



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO
AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO REGIONAL**

PAULA EMANOELA SILVA ALMEIDA

**PROCESSOS EROSIVOS ÀS MARGENS DAS RODOVIAS DO DISTRITO
FEDERAL: UM ESTUDO DE CASO**

Presidente Prudente - SP
2024



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO
AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO REGIONAL**

PAULA EMANOELA SILVA ALMEIDA

**PROCESSOS EROSIVOS ÀS MARGENS DAS RODOVIAS DO DISTRITO
FEDERAL: UM ESTUDO DE CASO**

Dissertação apresentada à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional.

Área de concentração: Meio Ambiente e Desenvolvimento

Linha de pesquisa: Avaliação e análise de impacto ambiental

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Rodrigo Alves
Coorientadores: Prof. Dr^a Maíra Rodrigues Uliana e Prof. Dr. Sérgio Marques Costa

631.45
A447p

Almeida, Paula Emanoela Silva.
Processos erosivos às margens das rodovias do
Distrito Federal: um estudo de caso / Paula Emanoela
Silva Almeida. - Presidente Prudente, 2024.
107 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e
Desenvolvimento Regional) - Universidade do Oeste
Paulista - Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2024.

Bibliografia.

Orientador: Dr. Marcelo Rodrigo Alves

1. Impacto Ambiental. 2. Geotecnia. 3. Erosão. 4. DF-
250. 5. Voçoroca. I. Título.

Catálogo na Fonte: Maria Letícia Silva Vila Real - CRB 8/10699

PAULA EMANOELA SILVA ALMEIDA

**PROCESSOS EROSIVOS ÀS MARGENS DAS RODOVIAS DO DISTRITO
FEDERAL: UM ESTUDO DE CASO**

Dissertação apresentada à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional

Presidente Prudente, 08 de Outubro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Orientador - Marcelo Rodrigo Alves
Universidade do Oeste Paulista - Unoeste
Presidente Prudente- SP

Prof. Dr.^a Joseleide Pereira da Silva
Instituto Federal de Brasília (IFB)
Brasília- DF

Prof. Dr. Sérgio Marques Costa
Universidade do Oeste Paulista - Unoeste
Presidente Prudente- SP

RESUMO

PROCESSOS EROSIVOS ÀS MARGENS DAS RODOVIAS DO DISTRITO FEDERAL: ESTUDO DE CASO

As erosões nas margens das rodovias distritais representam um problema crítico, com potencial para gerar graves impactos socioambientais e econômicos. A erosão às margens dessas rodovias afeta a segurança viária, aumenta os custos de manutenção, impacta a qualidade dos recursos hídricos e pode causar prejuízos à biodiversidade local. A identificação precoce e o mapeamento dessas erosões são cruciais para a implementação de medidas de controle e mitigação eficientes. Este estudo tem como objetivo principal analisar os processos erosivos que ocorrem nas margens das rodovias do Distrito Federal, utilizando como estudo de caso a rodovia DF-250. A pesquisa investiga as causas da erosão e seus impactos ao longo da faixa de domínio da rodovia. Além disso, apresentou quais as ações implementadas pelo órgão gestor para a recuperação da área degradada, bem como os custos associados a essas medidas de recuperação. A pesquisa também mapeou os pontos críticos de erosão em outras rodovias distritais, visando entender a extensão do problema e as áreas prioritárias para intervenção. Os resultados incluem a identificação de 23 pontos de processos erosivos às margens de rodovias. Para a compreensão das proporções dessas erosões, foram preenchidas fichas de cadastro das erosões nas rodovias distritais, que permitiram a classificação desses processos erosivos nas rodovias. A compreensão das proporções das erosões é essencial para avaliar a gravidade do problema, planejar intervenções adequadas e implementar estratégias de controle eficazes. E por fim, após consultas aos órgãos públicos, foram averiguados quais são os protocolos direcionados ao monitoramento e controle de processos erosivos.

Palavras-chave: Impacto Ambiental; Geotecnia; Erosão; DF-250; Voçoroca.

