita a visualização do mapa aéreo georreferenciado (Figura 4.2), possibilitando importar as demais informações geradas no Qgis. Desse modo foram importadas as curvas de nível e a tipologia do solo através do comando *mapimport*, possibilitando a visualização da área do lixão no qual com os dados sobrepostos, foi possível realizar o projeto preliminar utilizando as ferramentas básicas do AutoCAD/Civil3D.

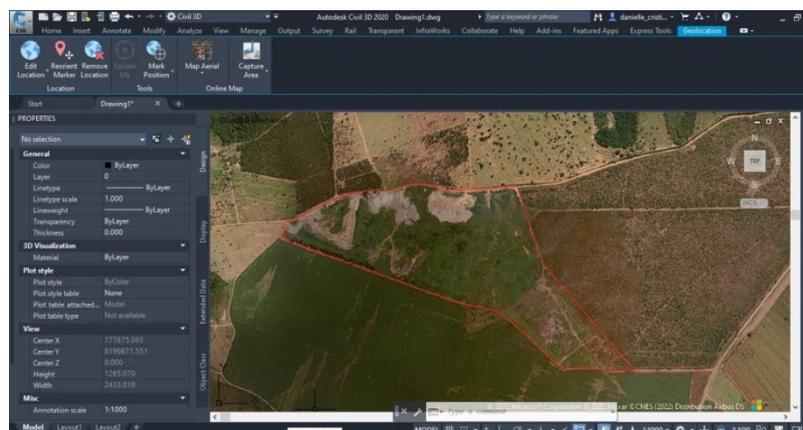


Figura 5.4 – Visualização aérea do lixão (AutoCAD/Civil3D, 2021)

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Objetivando utilizar o uso da ferramenta SIG para obtenção de informações que irá instruir e ajudar na tomada de decisões da ferramenta BIM, foram gerados alguns mapas de análises, onde o estudo foi traçado de um cenário de macro escala para um cenário de micro escala.

5.1. ÁREA DE ESTUDO

Antes da análise dos mapas é fundamental uma compreensão da área de estudo e o contexto onde ela está inserida, levantando dados que possam auxiliar na prospecção do estudo de caso.

5.1.1 Contextualização

Luziânia-GO é um município do entorno de Brasília com cerca de 212 mil habitantes, sendo o sexto município mais populoso do estado de Goiás. Nos últimos 20 anos foi gerado uma média de 5 mil toneladas de resíduos sólidos urbanos a cada mês de acordo com dados da prefeitura, sendo dispostos de maneira inadequada em um lixão localizado próximo a cidade. Os resíduos depositados no local são formados por materiais domiciliares, comerciais e de construção civil, classificados em resíduos Classe I (perigosos) de acordo com a NBR 10004/2004, como é possível ver nas seguintes Figuras:



Figura 5.1 – Resíduos de construção civil (Instituto Federal de Goiás, 2018)



Figura 5.2 – Resíduos de domiciliares e comerciais (Instituto Federal de Goiás, 2018)

Esse material constitui o lixo, que é um dos maiores problemas das sociedades modernas. Nas duas últimas décadas, a quantidade de lixo urbano tem aumentado e sua composição tem-se modificado. O lixo das residências, além de restos de alimentos e material reciclável (vidros, latas, papel e plásticos), apresenta grande número de materiais que podem causar danos aos ecossistemas e riscos à saúde humana. (Andrade *et al.*, 2007)

A utilização dos lixões pode gerar diversos efeitos negativos em âmbitos ambientais, tendo em vista a poluição do solo, de águas superficiais e subterrâneas e do ar. O âmbito social acaba sendo prejudicado uma vez que populações de baixa renda podem usar o local como um meio de sustento realizando coletas, separações e comercialização de materiais recicláveis (Figura 4.4), e essa atividade pode gerar um perigoso vetor de doenças.



Figura 5.3 – Coletores trabalhando na separação de resíduos (Instituto Federal de Goiás, 2018)

Objetivando a recuperação de toda essa área, o plano de recuperação de áreas degradadas visa determinar medidas e processos para a desativação do lixão, tendo em vista que a prefeitura de Luziânia abriu em 2021 uma nova licitação para a obra de encerramento do lixão, no qual a recuperação ambiental da área é de grande importância para garantir a mitigação de todos os impactos que foram provocados ao decorrer dos últimos anos.

5.1.2. Área, Localização e Acesso

A área de estudo possui uma área de aproximadamente 480.000 m² e um perímetro de 3600 m (Figura 4.5) localizada na bacia do Rio Paraná, próximo a GO-010 (16° 17' 19,07" S ; 48° 1' 2,69" O) a cerca de 8,2 km da prefeitura que se localiza no centro do município.



Figura 5.4 - Vista superior da área do lixão (Google Earth, 2021)

A área do lixão está localizada a cerca de 8,2 quilômetros da prefeitura que localiza-se no centro da cidade, onde o trajeto mais acessível é feito, saindo da sede da prefeitura e seguindo a Avenida Dr. Ézio Carneiro por 450 metros até o encontro da Avenida Santa Maria que ao seguir a esquerda por 581 metros entrará em conversão à direita com a GO-010 percorrendo 6730 metros até a estrada não pavimentada que dá acesso ao lixão, localizada do lado direito da GO-010 no sentido da ida, no qual será percorrido uma distância de cerca de 440 metros até a entrada como mostra a figura 4.6.



Figura 5.5 – Área, Localização e Acesso. (Google Earth, 2021)

5.2. ANÁLISE DE LOCALIZAÇÃO EM MACRO ESCALA

A análise da bacia hidrográfica é uma excelente estratégia de planejamento, onde as características da hidrografia podem influenciar diretamente no local que o aterro sanitário será instalado, uma vez que toda essa poluição não irá respeitar limites municipais, sendo que as localidades a jusante são as mais prejudicadas (Dos Santos *et al.*, 2016). Partindo desse princípio foi feito uma análise em macro escala, no qual foi realizado o download da região hidrográfica que o aterro está alocado, sendo ela a Região Hidrográfica do Rio Corumbá a montante da Foz do Rio São Bartolomeu.

A Região Hidrográfica do Rio Corumbá a montante da Foz do Rio São Bartolomeu possui uma área de 8971,2 quilômetros quadrados, e abrange uma área com 16 municípios do estado de Goiás (Abadiânia, Aguas Lindas, Alexânia, Anápolis, Campo Limpo, Cocalzinho, Corumbá, Cristalina, Gameleira, Luziânia, Novo Gama, Padre Bernardo, Pirenópolis, Santo Antônio do Descoberto, Silvânia e Valparaíso), mais uma pequena área do Distrito Federal conforme é apresentado na Figura 5.1.

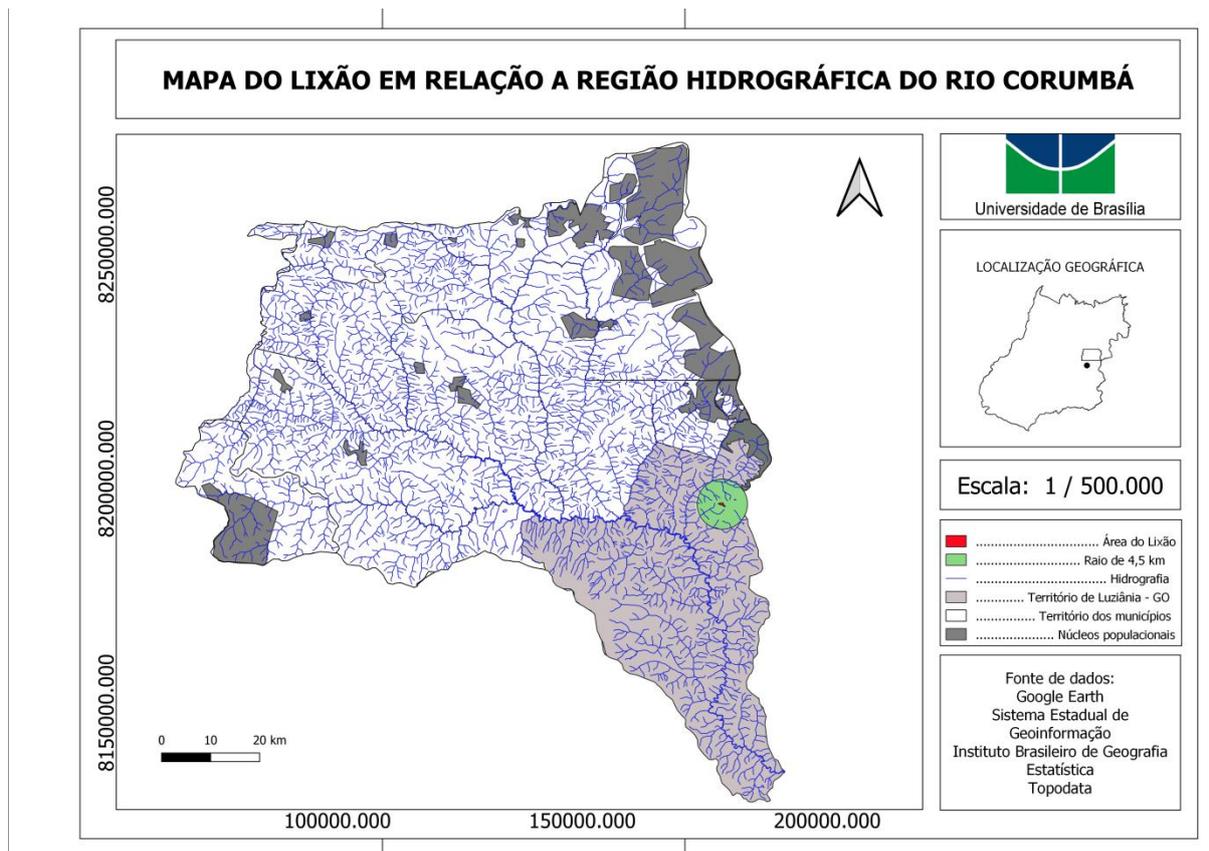


Figura 5.6 – Mapa do lixão em relação à região hidrográfica (QGIS, 2022)

A partir do mapa 5.6 obteve-se um panorama geral e informações da influência da bacia hidrográfica na área do lixão, bem como seu distanciamento dos núcleos populacionais, no qual a legislação recomenda que a distância do limite da área útil do aterro a núcleos populacionais seja superior a 500 metros, por outro lado o local também não deve possuir longas distâncias, uma vez que olhando pelo lado econômico, existe toda relação de custo com transporte de resíduos envolvido nesse processo devido a isso Redondo (2017) e Lino (2007) indicam uma distância máxima de 15 quilômetros dos núcleos populacionais.

Foi possível analisar também toda área do lixão (em vermelho) em relação à Região Hidrográfica do Rio Corumbá a montante da Foz do Rio São Bartolomeu, no qual o lixão está localizado a uma distância de cerca de 10 km do curso principal do Rio Corumbá, indicando que a densidade de drenagem está tendendo para uma distância considerável da área do lixão. Os núcleos populacionais em questão foram destacados em cinza escuro no mapa, e a partir dele foi gerado um raio de influencia ao redor da área, mostrando que ela está a uma distância de 4,5 km do núcleo populacional de Luziânia (núcleo mais próximo), no qual a dimensão territorial do município foi destacada em um cinza mais claro, se enquadrando nos requisitos da NBR 10157 (ABNT, 1998).

5.3. ANÁLISE HIPSOMÉTRICA EM MACRO E MICRO ESCALA

A análise hipsométrica é um importante componente que compõe as características do relevo, no qual vale destacar que por mais que o projeto do aterro seja composto por uma base impermeabilizante é crucial uma maior distância dessa área em relação ao nível do freático, de forma deixar a área mais propícia a receber resíduos e mitigando as chances de contaminação, aonde de acordo com a NBR 13896 (ABNT, 1997) é indicado uma camada natural de solo insaturado de 1,5 metros entre o aterro e o nível das águas subterrâneas, assim a análise hipsométrica indica formas de relevo que pode impactar na escolha dos locais. Foi realizado 2 mapas de análises hipsométricas, sendo um analisando a Região Hidrográfica do Rio Corumbá a montante da Foz do Rio São Bartolomeu e o outro analisando um raio de 4,5 km ao redor da área .

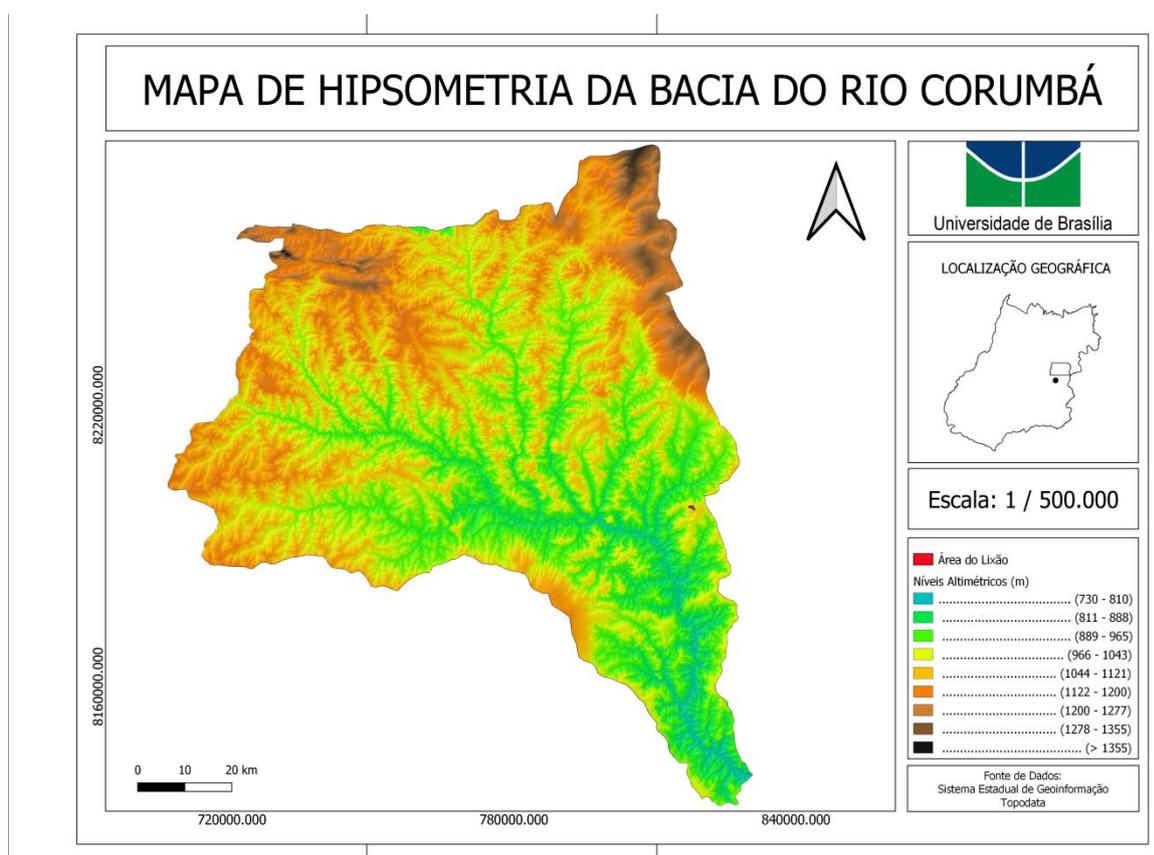


Figura 5.7 – Mapa de hipsometria da bacia do Rio Corumbá (QGIS, 2022)