ABSTRACT

EROSIVE PROCESSES ALONG THE MARGINS OF HIGHWAYS IN THE FEDERAL DISTRICT: A CASE STUDY

Erosion along the margins of district highways poses a critical problem, with the potential to generate severe socio-environmental and economic impacts. Erosion on the edges of these roads compromises road safety, increases maintenance costs, negatively impacts the quality of water resources, and can lead to losses in local biodiversity. Early identification and mapping of these erosions are crucial for the implementation of effective control and mitigation measures. This study aims to analyze the erosive processes occurring on the margins of highways in the Federal District, utilizing the DF-250 highway as a case study. The research investigates the causes of erosion and their impacts along the highway's right-of-way. Additionally, it presents the actions implemented by the managing agency for the recovery of degraded areas, as well as the costs associated with these recovery measures. The research also mapped critical erosion points on other district highways, aiming to understand the extent of the problem and prioritize areas for intervention. The results include the identification of 23 locations exhibiting erosive processes along highway margins. To comprehend the scale of these erosions, erosion registration forms were completed for district highways, enabling the classification of these erosive processes. Understanding the extent of the erosions is essential for assessing the severity of the problem, planning appropriate interventions, and implementing effective control strategies. Finally, after consultations with public agencies, the protocols directed towards the monitoring and control of erosive processes were investigated.

Keywords: Environmental Impact; Geotechnics; Erosion; Gully Erosion.

LISTA DE SIGLAS

ADASA	- Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal
APP	- Área de Preservação Permanente
BRT	- Bus Rapid Transit
CIDE	- Contribuições de Intervenção no Domínio Econômico
CODEPLAN	- Companhia de Planejamento do Distrito Federal
CTB	- Código de Trânsito Brasileiro
DAER-RS	- Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do Rio Grande do Sul
DER-DF	- Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal
DF	- Distrito Federal
DODF	- Diário Oficial do Distrito Federal
EMBRAPA	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAPESP	- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
GDF	- Governo do Distrito Federal
IBAMA	- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBRAM	- Instituto Brasília Ambiental
ICMBio	- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IPT	- Instituto de Pesquisas Tecnológicas
IPDF	- Instituto de Planejamento Territorial e Urbano do Distrito Federal
ODS	- Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	- Organização das Nações Unidas
PGAs	- Planos de Gestão Ambiental
PRAD	- Plano de Recuperação de Áreas Degradadas
PRADA	- Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas
SEMARH	- Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SIG	- Sistema de Informações Geográficas
SRDF	- Sistema Rodoviário do Distrito Federal
UFAM	- Universidade Federal do Maranhão
ZEE-DF	- Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Voçoroca às margens da Rodovia BR-040 (GO)	12
Figura 2-	Fluxograma da Metodologia	16
Figura 3-	Estrada Rio Petrópolis (1928)	20
Figura 4-	Faixa de domínio das rodovias	21
Figura 5-	Processo erosivos às margens da Rodovia BR-020 (GO)	23
Figura 6-	Mapa risco ecológico de perda de solo por erosão	28
Figura 7-	Etapas de desenvolvimento do fenômeno <i>piping</i>	29
Figura 8-	Voçoroca na rodovia MA-203.....	30
Figura 9-	Processo erosivo em área agrícola	37
Figura 10-	Esquema rodoviário do Distrito Federal	42
Figura 11-	Uso e Ocupação do Solo no Distrito Federal (1953-2017).....	44
Figura 12-	Processo erosivos às margens da Rodovia DF-250	48
Figura 13-	Voçorocas na faixa de domínio da rodovia DF-250	48
Figura 14-	Região do Itapuã/Paranoá no Distrito Federal	50
Figura 15-	Poligonal da voçoroca na rodovia DF-250	51
Figura 16-	Bacia de detenção em Araguaína/TO	55
Figura 17-	Projeto das bacias de detenção na DF-250	56
Figura 18-	Detalhamento das bacias de detenção	56
Figura 19-	Delimitação da poligonal da voçoroca e eixo do dreno de fundo	57
Figura 20-	Trecho da voçoroca em direção ao Córrego Capão da Erva	58
Figura 21-	Mapa de localização dos polígonos de ravinas e voçorocas sobrepondo o mosaico de aerofotogramas do Distrito Federal.....	60
Figura 22-	Pontos de erosões mosaico de aerofotogramas de 2021	61
Figura 23-	Pontos de processos erosivos na faixa de domínio das rodovias distritais	62
Figura 24-	Pontos de processos erosivos muito próximos	63
Figura 25-	Processos erosivos na faixa de domínio das rodovias distritais pavimentadas.....	64
Figura 26-	Ficha de Cadastro de erosões (Modelo)	65
Figura 27-	Processos erosivos às margens da rodovia DF-150.....	67
Figura 28-	Faixa de domínio da rodovia DF-150 e extração de material.....	68
Figura 29-	Erosão no talude na DF-205	69