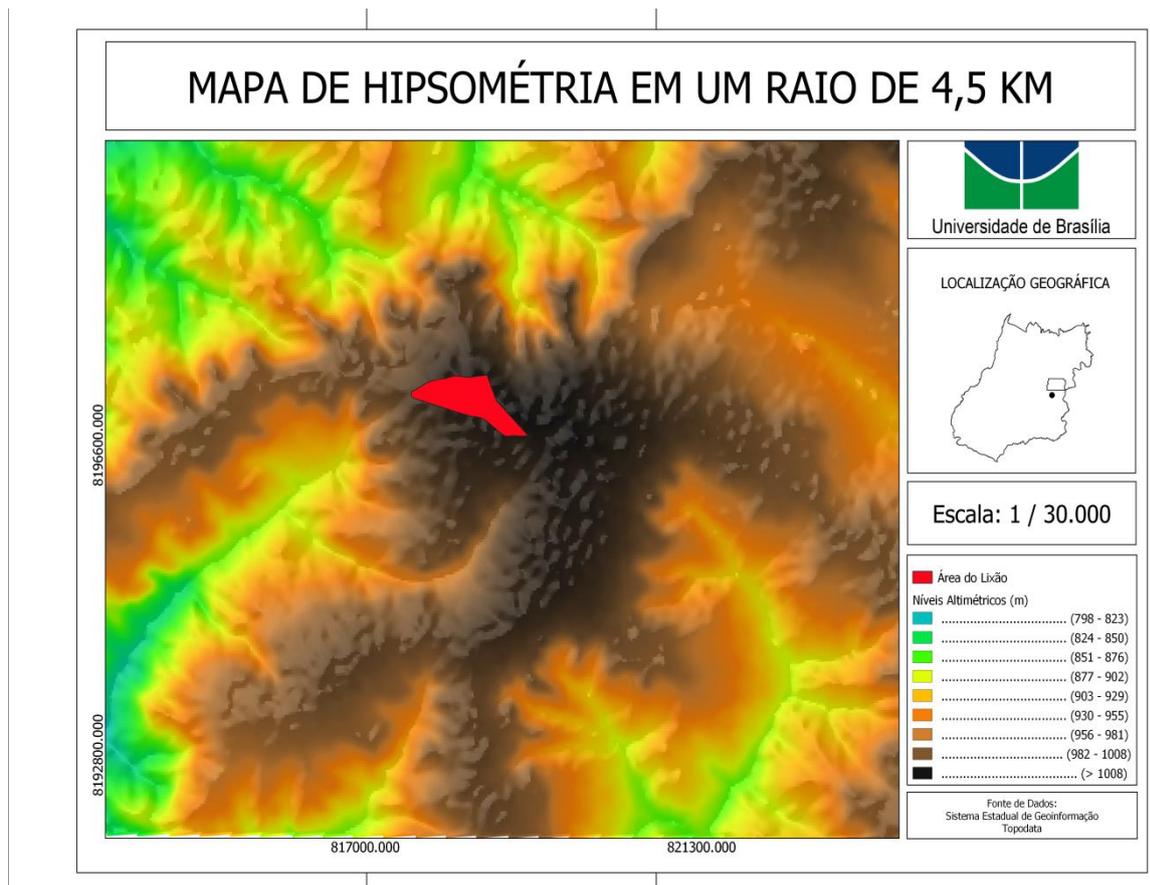


Figura 5.8 – Mapa de hipsometria em um raio de 4,5 km (QGIS, 2022)

A partir dos dados obtidos é possível notar em uma análise em macro escala que a altitude do terreno é superior na região norte da bacia, fator que vai diminuindo mais ao sul, o que pode ser fator preocupante uma vez que a região do lixão está mais a baixo, no entanto ao ver a análise de uma área de 10000 hectares de abrangência em torno da região do lixão é possível notar que ele está alocado em um dos locais mais altos, estando a cerca de 1010 metros do nível do mar.

5.4. ANÁLISE DA DECLIVIDADE DA ÁREA

De acordo com Pampolini (2015) os parâmetros ambientais usados para classificação de áreas viáveis à instalação de um aterro sanitário referem-se às variáveis geotécnicas e ambientais que classifica os terrenos quanto à declividade, espessura e permeabilidade do solo.

O entendimento do relevo é fundamental para o planejamento do aterro, esse domínio possibilitará o desvio de diversos empecilhos estruturais, como suscetibilidade à erosão, lixiviação e condições de drenagem, dessa forma para realizar essa análise é essencial o acesso à dados de modelos digitais de elevação o mais detalhado possível, Assim como foi especificado anteriormente, foi feito uma análise

de declividade em um raio de 4,5 quilômetros ao redor da área do lixão, utilizando o único dado disponível para região o Topodata, obtendo-se o seguinte resultado.

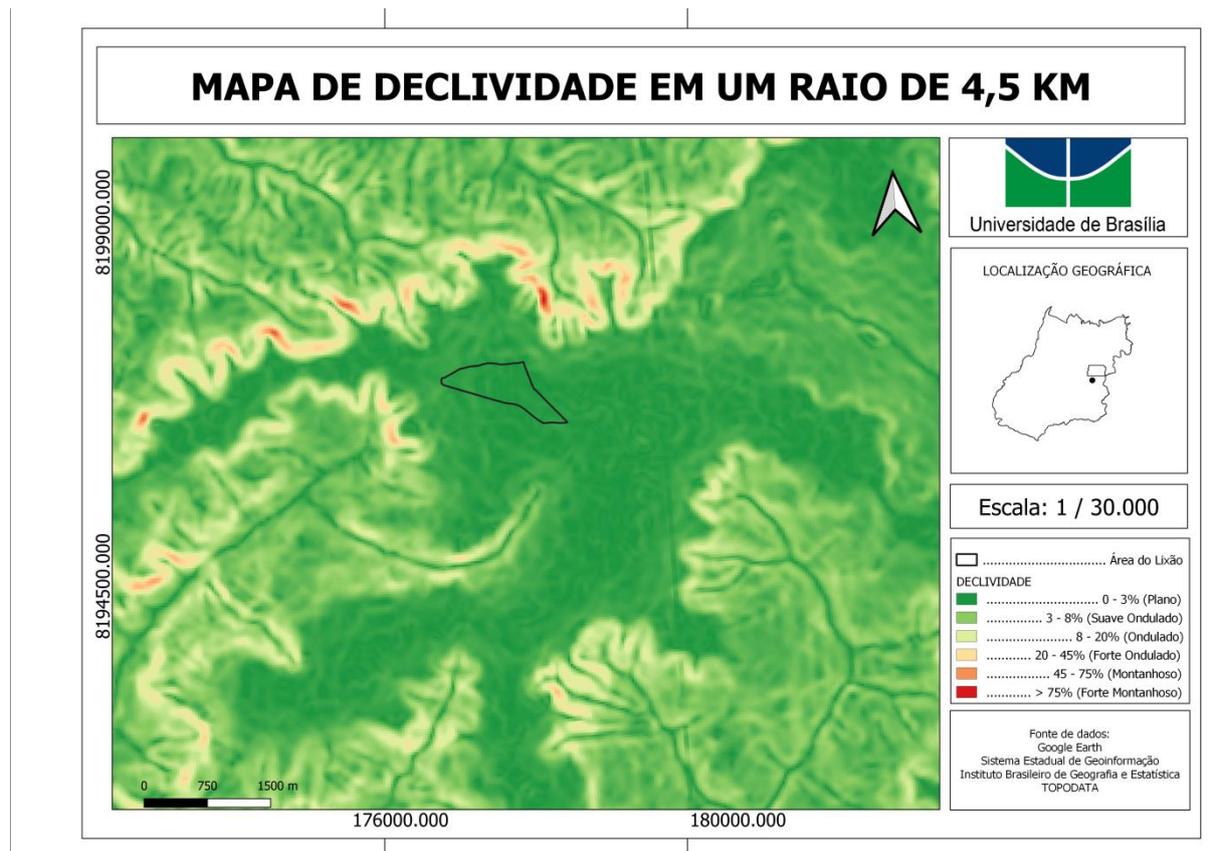


Figura 5.9 – Mapa de declividade em raio de 4,5 km (QGIS, 2022)

Analisando o mapa de declividade da região do lixão, é possível notar que a área de estudo em questão apresenta uma coloração esverdeada, o que indica uma área caracterizada como plano e suave ondulado, com declividades entre 0 e 8%. Se embasando no item 4.1 da NBR 10157 (ABNT, 1998), onde é enfatizado que a topografia é um fator determinante na escolha do método construtivo e nas obras de terraplanagem para a construção e instalação, onde é recomendado áreas com declividade entre 1 e 20%. De acordo com Da Silva (2011) quanto menor for a declividade da área em análise, mais adequada será para introdução do aterro sanitário, pelo fato de que com baixas declividades as operações de movimentações de resíduos e solos se tornam mais simplificadas, além de oferecer uma menor chance de condições críticas para o sistema de drenagem.

5.5. ANÁLISE DO SOLO

Foi realizada uma avaliação do solo da região com base no dado temático compilado que abrange o local, que é um dos aspectos mais importantes no projeto do platô do aterro, pois o estudo do solo em muitos dos casos é o primeiro processo de uma construção sendo parte fundamental, principalmente se tratando de grandes projetos.

O planejamento de um projeto sem as informações necessárias das caracterizações do solo inviabiliza as tomadas de decisões relacionadas aos tipos de fundação que será adaptada nos procedimentos iniciais da obra, influenciando também em aspectos tanto como de segurança, como de viabilidade econômica. O recalque ou assentamento é um exemplo comum na execução de obras onde não se conhece as características do solo (Da Silva e Oliveira, 2018).

Assim foram obtidos os seguintes resultados, ao analisar as caracterizações do solo do local:

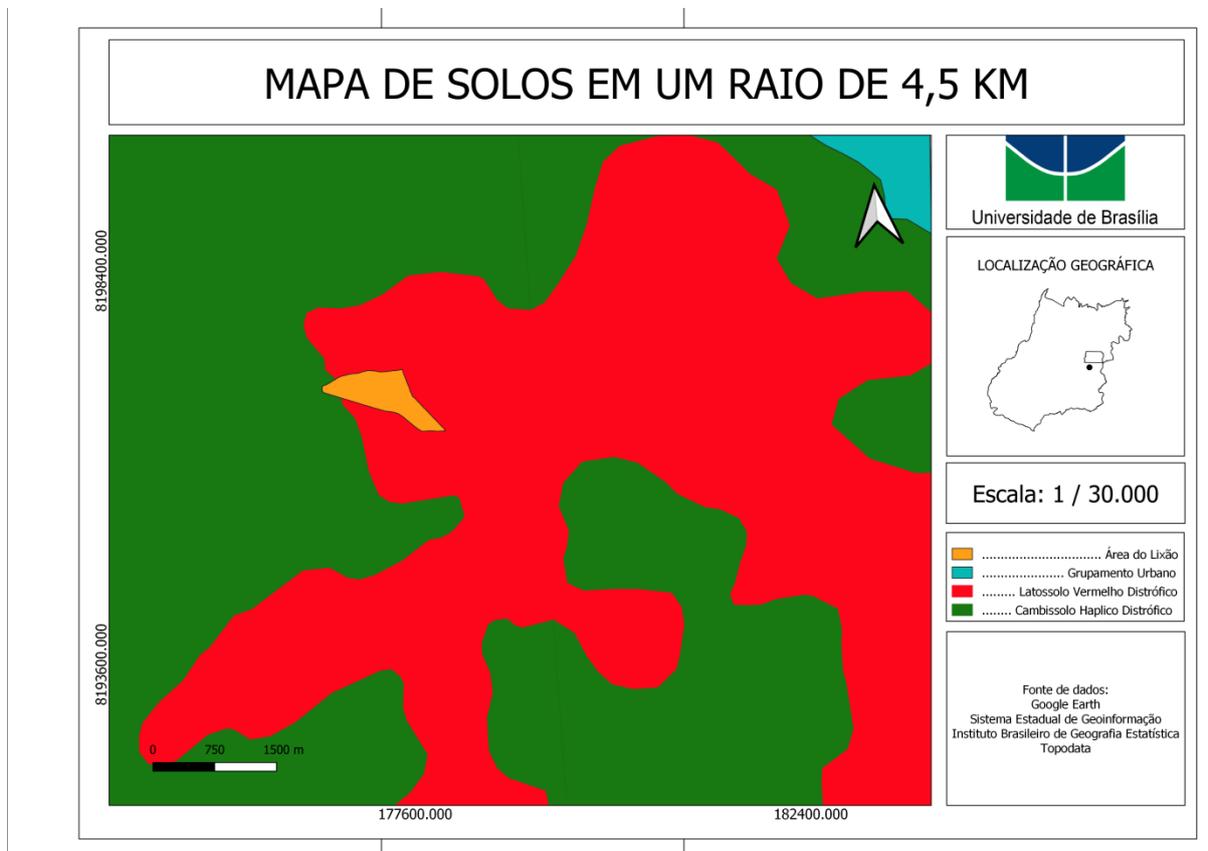


Figura 5.10 – Mapa de solo em raio de 4,5 km (QGIS, 2022)