Figura 30-	Mapa do risco ecológico por perda de erosão dos 23 pontos de processos erosivos.....	70
Figura 31-	Cartilha do Programa de Monitoramento e controle de processos erosivos.....	72

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1-	Classificação da erosão	67
Gráfico 2-	Distribuição dos 23 pontos de erosão e o Mapa do ZEE	71

SUMÁRIO

	PRÓLOGO	11
1.	INTRODUÇÃO	12
1.1	Problema de pesquisa e Hipótese	14
1.2	Objetivos	14
1.2.1	Objetivo Geral.....	14
1.2.2	Objetivos Específicos	14
1.3	Metodologia	15
1.3.1	Metodologia da Pesquisa	15
1.3.2	Procedimentos metodológicos	15
1.4	Estrutura da dissertação	18
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	Rodovias	19
2.1.1	Faixas de domínio das rodovias	20
2.2	Impactos gerados pela construção de rodovias	21
2.2.1	Processos erosivos	26
2.3	Fatores condicionantes dos processos erosivos	30
2.3.1	Chuva	31
2.3.2	Relevo	31
2.3.3	Cobertura vegetal	32
2.3.4	Tipo de solo.....	33
2.3.5	Substrato rochoso	35
2.4	Ação antrópica.....	36
3.	RESULTADO E DISCUSSÃO.....	41
3.1	Objeto de estudo	41
3.1.1	Vegetação do Distrito Federal	42
3.1.2	Recursos Hídricos	45
3.1.3	Relevo e solos	45
3.1.4	Geomorfologia	46
3.2	Estudo de caso: Rodovia DF-250.....	47
3.2.1	Histórico da erosão na rodovia DF-250	51
3.2.2	Ações para a recuperação de área degradada	53
3.3	Análise das erosões às margens das rodovias distritais	60

3.4	Gestão e mitigação dos processos erosivos em rodovias.....	71
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
4.1	Contribuições da dissertação	77
4.2	Trabalhos futuros	77
	REFERÊNCIAS.....	78
	ANEXO A- FICHAS.....	85

PRÓLOGO

Minha jornada com a temática da erosão nas rodovias teve início há 16 anos, quando iniciei minha carreira profissional após graduação no curso de engenharia civil. Ao longo dessa trajetória, tive a oportunidade de vivenciar na prática os desafios e as nuances dessa problemática, atuando em renomadas instituições de infraestrutura como o Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT), a VALEC Engenharia, Construções e Ferrovias S.A. e o Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER-DF). Mais do que uma profissão, essa experiência se tornou uma missão: contribuir para a construção de estradas mais seguras, resilientes e ambientalmente responsáveis.

Como servidora pública do Distrito Federal, trabalho na área de obras e de manutenção de rodovias. Nesse cenário, a rodovia DF-250 se destaca como um caso emblemático de erosão. Sua configuração geográfica peculiar, marcada por declives acentuados e solos suscetíveis à erosão, cria um terreno fértil para o surgimento de voçorocas e outros processos erosivos. Essa realidade me motivou a aprofundar meus estudos na área, buscando soluções inovadoras e eficazes para mitigar esses impactos negativos.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional no Distrito Federal provoca um desordenamento na estrutura urbana que se expressa em vários problemas de ordem socioambientais (Brito, 2012).

As ações antrópicas desempenham um papel crucial no desencadeamento e agravamento dos processos erosivos, impulsionando significativamente sua dinâmica e impacto sobre o meio ambiente. Algumas consequências dos processos erosivos são o assoreamento de rios, lagos e barragens, perda de solos, queda na fertilidade dos solos, desbarrancamento de estradas e moradias (Guerra, 2005).