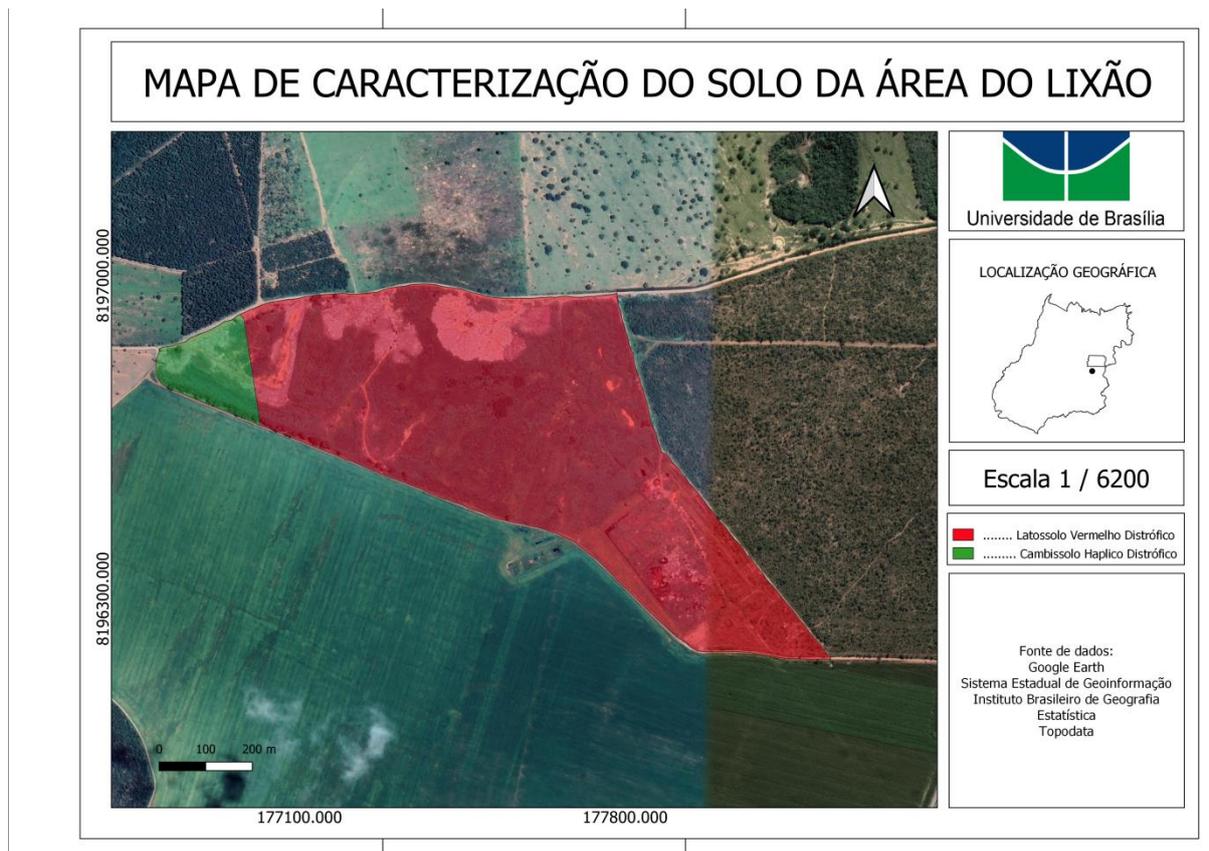


Figura 5.11– Mapa de análise de solo da área do lixão (QGIS, 2022)

Ao analisar o solo presente na área foi identificado a predominância de dois tipos sendo eles o Latossolo vermelho distrófico (449700 m² em vermelho no mapa) e o Cambissolo háptico distrófico (30700 m² em verde no mapa).

O Latossolo vermelho distrófico é um solo característico das regiões do Centro Oeste, Sul e Sudeste do País, no qual a tonalidade vermelha é originada do óxido de ferro presente em sua composição, a sua presença nessa área faz sentido, uma vez que ele normalmente é encontrado em relevos planos e ondulado, conforme foi mostrado nas características da área na análise de declividade, esse solo possui propriedades de um solo mais argiloso (com aspectos similares a de uma areia fina). De acordo com o SIBCS (Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos) os Latossolos Vermelhos de característica distrófica estão classificados no terceiro nível categórico, tendo como característica principal, como um solo de baixa fertilidade, muito pelo fato de seu grau de saturação ser inferior a 50%, o que indica uma baixa permeabilidade, sendo um fator favorável para implantação de um aterro.

O Cambissolo háptico distrófico por sua vez é um solo característico da região nordeste do país e são solos que mais tem características minerais próximas do seu material de origem, onde suas propriedades vão variar de acordo com as condições do clima, as formas do relevo e o material de origem, sua textura predominante é arenosa e o termo háptico se aplica pelo horizonte A em que ele

está inserido, uma vez, que pelo fato dele não ser tão escuro, ele não se enquadra em úmico e sim em háplico, ele possui em suas principais características um horizonte B insipiente, no sentido que ele não é tão grande quando comparado com um Latossolo, porém ainda existe mesmo que pequeno, se diferenciando do Neossolo (que não tem horizonte B) e está em contato direto com a camada rochosa. Em regiões que possuem Cambissolo, existem também neossolo litólicos (Casos onde a rocha já esta em contato com horizonte A) ocorrendo principalmente em áreas com relevo como vai ser mencionado mais adiante. Vale ressaltar que o declive acentuado e o solo “com características mais novas” como é o caso do cambissolo favorece a erosão e apresenta mais limitações do que potencialidades, possuindo mais pedregulhos em suas composições.

Levando em conta que ele normalmente é encontrado em áreas com relevos forte ondulados ou montanhosos, o que não faz muito sentido a sua presença no local uma vez que ao analisarmos o mapa de declividade a área do lixão está localizada em uma área de característica plana e suave ondulada, é importante levantar o questionamento, tendo em mente que não foi realizado um levantamento a fim de validar o que realmente existe em campo, foi considerado dois cenários nas tomadas de decisões do projeto, sendo um com apenas a existência do Latossolo vermelho distrófico no local e outro considerando a existência de Cambissolo háplico distrófico no local mesmo que sendo em poucas proporções.

5.6. ANÁLISE DE CURVAS DE NÍVEIS E MALHA VIÁRIA

Por fim foi analisada a localização que a área do lixão se encontra, gerando as curvas de nível que vão auxiliar na compreensão dos desníveis e das irregularidades do terreno, fator que terá influencia direta nos processos BIM, em processos de escavação, compactação do solo e prevenção contra erosões.

Além do mais, no mapa de localização foi incluídas informações sobre todo trecho viário presente ao redor da área do lixão, sendo uma informação fundamental, uma vez que a acessibilidade é um parâmetro que influencia diretamente nos custos de uma obra. Outra informação importante, porém agora em critérios ambientais é em relação a proximidade da área com os cursos hídricos, uma vez que a legislação indica certos distanciamentos a serem obedecidos em relação ao lixão para a hidrografia mais próxima.

Assim se obteve o seguinte mapa:

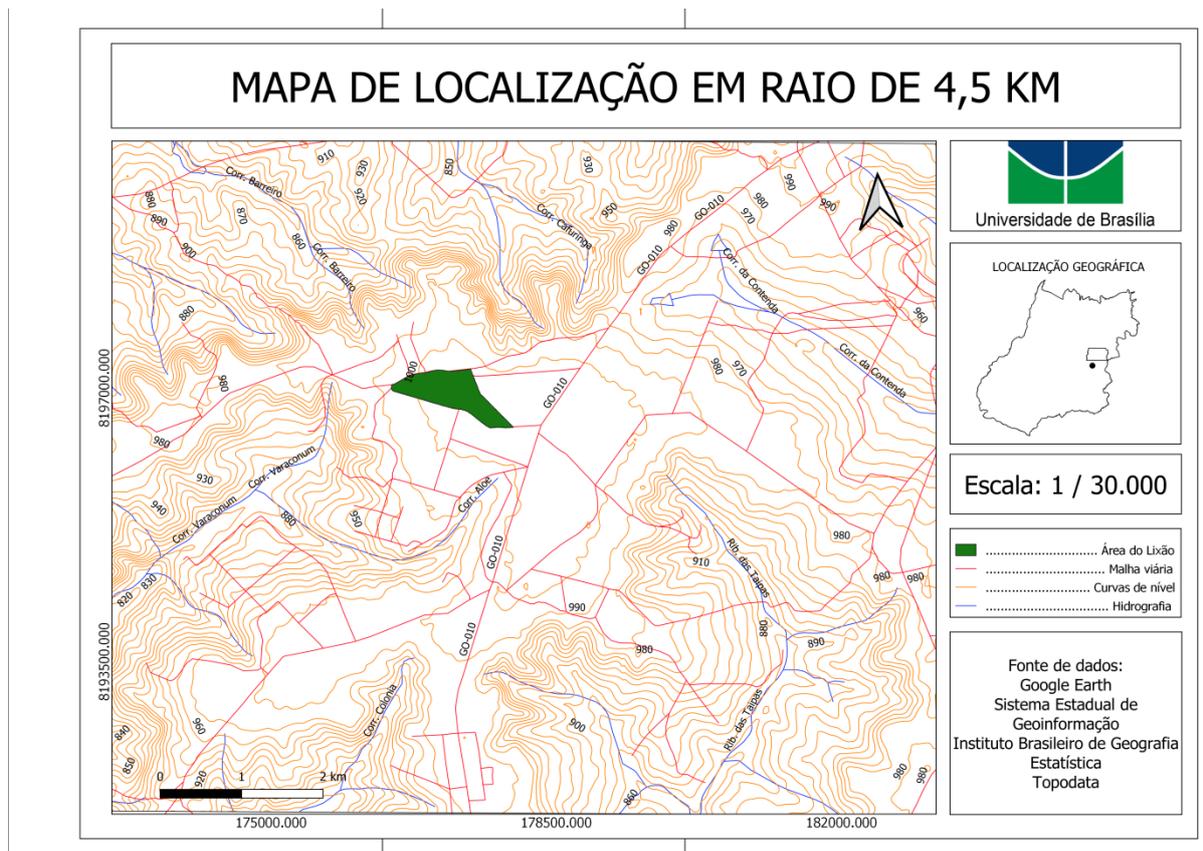


Figura 5.12 – Mapa de análise da localização do lixão (QGIS, 2022)

De acordo com a Norma Técnica NBR 8419 (ABNT, 1984) que discorre sobre a apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos, os aterros devem ser alocados em áreas que não tenham riscos de inundação, e ao analisar as curvas de nível (em laranja) da área em questão é possível notar que o lixão está alocado na área mais alta estando entre as curvas de nível de 1000 metros e 990 metros, revelando que provavelmente os escoamentos superficiais na área, será no sentido oeste do aterro que é o sentido onde a cota está mais reduzida.

Em relação ao trecho viário (representado em vermelho) é possível notar que a GO-010 é a única via pública de influência que passa na região, sendo como mostrada no croqui de localização a única e melhor forma de acesso de caminhões de lixo vindos do município, a estrada passa a aproximadamente 350 metros da área do lixão, as demais vias são vicinais, utilizadas para o acesso de propriedades rurais da região.

Analisando a hidrografia do local, os corpos hídricos mais próximos do local são o Córrego Barreiro que está a cerca de 800 metros, o Córrego Varaconum que está a 727 metros e o Córrego Aloe que está a 650 metros, que são valores consideráveis uma vez que ao analisar a NBR 10157 que discorre sobre aterro de resíduos perigosos – critérios para projeto, construção e operação, no item 4.1 da NBR que fala sobre os critérios de localização cita que em relação a recursos hídricos, deve ser avaliada a possível influência do aterro na qualidade e no uso das águas superficiais e subterrâneas próximas,

onde o aterro deve ser localizado a uma distância mínima de 200 metros de qualquer curso d'água, mostrando que a área está de acordo com a legislação vigente.

Vale ressaltar que de acordo com a resolução CONAMA nº 4/1995 deve-se respeitar um raio de 20 km de Área de Segurança Aeroportuária (ASA), raio esse que não é respeitado no local.

5.7. REALIZAÇÃO DE UM PROJETO PRELIMINAR DO ATERRO

Para alocação do aterro sanitário e escolha do método a ser utilizado, foram estipulados certos interesses após a análise da área em questão, interesse na formação de um excedente de solo, pensando em relação a custos, não se planejava alterar a topografia do terreno, pretendia-se o máximo de aproveitamento da área possível e por fim, como não se tinha ideia do tipo de resíduos (Composição física, química e biológica) era importante tratá-los como perigosos, de forma não gerar riscos a saúde pública futuramente.

Após as informações obtidas nas análises dos mapas, considerando as características das curvas de nível, o relevo e as características do solo, considerando uma abrangência de Latossolo Vermelho Distrófico, o método de aterro escolhido para realização do projeto preliminar é o método de trincheiras (Figura 5.8), sendo aberturas feitas no terreno (aonde pode-se futuramente construir outras camadas de resíduos acima das trincheiras já aterradas permitindo um melhor aproveitamento da área como já foi citado anteriormente), no qual são realizados os devidos preparos do terreno assim como processo de compactação, e impermeabilização (uso de geomembranas), vale ressaltar que para esse sistema de trincheiras o resíduo não sofre compactação mecânica, sendo o indicado para municípios de pequeno e médio como é o caso de Luziânia.