Os impactos causados nas obras de uma rodovia iniciam ainda em seu planejamento, se estendendo para as fases de implantação e construção, chegando até a fase operacional, onde ocorrem aos maiores impactos (Bandeira; Floriano, 2004). Com efeito, esses processos erosivos podem ocorrer às margens das rodovias, conforme Figura 1 que apresenta uma voçoroca às margens da Rodovia BR-040 (GO).

Figura 1- Voçoroca às margens da Rodovia BR-040 (GO)



Fonte: Google maps (2023b)

Conforme Molinero (2007), a erosão é um processo geodinâmico que ocorre nos solos, a partir da combinação de alguns fatores como relevo local, formação geológica, volume de água existente na região, tanto superficial (em função da

precipitação) quanto em sua subsuperfície (em função do nível freático), conjugados na grande maioria das vezes com a ação do homem naquele local.

Com vistas ao desenvolvimento sustentável, a Organização das Nações Unidas - ONU propôs a Agenda 2030, a qual preconiza Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) interconectados que abordam os principais desafios de desenvolvimento enfrentados por pessoas no Brasil e no mundo. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável constituem um chamado global à mobilização em prol da erradicação da pobreza, preservação ambiental e climática, e asseguramento do bem-estar e da prosperidade universal. Considerando o enfoque dos objetivos estabelecidos na Agenda 2030, a ruptura de uma rodovia pode trazer além dos impactos ambientais, impactos sociais e econômicos. No que concerne ao objetivo 9 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Indústria, Inovação e Infraestrutura), os processos erosivos em rodovias ocasionam impactos diretos na integridade da infraestrutura viária e na eficiência da mobilidade. As erosões podem causar danos às estradas, como voçorocas, desmoronamentos e instabilidade dos solos que compõem a estrutura da via, resultando em custos mais elevados de manutenção e reparo para os governos, além de impactar a segurança dos motoristas. Além disso, pode comprometer os sistemas de drenagem rodoviários, aumentando o risco de enchentes e danos associados (ONU, 2015).

Erosões podem ter impactos significativos nas rodovias e prejudicarem ou até mesmo interromper a circulação nas vias. Diante disso, é importante identificar e entender as causas dos processos erosivos às margens das rodovias, possibilitando monitoramento dos processos erosivos visando à prevenção contra a ocorrência de maiores danos. Com enfoque ambiental, Brito (2012) destaca que a erosão do solo ao longo das rodovias resulta na degradação da terra, com a perda de camadas superficiais férteis, afetando a vegetação nativa e a biodiversidade local. Esse processo contribui para o assoreamento de corpos d'água, prejudicando a qualidade da água e comprometendo ecossistemas aquáticos, além de intensificar problemas de poluição hídrica.

No aspecto social, as comunidades situadas próximas às áreas de erosão enfrentam riscos aumentados de desastres naturais, como deslizamentos de terra, que podem levar à perda de vidas humanas, danos a propriedades e desabrigamento de famílias. A instabilidade do solo pode também comprometer a

infraestrutura viária, resultando em condições de tráfego perigosas e acidentes rodoviários (Reis, 2016).

1.1 Problema de pesquisa e Hipótese

As erosões nas margens das rodovias representam um problema significativo, com potencial para gerar graves impactos socioambientais e econômicos. A ruptura de rodovias, desencadeada por processos erosivos, pode resultar em acidentes, interrupção do tráfego, isolamento de comunidades e prejuízos financeiros consideráveis. Diante desse cenário, emerge a questão central: como os processos erosivos impactam as margens das rodovias no Distrito Federal?

A presente pesquisa parte da hipótese de que os fatores naturais e antrópicos que resultam na formação de processos erosivos nas margens das rodovias afetam de diversas formas o meio ambiente e a vida da população, elevando custos para recuperação da área degradada e leva a perda de biodiversidade.

1.2 Objetivos

Esta pesquisa visa aprofundar a compreensão sobre os processos erosivos que afetam as margens das rodovias distritais.