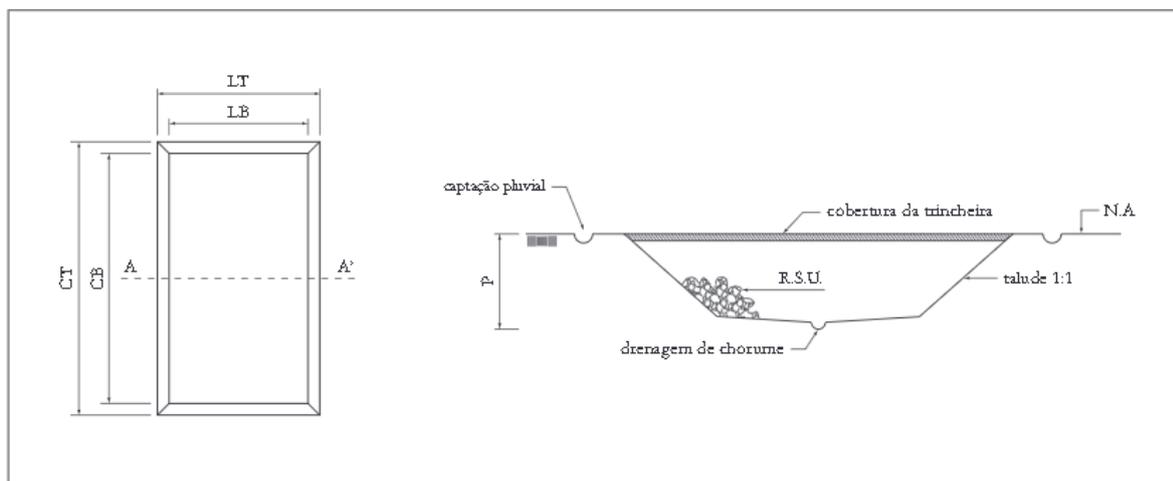


Figura 5.13 – Planta de Trincheira com Corte A-A' (Fonte: Guerra *et al.* (2010))

Vale destacar que o método de Valas ou Trincheiras, geralmente é recomendado em terrenos que possuem duas características, sendo em terrenos planos ou pouco inclinados, para isso novamente foi

realizado um mapa de curvas de nível (Figura 5.9), porém com as curvas respeitando uma equidistância de 1 metro (os dados utilizados do Modelo Digital de Elevação obtidos no Topodata, não possuem essa resolução, destacando que esse estudo foi aplicado apenas para fins didáticos), analisando dentro da propriedade de forma escolher um local mais plano para implantação das trincheiras (Arrais, 2018). Vale ressaltar que é fundamental a execução de sondagens e ensaios de infiltração para validação do projeto.

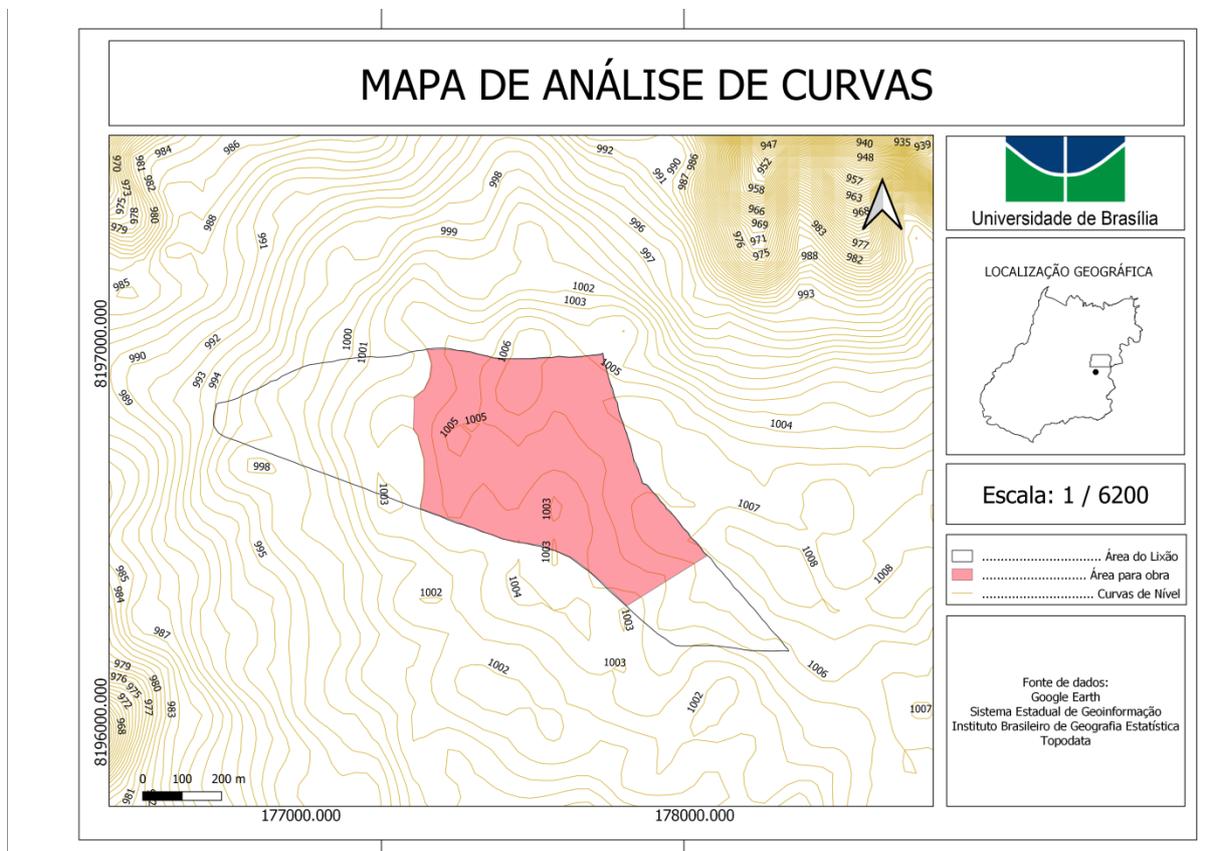


Figura 5.14 – Mapa de análise de curvas de 1 metro (QGIS, 2022)

Ao realizar a análise se buscou por uma área mais plana possível para realização da obra, optando-se pela área classificada em vermelho mostrada acima de 30000 m² que está mais distante do Cambissolo Háplico Distrófico, mostrado na Figura 5.6 e possui uma diferença de elevação de 3 metros possuindo pequenas áreas na altitude de 1003 metros e pequenas áreas na altitude de 1006 metros, no qual a maioria dela está entre as altitude de 1005 metros e 1004 metros.

Para realização de um dimensionamento prévio das trincheiras foi considerado primeiramente, uma população e 211500 habitantes (dados do IBGE), uma vida útil de 10 anos, uma geração per capita de 0,79 kg/hab.dia (considerando as informações da prefeitura municipal no início do trabalho, no qual ela anunciou a geração de 5 mil toneladas de resíduos por mês), foi adotada uma largura da trincheira de 5 metros, uma profundidade adotada de 5 metros e um peso específico do material 0,5 ton/m³

(considerando a não compactação), com isso primeiramente se obteve a quantidade de lixo gerada pelo município diariamente, através da seguinte equação:

$$Qtde\ lixo\ diária = Pop * Geração\ per\ capita$$

Equação (5.1)

Onde:

Pop = População (número de habitantes)

Geração per capita = Geração por habitante por dia (kg/hab.dia)

Onde obteve-se um valor de 167 t/dia, assim foi possível estimar o volume de lixo gerado diariamente através da seguinte fórmula:

$$VL = \frac{Pop * Geração\ per\ capita}{\gamma}$$

Equação (5.2)

Onde:

VL = Volume de lixo gerado diariamente (m³/dia)

Pop = População (número de habitantes)

Geração per capita = Geração por habitante por dia (kg/hab.dia)

γ = Peso específico do material (t/m³)

Assim se chegou a um valor de 334,17 m³/ dia, onde considerando os 15% de material inerte jogado por cima do lixo diariamente se chegou em um volume de 338,3 m³/ dia, estimando-se 11528,86 m³/ mês.

Com a profundidade e largura de 5 metros cada consideradas, e um volume mensal de 11528,86 m³/mês é possível descobrir o comprimento das trincheiras utilizando a seguinte equação:

$$C = \frac{Vm}{Av}$$

Equação (5.3)

Onde:

C = Comprimento da trincheira

V_m = Volume de lixo gerado mensalmente (m³/mês)

A_v = Área vertical (Altura x Largura) (m²)

Obtendo-se 462 metros de comprimento para cada trincheira, por fim foi realizada a seguinte equação para determinar a quantidade de resíduos gerados em 10 anos (vida útil do aterro):

$$\text{Quantidade lixo 10 anos} = \text{Quantidade lixo diária} * 30 \frac{\text{dias}}{\text{mes}} * 12 \frac{\text{meses}}{\text{ano}} * 10 \text{anos}$$

Equação (5.4)

Assim se obteve um valor de 601200 toneladas de lixo geradas em 10 anos, onde dividindo esse valor pelo peso específico ($\gamma = 0,5 \text{ t/m}^3$) e posteriormente dividindo pelo volume de lixo gerado em um mês, que equivale a uma trincheira (11528,86 m³/mês), se chegou que será necessário a construção de cerca de 105 trincheiras no local para suprir a demanda de resíduos geradas nos 10 anos sem contar com a alocação do resíduo existente na área.

Com o auxílio do software Autocad/Civil 3D foi feito um projeto prévio de como pode funcionar cada trincheira, partindo das dimensões obtidas das equações acima, e composto por drenos de gases citados no item 4.1.2.1 e coberto por um Plateau mostrado no item 4.1.2.2, chegando-se no seguinte resultado:

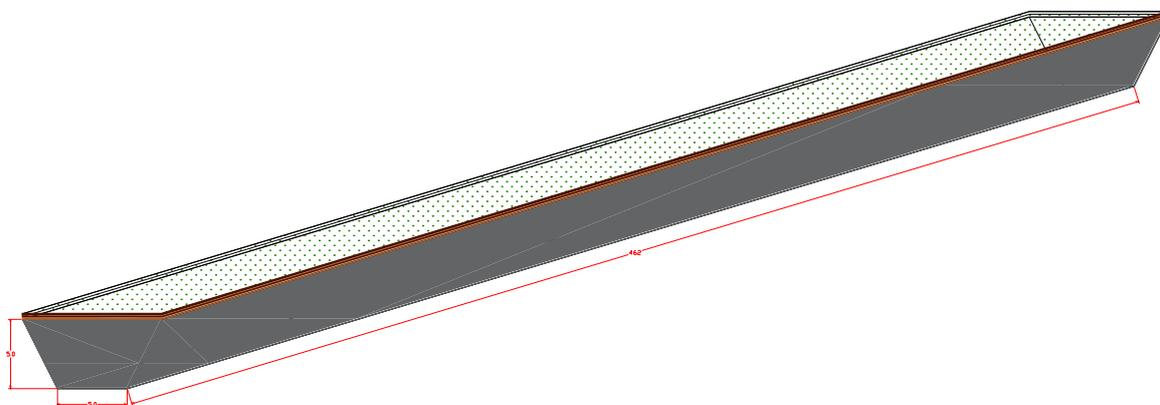


Figura 5.15 – Perspectiva da estrutura da trincheira.(AutoCAD/Civil 3D, 2022)

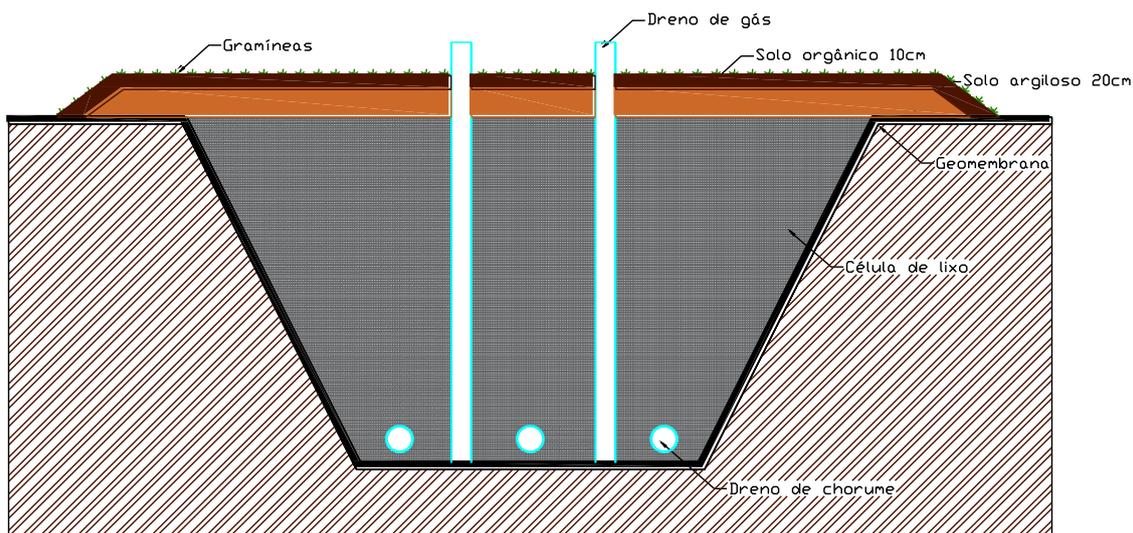


Figura 5.16 – Seção da estrutura da trincheira (AutoCAD/Civil 3D, 2022)

A trincheira em questão é formada primeiramente por uma camada de geomembrana responsável pela impermeabilização do solo, drenos de chorume que serão destinados a uma estação de tratamento, drenos de gases que auxiliarão em toda geração de gases no processo de decomposição de resíduos e o plateau composto por 20 cm de solo argiloso, 10 cm de solo orgânico e a existência de gramíneas acima do plateau que possuem uma alta resistência a seca, um crescimento permanente, pouca imposição quanto a fertilidade do solo e um baixo custo.

Analisando a área escolhida para realização da obra do aterro, e considerando um projeto de 10 anos de uso, pode-se julgar a área como suficiente, uma vez que ela possui 300000 m², e a área superficial da trincheira de acordo com a figura 5.10 de 5 metros x 462 metros iguais a 2310 m², no qual 105 trincheiras ocupará uma área de aproximadamente 243000 m², sobrando cerca de 57000 m² para os resíduos que já existem na área, sem contar que esse método permite a construção de mais camadas de resíduos acima das trincheiras, como já foi citado anteriormente.

5.7.1 Recomendações para elaboração do plano de recuperação de área degradada para Lixão em Luziânia-GO.

Visando a recuperação ambiental na área do lixão no município de Luziânia – GO, deve ser desenvolvido um plano de recuperação de área degradada, baseado nas recomendações da resolução CONAMA nº 05/2014.

O Plano de recuperação da área deve ser composto das seguintes etapas: concepção geral da área, plano de confinamento dos resíduos sólidos, dimensionamento do sistema de drenagem superficial e das bacias de contenção, indicação de áreas de empréstimos de solo, plano de revegetação, restrições futuras e plano de monitoramento.

Para realização de grande parte das etapas do PRAD devem ser analisadas as variáveis hidrológicas como por exemplo a precipitação que terá influência no dimensionamento do sistema de drenagem superficial. Tendo em mente que a área estudada se localiza na bacia do rio Paraná, os dados hidrológicos devem retirados da base de dados Hidroweb da Agência Nacional de Águas da unidade Pluviométrica de nome LUZIANIA_centro, responsável CEMADEN, latitude -16,26, longitude -47,96, sendo a unidade mais próxima da área estudada em questão.