1.2.1 Objetivo Geral

Como objetivo geral, este trabalho busca analisar os processos erosivos nas margens das rodovias do Distrito Federal, realizando um estudo de caso dos processos erosivos às margens da rodovia distrital DF-250.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Catalogar as erosões às margens das Rodovias Distritais através de registros obtidos nos órgãos públicos do Distrito Federal;
- b) Diagnosticar as erosões selecionadas;
- c) Investigar a existência de medidas de monitoramento e mitigação dos processos erosivos no Distrito Federal.

1.3 Metodologia

Este tópico apresenta a metodologia empregada na pesquisa, detalhando os procedimentos adotados para a coleta, análise e interpretação dos dados.

1.3.1 Metodologia da Pesquisa

A metodologia de pesquisa adotada neste estudo caracteriza-se pela combinação de abordagens qualitativas e quantitativas, com o intuito de compreender de forma abrangente o fenômeno das erosões urbanas nas margens das rodovias do Distrito Federal.

A abordagem quantitativa se manifesta na análise espacial de dados georreferenciados para identificar e quantificar as erosões. A abordagem qualitativa, por sua vez, se expressa na análise dessas erosões através de fichas cadastrais, buscando aprofundar a compreensão sobre os impactos e as estratégias de mitigação das erosões.

O método utilizado é o hipotético-dedutivo, pois parte da formulação de hipóteses sobre as causas e consequências das erosões, que são testadas e refinadas por meio da coleta e análise de dados.

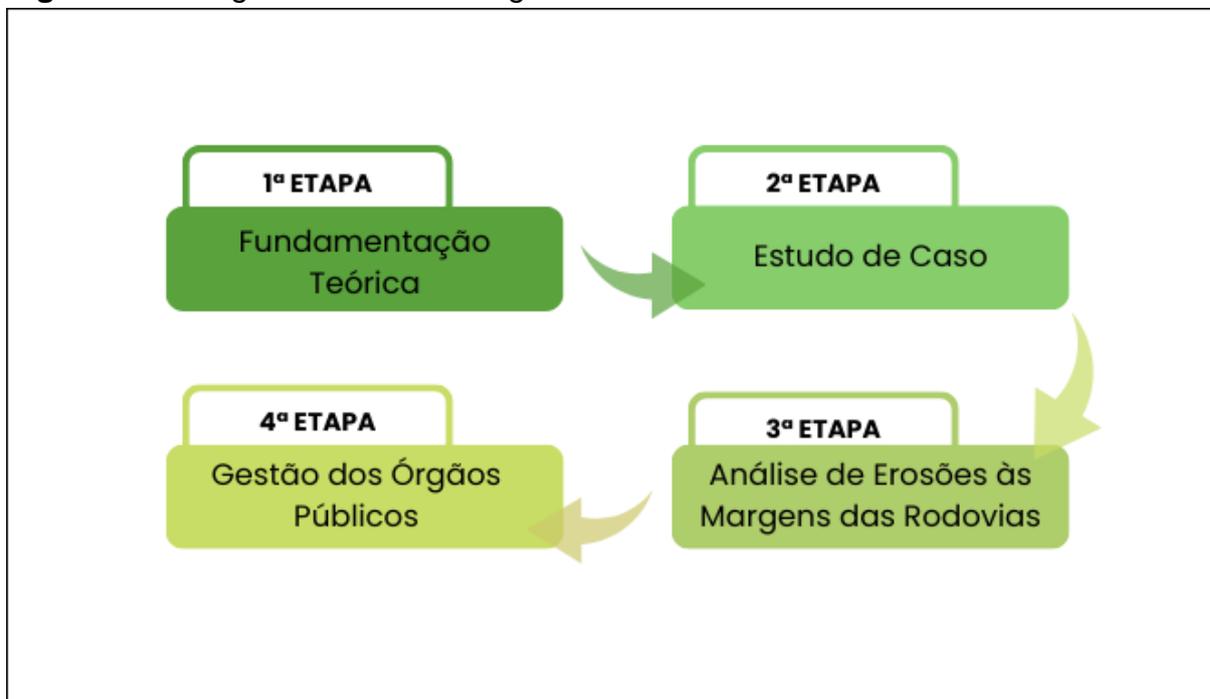
A pesquisa possui um caráter aplicado, uma vez que busca gerar conhecimento útil para a solução de um problema prático, no caso, o controle e a recuperação de erosões em áreas urbanas.