5.7.1.1 Plano de confinamento de resíduos sólidos

Nessa etapa deve ser considerada a jornada de operação do lixão dos últimos 20 anos, nela se busca informações dos órgãos governamentais (Secretaria do Meio Ambiente), das imagens por satélite e de visitas técnicas a fim de determinar e delimitar as regiões e destinações da área, descobrindo a forma como os resíduos estão acumulados (superficiais e/ou subterrâneos), características do solo (se houve ou não escavação), características da vegetação (se tem ou não vegetação invasora) e diversos outros aspectos que irão auxiliar na definição de um meio mais viável e seguro de toda alocação dos RSU. Como pode ser visto na figura 5.17 em uma divisão de confinamento dos RSU do lixão de Firminópolis-GO.



Figura 5.17 – Divisão das áreas de confinamento do RSU do lixão de Firminópolis-Go (PRAD – Prefeitura municipal de Firminópolis, 2018)

5.7.1.2 Drenagem dos gases

Como o lixão do município de Luziânia não é composto por ferramentas que controlam os gases gerados e os todos os processos de decomposição dos resíduos formarem quantidades expressivas de

gás metano (CH_4) que possui características inflamáveis é recomendada a introdução de dispositivos de drenagem de gases, seguindo a literatura com escavações de profundidade mínima de 2,5 metros de profundidade e 30 metros de distância entre eles, onde o uso de ferramentas SIG vai auxiliar na alocação preliminar do sistema de dreno de gases.

5.7.1.3 Conformação das áreas afetadas

Nessa etapa devem ser definidas quais serão as atividades desempenhadas em cada área dividida na etapa do plano de confinamento, visando uma adequação na inclinação de forma proteger os resíduos das águas pluviais. Para isso deverão ser tomadas diversas decisões com auxílio de ferramentas SIG em relação ao manuseio da área, como (remoção de vegetação invasora, nivelamento do terreno, definições de níveis de solo, análises da topografia e inclinação).

Após o estudo da área, as atividades de correção deverão estar voltadas as escavações, onde deve-se retirar solos e resíduos do local ou adicionar e compactar o solo, no qual tudo dependerá das condições do terreno.

Com o nivelamento executado recomenda-se a realização de processos de recobrimento e a conformação visando à proteção dos drenos de gases e possibilitando plantar alguma espécie vegetativa na parte superior como o recobrimento e conformação de plateau mostrado na seguinte Figura 5.18:

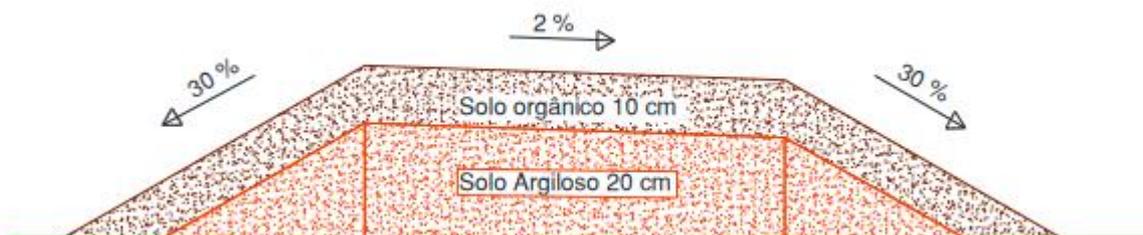


Figura 5.18 – Corte de Plateau (PRAD – Prefeitura municipal de Turvânia, 2018)

5.7.1.4 Sistema de drenagem superficial

Trabalhos que visem à aplicação de métodos de investigação e monitoramento para avaliar impactos ambientais em áreas de lixões (ativados ou desativados) são de suma importância para a compreensão dos processos ambientais. Principalmente, envolvendo condicionantes hidrogeológicos e hidroquímicos de aquíferos freáticos e das águas superficiais em áreas de influência (Betio e Dos Santos, 2016).

De acordo com Veloso (2006), mesmo quando a água subterrânea não é utilizada diretamente (poços), deve ser feito um controle de contaminação, pois a maioria dos aquíferos aflora, recarregando os recursos hídricos superficiais, podendo contaminá-los.

Assim é fundamental um controle dos escoamentos superficiais das águas pluviais de forma com que não aconteça a infiltração influenciando nas águas subterrâneas realizando o dimensionamento das redes de drenagem.

De acordo com D'almeida (2000), o dimensionamento da rede de drenagem é dependente, principalmente, da vazão a ser drenada, seguindo a mesma metodologia utilizada nos sistemas de drenagem urbana. Em se tratando de bacias de pequena área de contribuição, pode ser utilizado o Método Racional, expresso pela Equação 1:

$$Q = C * i * A$$

Equação (5.5)

Onde:

Q = vazão a ser drenada (L/h);

C = Coeficiente de escoamento superficial;

A = Área da Bacia de contribuição (m²);

I = Intensidade da chuva crítica (mm/h);

O coeficiente de escoamento superficial é tabelado, e para o cálculo da intensidade da chuva crítica é utilizado a equação 2:

$$I = \frac{(K * TR^a)}{(t + b)^c}$$

Equação (5.6)

Onde:

TR = período de retorno (anos);

T = Duração da Precipitação (min);

K, a, b e c = Parâmetros baseados em dados pluviométricos do local

As estruturas geralmente utilizadas em sistemas de drenagem são formadas por canaletas e tubos de concreto e escadas de água, sendo necessário utilizar a equação de Chézy-Manning para determinar os diâmetros das tubulações:

$$Q = \frac{1}{n} * S * RH^{2/3} * I^{1/2}$$

Equação (5.7)

Onde:

Q = Vazão do projeto (m³/s)

S = Área de seção molhada da tubulação (m²) = $\frac{\pi D^2}{8}$

n = Coeficiente de rugosidade;

RH = Raio hidráulico (m) = $(\frac{D}{4})^{2/3}$

I = Declividade da calha (m/m);

Através das equações citadas deve ser calculado o diâmetro das tubulações, para obter a quantidade necessária de valas de infiltração e de unidades de canaletas e as suas determinadas dimensões.

5.7.1.5 Indicação da área de empréstimo do solo

É necessário fazer uma relação da quantidade de volume de solo que será necessário em todo processo de desativação. As ferramentas SIG podem auxiliar na escolha dos locais, tanto no quesito das características do solo, com na questão das características geográficas desejáveis.

5.7.1.6 Plano de revegetação

Visando um combate a geração de erosões, o plano de revegetação da área é uma etapa fundamental para recuperação ambiental da área. Deve-se analisar todas as áreas para uma melhor decisão das espécies que serão implantadas no local, tendo em mente que onde estão alocados os maciços de resíduos em decomposição é necessário uma maior agilidade de recobrimento, uma maior proteção

daquele solo, e uma garantia de que o sistema radicular só haja no solo orgânico (10 cm do corte de plateau). Existe também uma necessidade de proteção ao redor da área, visando uma controlar a entrada de indivíduos, reduzir a poluição visual e os odores transmitidos pelos ventos.

Informações relacionadas às escolhas das sementes e do preparo do solo devem ser esclarecidas, assim como os processos que aperfeiçoem o plantio e a quantidade de sementes e os dados relacionados aos tipos de adubação e formas de irrigação e as manutenções (tipos de poda e controle de pragas).

5.7.1.7 Restrições futuras

Com o plano de recuperação executado, e todas as ações de remediação tomadas visando a redução dos vetores de contaminação, deve-se realizar um levantamento de aptidão da área para que sejam indicados os possíveis usos e restrições daquele local no futuro. Com a desativação concluída é necessário a implantação de dispositivos de informação alertando da proibição do acesso devido a área ser de recuperação ambiental.

5.7.1.8 Plano de monitoramento

Deve ser elaborado um plano de monitoramento que envolve os seguintes subitens: monitoramento do maciço, do sistema de drenagem pluvial, das águas superficiais, dos drenos de gases e da revegetação.

O monitoramento dos maciços está ligado a todas as ações que os resíduos vão realizar em relação ao terreno em parâmetros visuais (trincas, erosões e afundamentos). O monitoramento do sistema de drenagem pluvial deve ser realizado após o período chuvoso, a fim de conferir o desempenho de toda estrutura garantindo o bom funcionamento das trincheiras, rede de drenagem, taludes e canaletas.

No monitoramento das águas superficiais, é necessário o uso de ferramentas de geoprocessamento a fim de estimar a distância do curso d'água mais próximo e dependendo dessa distância ser necessário a indicação de análises bacteriológicas e físico-químicas das águas superficiais mais próximas. No monitoramento dos drenos de gases, é necessária uma aferição visual, de toda estrutura vertical e de como ela pode ter influência no sistema do aterro.

No monitoramento da revegetação é realizada a verificação da existência de pragas, na diminuição de espécies, aumento de espécies invasoras e realização de irrigações em períodos de seca.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao fim do estudo de acordo com que foi objetivado no início da monografia, se conseguiu avaliar o uso da ferramenta Qgis na geração de informações para auxiliar nas tomadas de decisões da modelagem BIM e suas etapas, aonde por mais que partindo de dados que não possuíam uma resolução espacial e confiabilidade que condissesse com a realidade, foi possível utilizar todas as informações alcançadas na geração dos mapas (de localização, de declividade, de hipsometria e de solos), junto com o auxílio da legislação vigente, para diversas tomadas de decisões no projeto (área escolhida de alocação do aterro, escolha do tipo de aterro a ser implantado e até a criação de um projeto preliminar no Autocad/ Civil 3D).

Assim para listar os benefícios é necessário ter em mente que a interoperabilidade entre SIG e BIM foi realizada em duas formas, no qual a primeira foi à interação entre a ferramenta SIG e a ferramenta BIM, no qual o uso de dados de disponibilidade pública, fundamentais em tomadas de decisões em projetos como a tipologia do solo, e a caracterização do relevo (curvas de nível), pode ser importado pelo Civil3D, através do comando *mapimport*, comando esse que pode realizar a importação em diferentes formatos como dxt, kml, kmz e shape.

A outra forma de interoperabilidade foi a geração de informações em SIG para subsidiar o projeto no BIM, no qual para execução de um projeto preliminar, foi listado os seguintes benefícios:

- Geração de informações relacionados a localidade, e acessibilidade de áreas, influenciando nos gastos com transporte em todo ciclo de vida do projeto;
- Geração de informações relacionadas à característica do relevo, fator que irá influenciar diretamente na tipologia do projeto a ser escolhido, materiais e custos de uma obra;
- Geração de informações relacionadas à hidrologia indicando o comportamento hidrológico, auxiliando em diversos aspectos do projeto, como sistemas de drenagem;
- Geração de dados relacionados à tipologia do solo de maneira preliminar, permitindo o engenheiro ter uma noção inicial do tipo de fundação que será adaptada nos procedimentos iniciais da obra, influenciando tanto nos aspectos de segurança, como de viabilidade econômica.

Vale ressaltar que para execução do projeto, vários outros conhecimentos devem ser levados em conta, como a caracterização física, química e biológica dos resíduos existentes no local, de forma se chegar a um grau de periculosidade, o conhecimento da profundidade do lençol freático do local, uma análise do solo mais afundo, entre outras.

Por fim permanece a sugestão de um aperfeiçoamento do estudo, podendo sugerir uma pesquisa unindo dois ou mais segmentos da engenharia (Ambiental, Civil, de Energias, entre outras), de forma unir conhecimentos para obtenção de melhores resultados para seguir agregando em um dos principais princípios da Modelagem BIM que é propiciar uma atividade integrada entre diversos segmentos profissionais, e a eficiência dessa atividade tenha influência direta na qualidade da informação no ciclo de vida do produto.

Na metodologia proposta, pode-se realizar o aprimoramento em inúmeras vertentes, como por exemplo, a melhoria no projeto civil do aterro, analisando estabilidade de taludes, dimensionando o sistema de drenagem superficial e fazendo uma análise no local dos tipos de solo que compõe a região. Na área ambiental, pode-se realizar uma análise da altura do lençol freático, assim como uma classificação dos resíduos sólidos presentes no local e um projeto de estação de tratamento do efluente gerado nas trincheiras (Chorume) e por fim até na área de energias realizando projetos que utilizam a evaporação de Chorume com aproveitamento energético do biogás.

Referências Bibliográficas

- ALBERTE, E. P. V.; CARNEIRO, A. P.; KAN, L. **Recuperação de áreas degradadas por disposição de resíduos sólidos urbanos**. IN: Diálogos & Ciências – Revista eletrônica da Faculdade de Tecnologia e Ciências de Feira de Santana. Ano II, n. 5, jun. 2005 (www.ftc.br/revistafsa). Disponível em: https://limpezapublica.com.br/textos/20-06-2005_11-50-14_linkan.pdf. Acesso em: 9 set. 2021
- ANDRADE, J. C. S. et al. Incorporação de resíduo sólido proveniente do polimento de grês porcelanato na indústria de cerâmica vermelha. In: **51º Congresso Brasileiro de Cerâmica**. 2007.
- BARROS, Luzia Helena dos Santos. **Requalificação dos aterros desativados (brownfields) no município de São Paulo: parques (greenfields) Raposo Tavares e Jardim Primavera**. 2011. 403 f. Tese (Doutorado em Paisagem e Ambiente) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- BETIO, Monielen Monara; DOS SANTOS, Maurício Moreira. CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR LIXÕES DESATIVADOS: AVALIAÇÃO DA ANTIGA ÁREA DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE ROLÂNDIA-PR. **Águas Subterrâneas**, 2016.
- BERTOTTI, Luiz Gilberto. **Geotecnologias Aplicadas a Análises Ambientais**. Paraná: UNICENTRO, 2016. 53 p. Disponível em: <http://repositorio.unicentro.br:8080/jspui/bitstream/123456789/963/5/Geotecnologias%20aplicadas.pdf>. Acesso em: 15 set. 2021
- CASA CIVIL. **LEI nº 12.305, de 2 de outubro 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. [S. l.], 2 out. 2010.
- CAVALCANTE, Rodrigo. **Apostila de introdução ao SIG**. Universidade Federal de Minas Gerais: Departamento de Planejamento Físico, 2015. 38 p. Disponível em: <https://www.ufmg.br/proplan/wp-content/uploads/Apostila-de-Introdu%C3%A7%C3%A3o-ao-SIG-Proplan-2015.pdf>. Acesso em 20 set. 2021
- CETESB (Goianésia - GO). Eraldo Henrique. Plano de Recuperação de Área Degradada. **PLANO DE RECUPERAÇÃO PARA A ÁREA DEGRADADA PELO LIXÃO DE GOIANÉSIA (GO)**, Goianésia-GO: Nisam, ano 2004, p. 338-346, 2004.

- COELHO, Glauber Túlio *et al.* RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS. **Universidade Anhanguera - UNIDERP**, São Luís - MA, ano 2018, p. 1-18, 2018. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_glauber.pdf. Acesso em 15 set. 2021
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – Cetesb. **Manual de gerenciamento de áreas contaminadas**. São Paulo, 2001-2007. Projeto Cetesb/GTZ, Cooperação Técnica Brasil – Alemanha. 389 p
- DA SILVA, Geslaine Frimaio *et al.* Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos em Aterro Sanitário. **Revista Agrogeoambiental**, v. 3, n. 1, 2011.
- DA SILVA, Dieimes Pereira; OLIVEIRA, Jéssica da Silva. ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DEVIDO AO RECALQUE DIFERENCIAL DAS FUNDAÇÕES. 2018.
- D'ALMEIDA, A. L. **Estruturação e Dimensionamento de Frota e Pessoal numa Empresa de Sondagem e Serviços Especiais em Petróleo**. 2000. Tese de Doutorado. D. Sc. Thesis, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brazil.
- DOS SANTOS, LEONARDO SOUSA *et al.* Geotecnologia aplicada na análise de bacias hidrográficas e rede de drenagem: estudo das bacias hidrográficas do Murucutu e Aurá, Belém, Pará. Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2016.
- EASTMAN, C. M.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R. e LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. Hoboken: Wiley, 2008, 490 p.
- FILHO, Jogurta Lisboa. Projeto de Banco de Dados para Sistemas de Informação Geográfica. **Departamento de Informática Campus da UFV**, Viçosa - MG, ano 2001, p. 1-32, 2001. Disponível em: <http://www.dpi.ufv.br/~jugurta/papers/erisul2000cap5.pdf>. Acesso em: 20 out 2021.
- FLORIO, Wilson. **CONTRIBUIÇÕES DO BUILDING INFORMATION MODELING NO PROCESSO DE PROJETO EM ARQUITETURA**. Integração de Sistemas em Arquitetura, Engenharia e Construção, Porto Alegre - RS, ano 2007, p. 1-10, 2007. Disponível em: https://www2.pelotas.ifsul.edu.br/gpacc/BIM/referencias/FLORIO_2007.pdf. Acesso em: 4 out. 2021

- GUERRA, André Franco; VIDAL, Carlos Magno de Souza; SOUZA, Jeanette Beber de. Proposta de melhoria de aterro de resíduos sólidos urbanos para um pequeno município. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias Ambientais**, Curitiba, ano 2010, v. 8, n. 2, p. 191-203, 1 jun. 2010
- JÚNIOR, Roberto Simão. **USO DO SIG COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**. Orientador: Prof. Dr. Fazal Hussain Chaudhry. 2001. 92 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-06022017-103806/publico/Dissert_SimaoJr_Roberto.pdf. Acesso em 18 ago. 2021
- LANZA, Vera Cristina Vaz. Caderno Técnico de reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente: Fundação Israel Pinheiro, 2010.
- LINO, Isabela Coutinho. Seleção de áreas para implantação de aterros sanitários: análise comparativa de métodos. 2007.
- LONGLEY, Paul *et al.* **Geographic Information Systems and Science**. 2. ed. USA: Wiley, 2005. 259 p. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=toobg6OwFPEC&oi=fnd&pg=PR9&dq=Longley&ots=yIWexJHpvj&sig=NgP7u8qOT-rco0EuVVkaSZIOEkE#v=onepage&q=Longley&f=false>. Acesso em: 8 set. 2021
- LOSS, Juliana Fátima; FRANK, Franciéli; SOUZA, Guilherme; PAZINATTO, Carlos André; MARTINS, Luiz Felipe. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE ÁREA DEGRADA POR LIXÃO-PRÁTICAS DA GESTÃO. **XI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, Salvador-BA, ano 2013, p. 1-5, 26 nov. 2013. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2013/VI-045.pdf>. Acesso em 5 set. 2021
- MONARA BETIO, M., & MOREIRA DE SANTOS, M. (2017). CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR LIXÕES DESATIVADOS: AVALIAÇÃO DA ANTIGA ÁREA DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE ROLÂNDIA – PR. *Águas Subterrâneas*. <https://doi.org/10.14295/ras.v0i0.28753>
- MORINAGA, Carlos Minoru. **Recuperação de áreas contaminadas: um novo desafio para projetos paisagísticos**. 2007. 152 f. Dissertação (Mestrado em Paisagem e Ambiente) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

- NARDELLI, Eduardo Sampaio; TONSO, Lais Guerle. BIM–Barreiras institucionais para sua implantação no Brasil. **Blucher Design Proceedings**, v. 1, n. 8, pág. 408-411, 2014.
- OLIVEIRA, R.F.A.A.; **Aquecimento global numa abordagem de sistemas complexos**. Orientador: Prof. Dr. Romildo de Albuquerque Nogueira. 2013. 144 p. Dissertação (Pós graduação em Ensino das ciências) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, [S. l.], 2013 Disponível em: <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede/handle/tede2/7467>. Acesso em: 28 abr. 2022
- ORNELAS, Adílio Rodrigues. **Aplicação de métodos de análise espacial na gestão dos resíduos sólidos urbanos**. 2011. 101 f. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
- PANORAMA de resíduos sólidos no Brasil 2020. **Abrelpe**, [S. l.], p. 1-52, 1 jan. 2020
- PINTO, Lilian Vilela; SILVA, Sueila; RESENDE, Luana; OLIVEIRA, Tatiane Martins. SELEÇÃO DE ESPÉCIES PARA ÁREA DE RECUPERAÇÃO DO LIXÃO. *In*: PINTO, Lilian Vilela; SILVA, Sueila; RESENDE, Luana; OLIVEIRA, Tatiane Martins. **SELEÇÃO DE ESPÉCIES PARA ÁREA DE RECUPERAÇÃO DO LIXÃO**. Bauru-SP: I Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 23 nov. 2010. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2010/XI-018.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2021.
- REDONDO, Guilherme. **Estudo sobre a localização de aterros sanitários e estações de transbordo de resíduos sólidos urbanos na microrregião de Campo Mourão, Paraná**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- ROSA, Roberto. GEOTECNOLOGIAS NA GEOGRAFIA APLICADA. **Revista do Departamento de Geografia**, Uberlândia - MG, ano 2005, n. 16, p. 81-90, 2 out. 2005. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47288>. Acesso em: 16 out. 2021
- SANCHES, Patrícia Mara. **De áreas degradadas a espaços vegetados**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2014.
- SCHALLER, Joerg; GNAEDINGER, Johannes; REITH, Leon; FRELLER, Sebastian; MATTOS, Cristina. GeoDesign: Concept for Integration of BIM and GIS in Landscape Planning. **Journal of Digital Landscape Architecture**, Berlim, p. 102-112, 1 fev. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/317753835_GeoDesign_Concept_for_Integration_of_BIM_and_GIS_in_Landscape_Planning. Acesso em: 11 ago. 2021.

SCHEER, Sergio; AYRES FILHO, Cervantes Gonçalves. Abordando a BIM em níveis de modelagem. In: **I Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído. IX Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, São Carlos**. 2009. Disponível em: academia.edu. Acesso em: 18 set. 2021.

SCHMEIER, Nara Paula. BIOENGENHARIA DE SOLOS: UMA ALTERNATIVA À RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. **Revista Destaques Acadêmicos**, [S.l.], v. 5, n. 4, dez. 2013. ISSN 2176-3070. Disponível em: <http://univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/332>. Acesso em: 18 out. 2021.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE, RECURSOS HÍDRICOS, INFRAESTRUTURA, CIDADES E ASSUNTOS METROPOLITANOS –SECIMA (Firminópolis - GO). Germano Oliveira. Plano de Recuperação de Área Degradada. **PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA-PRAD PARA ENCERRAMENTO DO LIXÃO**, Firminópolis - GO, ano 2018, p. 1-29, Out 2018. Disponível em: <https://www.cigirs.go.gov.br/uploads/prads/15681204205d779e64db630713372158.pdf>. Acesso em: 13 out. 2021

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE, RECURSOS HÍDRICOS, INFRAESTRUTURA, CIDADES E ASSUNTOS METROPOLITANOS –SECIMA (Turvânia - GO). Germano Oliveira. Plano de Recuperação de Área Degradada. **PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA-PRAD PARA ENCERRAMENTO DO LIXÃO**, Turvânia - GO, ano 2018, p. 1-29, Out 2018. Disponível em: <https://www.cigirs.go.gov.br/uploads/prads/15681204575d779e893d900707264313.pdf>. Acesso em 13 out. 2021

SIEG: Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás. Disponível em < <http://www.sieg.go.gov.br/>>

SILVEIRA, Nayara Freitas *et al.* USO DA MODELAGEM BIM NA GESTÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. **XI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, Vitória - ES, ano 2020, p. 1-6, 24 nov. 2020. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2020/VI-017.pdf>. Acesso em 2 out. 2021

SOUZA, Carolinne Matias. **RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS EM ATERROS SANITÁRIOS**. Orientador: Carlos Domingos da Silva. 2007. 40 p. Monografia (Graduação de Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, 2007.

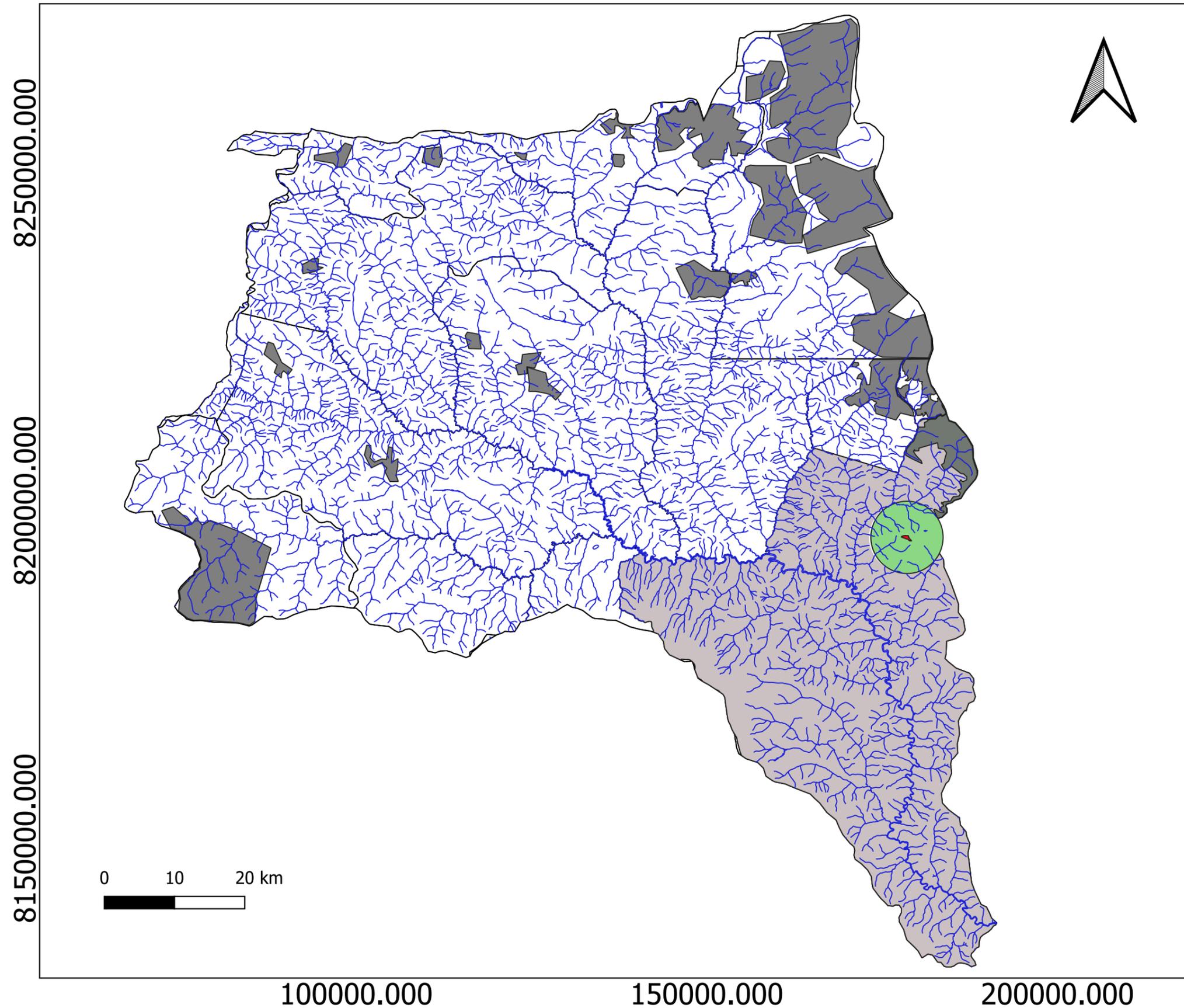
Topodata: banco de dados geomorfométricos do Brasil. Variáveis geomorfométricas locais. São José dos Campos, 2008. Disponível em <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>

VELOSO, Marcos Emanuel da Costa et al. Doses de nitrogênio na cultura do milho, em solos de várzea, sob sistema de drenagem subterrânea. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 03, 2006.

ZANELLA, Ana Bárbara *et al.* PROPOSIÇÃO DE TERMOS DE REFERÊNCIA PARA A RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA DISPOSIÇÃO INADEQUADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS. 2017.