1.3.2 Procedimentos metodológicos

A presente pesquisa segue uma metodologia estruturada em quatro etapas distintas, conforme ilustrado no fluxograma da **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Inicialmente, uma revisão bibliográfica abrangente sobre a erosão e seus fatores condicionantes, entre outros aspectos, oferece o embasamento teórico necessário. Em seguida, um estudo de caso da erosão na rodovia DF-250, analisando suas causas, impactos e medidas de recuperação adotadas. A terceira etapa consiste em uma análise quantitativa, mapeando e quantificando erosões em outras rodovias distritais e uma análise qualitativa das erosões às margens das

rodovias distritais. Por fim, a quarta etapa examina as gestões existentes para o controle e mitigação dessas erosões.

Figura 2- Fluxograma da Metodologia



Fonte: autora (2023)

A primeira etapa da metodologia consiste em uma revisão bibliográfica abrangente sobre erosões, fatores condicionantes dos processos erosivos e temas relacionados, a fim de construir um sólido embasamento teórico para a pesquisa.

Na segunda etapa, foi realizado um estudo de caso dos processos erosivos às margens da rodovia distrital DF-250. Essa análise incluiu a caracterização da área afetada pela voçoroca, identificando a principal causa do processo erosivo e suas repercussões na faixa de domínio da rodovia. Além disso, apresentou quais as ações implementadas pelo órgão gestor para a recuperação da área degradada, bem como o custo associado a essas medidas de recuperação.

Para subsidiar o estudo de caso, foi realizada uma pesquisa em documentos oficiais e públicos do órgão responsável pela gestão da rodovia DF-250, o Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER-DF, 2020).

Além do estudo de caso da erosão na DF-250, a pesquisa também buscou identificar e caracterizar outras erosões em situações semelhantes ao longo das rodovias distritais.

Portanto, na terceira etapa, foi realizada uma análise quantitativa e qualitativa das erosões às margens das rodovias distritais:

- Análise quantitativa: identificou os pontos com processos erosivos às margens das rodovias distritais pavimentadas;
- Análise qualitativa: avaliação das características e das causas dessas erosões.

Na análise quantitativa, o objetivo foi mapear e quantificar os processos erosivos. Essa abordagem visa ampliar a compreensão do problema e oferecer uma visão mais abrangente dos impactos socioambientais nas rodovias do Distrito Federal. Para a identificação dessas erosões foi utilizado o Mapa de Voçorocas e Ravinas de 2011, estudo e mapeamento conforme Oliveira (2011). O arquivo do mapeamento dos polígonos de voçorocas e ravinas foi gerado no formato *shapefile* e georreferenciado. Esse mapa foi entregue em anexo da dissertação de Oliveira (2011) sendo utilizado como o marco zero no diagnóstico das erosões nas margens das rodovias do Distrito Federal.

Foram também aplicados dados disponíveis no GeoPortal DF, que é um mapa digital e dinâmico, composto por fotografias aéreas de todo o território do Distrito Federal e tem acesso a todos os dados georreferenciados do território e da população do Distrito Federal, fornecidos pela infraestrutura de dados espaciais do Distrito Federal (IDE/DF).

O GeoPortal reúne diversas informações, como a malha cicloviária, lotes escriturados, áreas passíveis de regularização, obras públicas, redes de infraestrutura, como rodovias e faixa de domínio, dentre outras informações.

Desta forma, foram catalogadas as erosões na faixa de domínio das rodovias distritais pavimentadas. Posteriormente, foi realizado um mapeamento no Sistema de Informações Geográficas (SIG), identificando os *hotspots* dos pontos de erosão dentro da faixa de domínio.

Para a análise qualitativa dos processos erosivos na faixa de domínio, foram preenchidas fichas de cadastro das erosões nas rodovias distritais. Com base nessas fichas, as erosões foram classificadas.

E na quarta e última etapa, após consultas aos órgãos públicos, foram averiguadas a existência ou não de protocolos direcionados ao monitoramento e controle de processos erosivos.

1.4 Estrutura da dissertação

O presente trabalho está estruturado em 4 (quatro) capítulos, cada um abordando um aspecto fundamental da pesquisa sobre erosões nas margens das rodovias distritais.