APÊNDICE A – MAPAS

MAPA DO LIXÃO EM RELAÇÃO A REGIÃO HIDROGRÁFICA DO RIO CORUMBÁ



Universidade de Brasília

LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA



Escala: 1 / 500.000

- Área do Lixão
- Raio de 4,5 km
- Hidrografia
- Território de Luziânia - GO
- Território dos municípios
- Núcleos populacionais

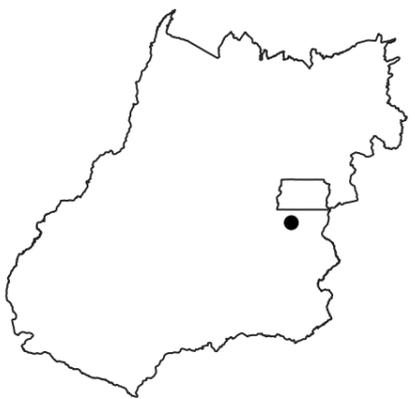
Fonte de dados:
Google Earth
Sistema Estadual de
Geoinformação
Instituto Brasileiro de Geografia
Estatística
Topodata

MAPA DE HIPSOMETRIA DA BACIA DO RIO CORUMBÁ



Universidade de Brasília

LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA



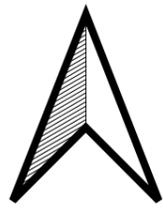
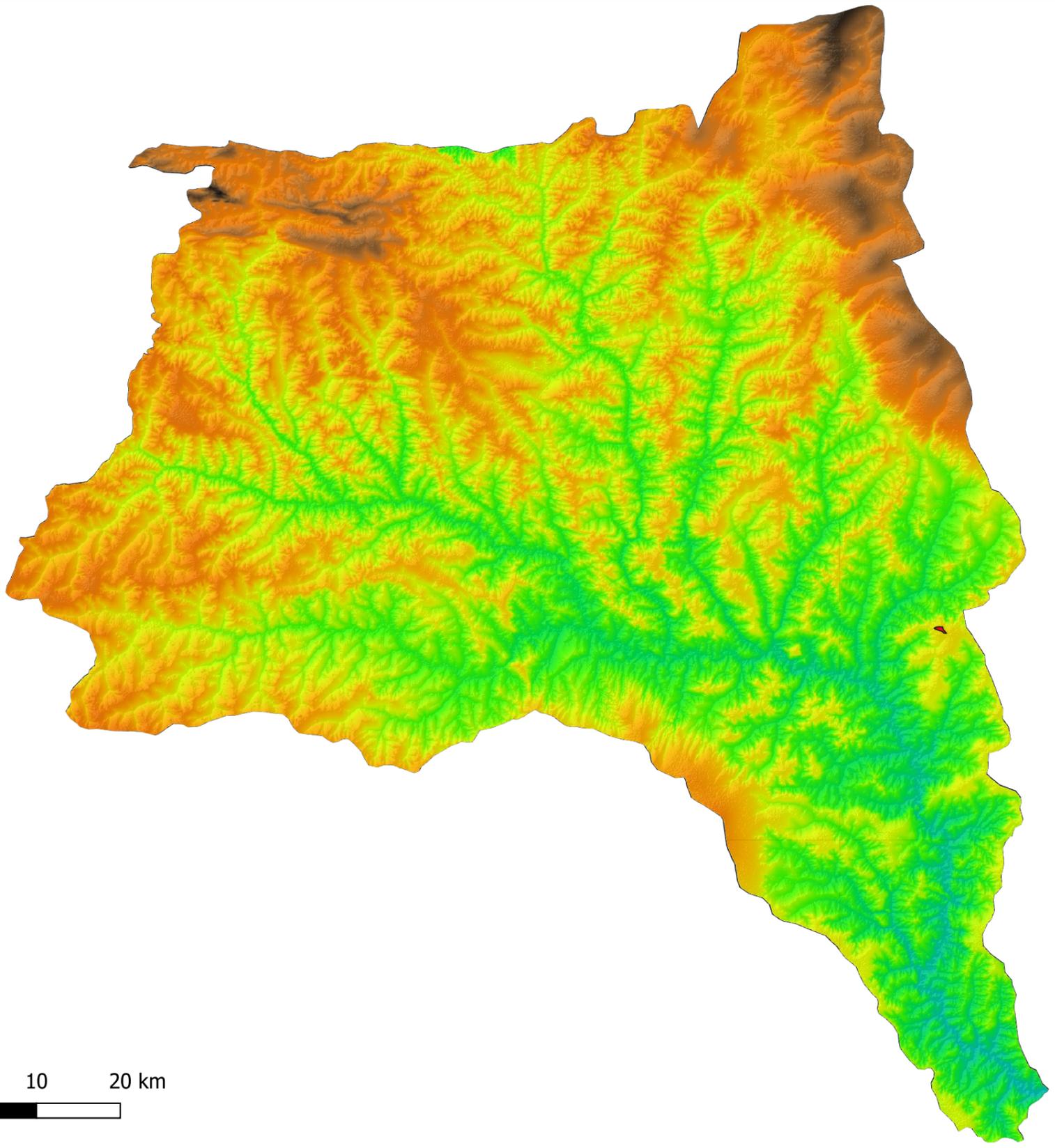
Escala: 1 / 500.000

Área do Lixão

Níveis Altimétricos (m)

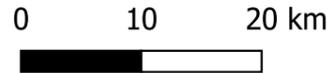
■	.....	(730 - 810)
■	.....	(811 - 888)
■	.....	(889 - 965)
■	.....	(966 - 1043)
■	.....	(1044 - 1121)
■	.....	(1122 - 1200)
■	.....	(1200 - 1277)
■	.....	(1278 - 1355)
■	.....	(> 1355)

Fonte de Dados:
Sistema Estadual de Geoinformação
Topodata



8220000.000

8160000.000



720000.000

780000.000

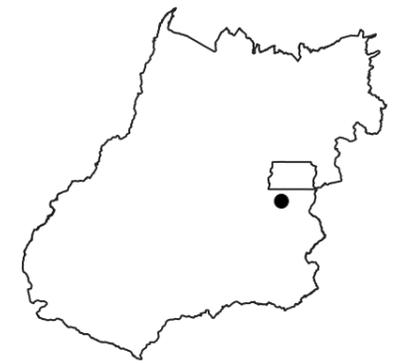
840000.000

MAPA DE HIPSOMÉTRIA EM UM RAIO DE 4,5 KM

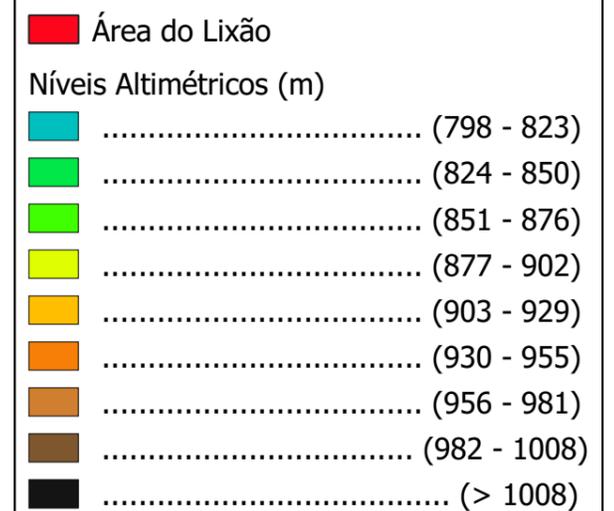


Universidade de Brasília

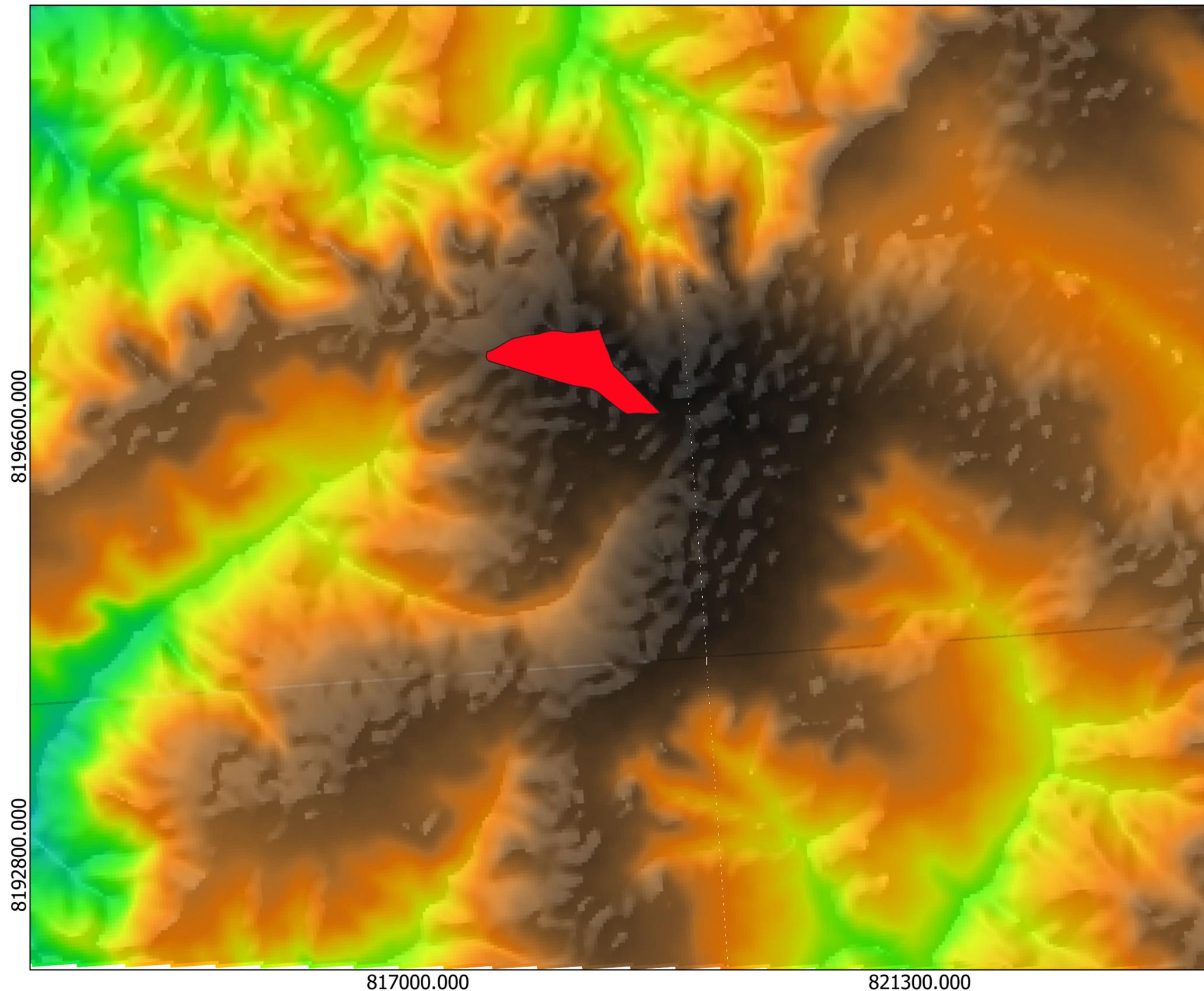
LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA



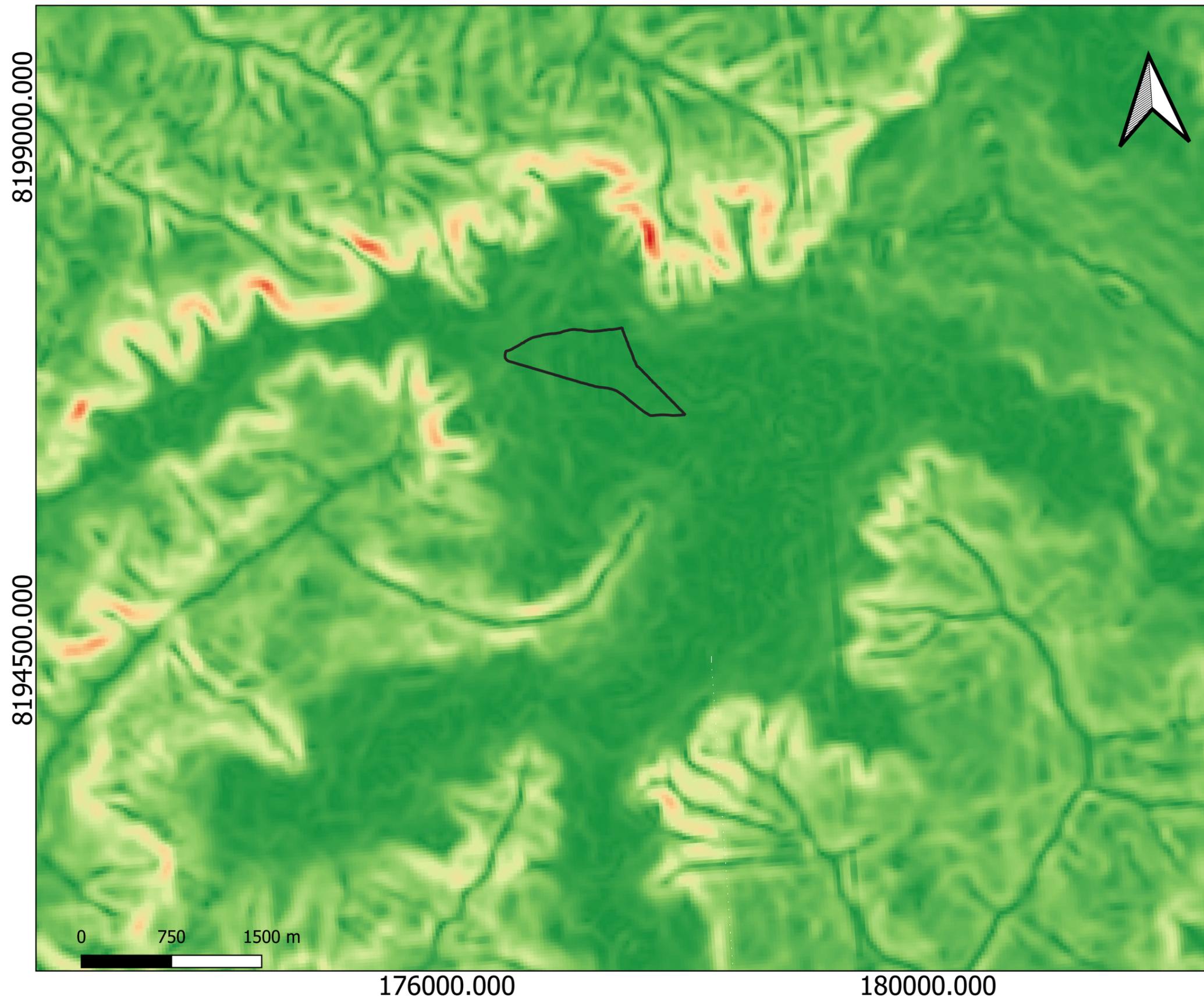
Escala: 1 / 30.000



Fonte de Dados:
Sistema Estadual de Geoinformação
Topodata



MAPA DE DECLIVIDADE EM UM RAIO DE 4,5 KM



Universidade de Brasília

LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

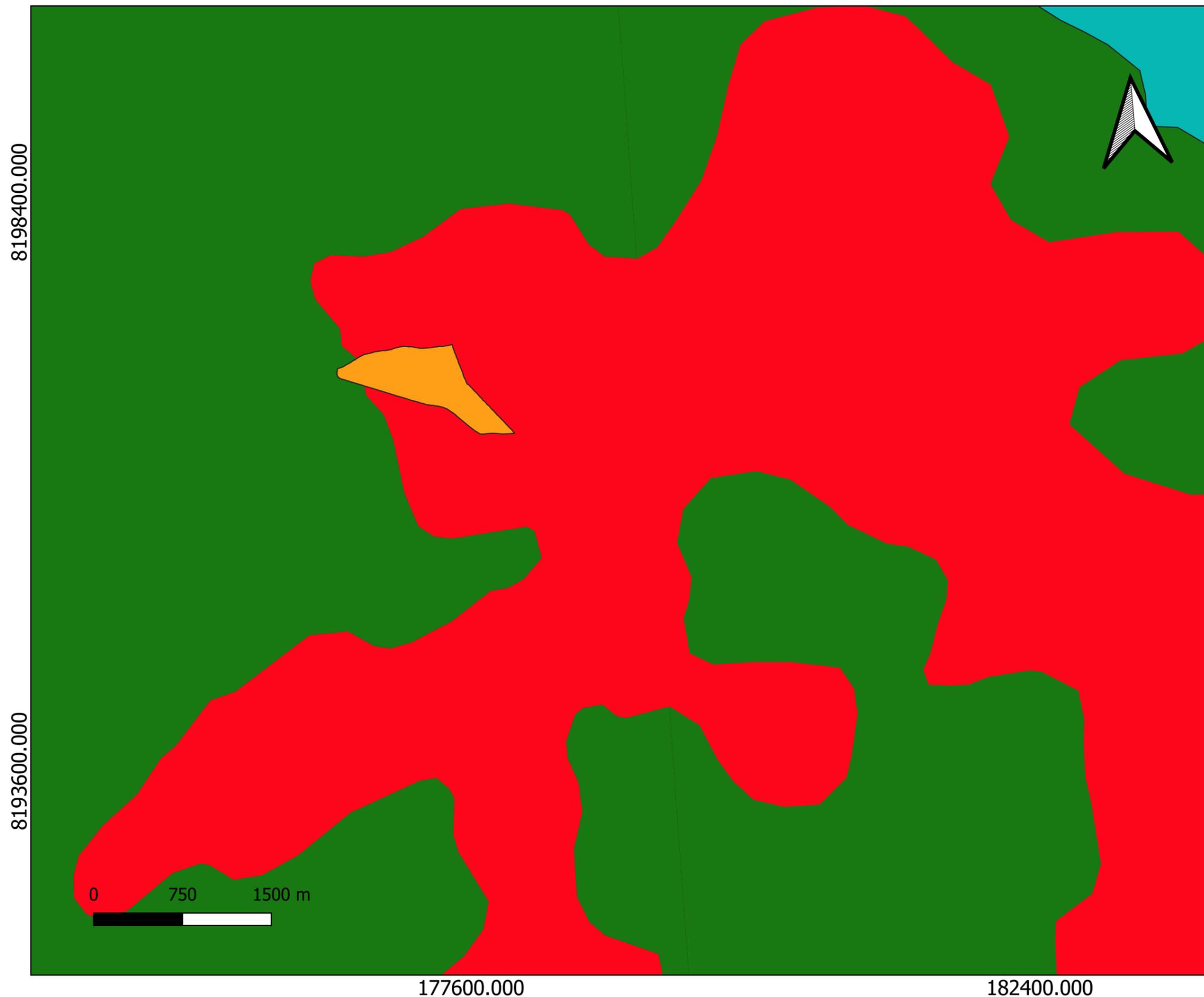


Escala: 1 / 30.000

- Área do Lixão
- DECLIVIDADE
- 0 - 3% (Plano)
 - 3 - 8% (Suave Ondulado)
 - 8 - 20% (Ondulado)
 - 20 - 45% (Forte Ondulado)
 - 45 - 75% (Montanhoso)
 - > 75% (Forte Montanhoso)

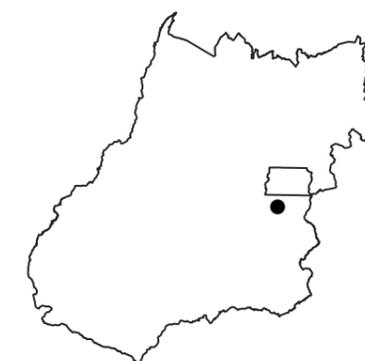
Fonte de dados:
Google Earth
Sistema Estadual de Geoinformação
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
TOPODATA

MAPA DE SOLOS EM UM RAIO DE 4,5 KM



Universidade de Brasília

LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA



Escala: 1 / 30.000

-  Área do Lixão
-  Grupamento Urbano
-  Latossolo Vermelho Distrófico
-  Cambissolo Háplico Distrófico

Fonte de dados:
Google Earth
Sistema Estadual de Geoinformação
Instituto Brasileiro de Geografia Estatística
Topodata

MAPA DE CARACTERIZAÇÃO DO SOLO DA ÁREA DO LIXÃO



Universidade de Brasília

LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA



Escala 1 / 6200

-  Latossolo Vermelho Distrófico
-  Cambissolo Háplico Distrófico

Fonte de dados:
Google Earth
Sistema Estadual de Geoinformação
Instituto Brasileiro de Geografia
Estatística
Topodata

MAPA DE LOCALIZAÇÃO EM RAIOS DE 4,5 KM



Universidade de Brasília

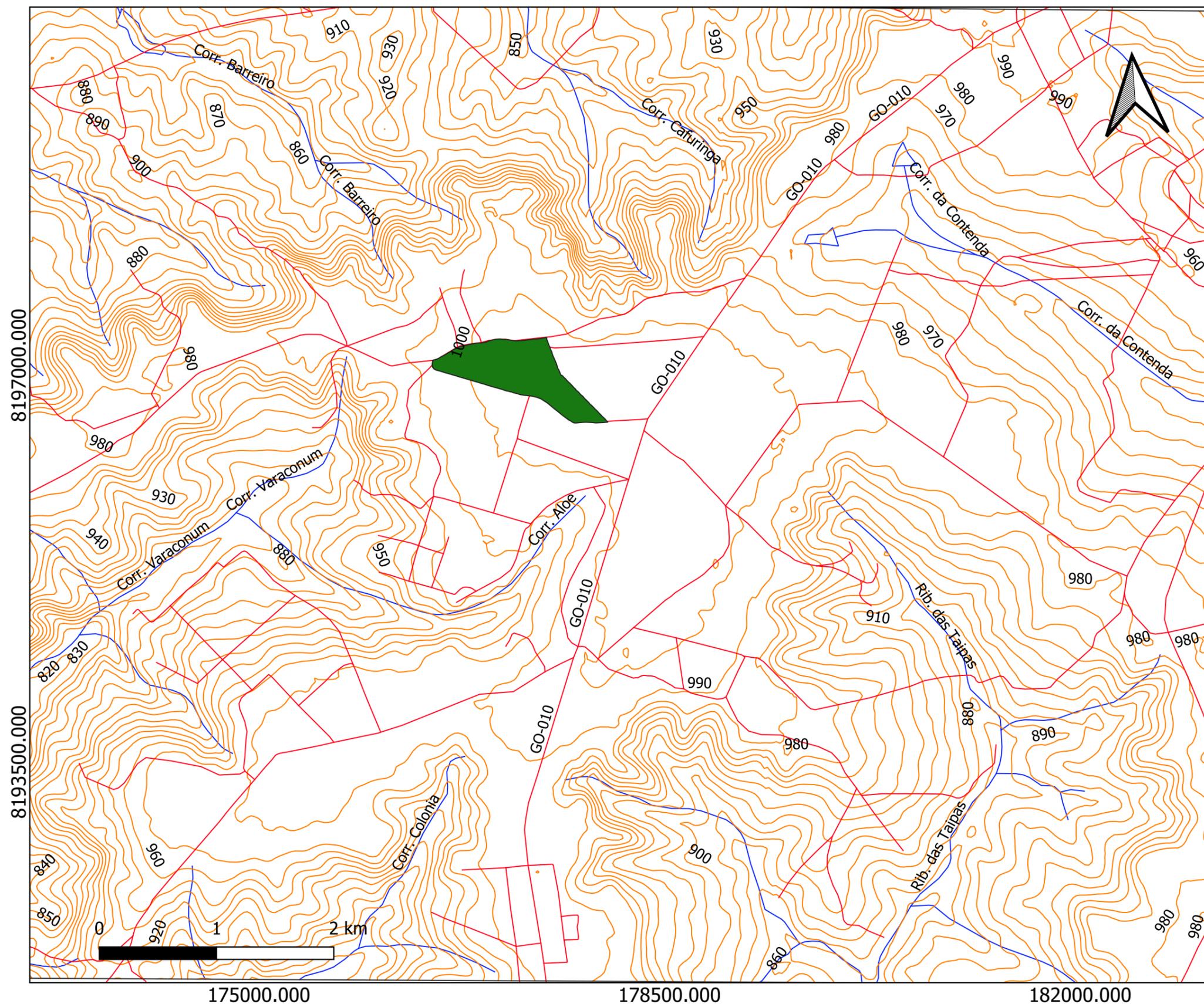
LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA



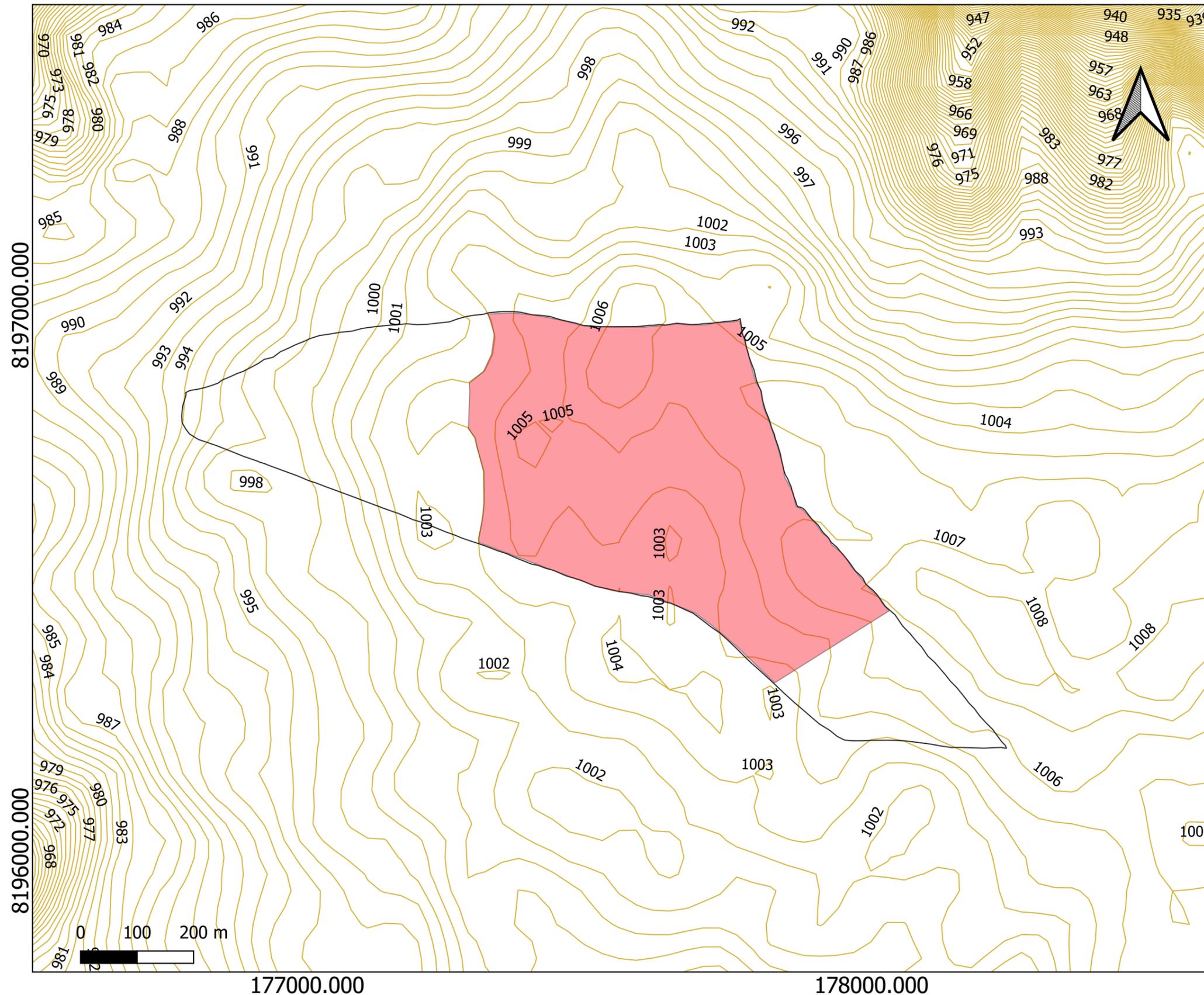
Escala: 1 / 30.000

-  Área do Lixão
-  Malha viária
-  Curvas de nível
-  Hidrografia

Fonte de dados:
Google Earth
Sistema Estadual de
Geoinformação
Instituto Brasileiro de Geografia
Estatística
Topodata

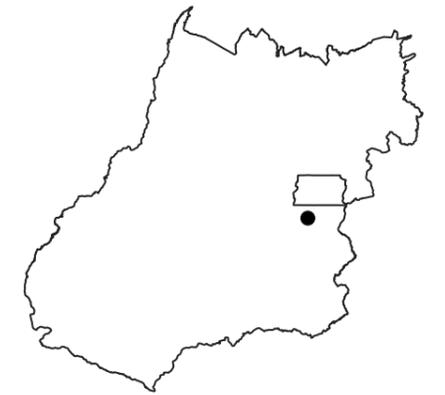


MAPA DE ANÁLISE DE CURVAS



Universidade de Brasília

LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA



Escala: 1 / 6200

- Área do Lixão
- Área para obra
- Curvas de Nível

Fonte de dados:
Google Earth
Sistema Estadual de Geoinformação
Instituto Brasileiro de Geografia Estatística
Topodata