O Capítulo 1 contextualiza a pesquisa, apresentando o problema da pesquisa, a hipótese, os objetivos (geral e específicos) e a metodologia utilizada. Além disso, delinea a estrutura da dissertação, permitindo uma visão do escopo e da organização do trabalho.

O Capítulo 2, apresenta a fundamentação teórica da pesquisa, explorando os impactos da construção de rodovias, os diferentes tipos de erosão (laminar, linear e voçorocas), os fatores que condicionam os processos erosivos (chuva, relevo, cobertura vegetal, tipo de solo, ação antrópica), a erosão urbana, além de abordar outros temas relevantes relacionados.

O Capítulo 3 apresenta os resultados e discussão da pesquisa, iniciando por um estudo de caso da erosão na rodovia DF-250, incluindo a caracterização da área, o histórico da erosão, as soluções propostas em 2019 e 2021 e as ações para recuperação da área degradada. Após o estudo de caso da erosão na rodovia DF-250, a pesquisa também verificou a existência de problemas erosivos similares nas margens de outras rodovias pavimentadas.

O Capítulo 4 sintetiza as considerações finais da pesquisa, relacionando-as aos objetivos inicialmente propostos. Além disso, apresenta sugestões para pesquisas futuras.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Rodovias

A construção de vias de ligação entre os povos é feita desde a antiguidade, quando tribos e aldeias construía pontes de madeira ou corda e caminhos de ligação entre as florestas ou desertos. Com essa ideia eles podiam se deslocar, transportar alimentos e se conectar com outras regiões. As rodovias, impulsionadas pela busca por agilidade, praticidade e economia no transporte de pessoas e bens, surgem como obras colossais que conectam diferentes regiões. A necessidade de pavimentação, antes imprescindível para evitar a formação de lama em épocas chuvosas e buracos em períodos secos, que elevavam custos e preços finais, impulsionou um salto na dirigibilidade. No entanto, a construção e operação de rodovias não são isentas de impactos ambientais, tanto positivos quanto negativos, exigindo uma avaliação quantitativa rigorosa (Lopes, 2015).

Washington Luís, durante seu mandato como presidente do Brasil entre 1926 a 1930, desempenhou um papel significativo na modernização e expansão da infraestrutura rodoviária no Brasil. Sua frase emblemática: “Governar é abrir estradas!” foi um lema que perdurou por muitos anos no planejamento e na política pública de infraestrutura brasileira. Principal defensor do rodoviarismo, uma política que priorizava o desenvolvimento e a expansão das estradas como meio de integrar o território nacional e fomentar o progresso econômico. Nesse sentido, a abertura de estradas sob sua administração visava conectar regiões distantes e promover a integração socioeconômica do país. Do ponto de vista teórico, essa política se alinha com conceitos de modernização econômica e social, nos moldes do desenvolvimento urbano e industrial preconizados no início do século XX (Huertas, 2022).

De acordo com Grandi e Huertas (2023), o rodoviarismo de Washington Luís não apenas enfatizou a importância das estradas como infraestrutura fundamental para o desenvolvimento nacional, mas também influenciou políticas subsequentes de infraestrutura e transporte no Brasil, deixando um legado significativo na história do país. Na **Figura 3** observamos a primeira rodovia pavimentada do Brasil, inaugurada em 1928.

Figura 3- Estrada Rio Petrópolis (1928)



Fonte: Diário do Rio (2023)

2.1.1 Faixas de domínio das rodovias

A faixa de domínio de uma rodovia engloba todos os elementos que a compõem, desde as pistas de rolamento até os acostamentos e a sinalização, estendendo-se até o limite que a separa dos imóveis vizinhos (DAER-RS, 2024).

O Anexo I do Código de Trânsito Brasileiro define a faixa de domínio como a superfície ao longo das vias rurais, delimitada por legislação específica e gerida pela autoridade responsável pela via (BRASIL, 2024).

A competência para regulamentar a sua utilização recai sobre os órgãos e entidades executivos rodoviários, da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, conforme a titularidade de cada estrada ou rodovia, no exercício das competências previstas no artigo 21 no CTB.

Mitidiero (2005) destaca que as faixas de domínio são cruciais para garantir a segurança e a fluidez do tráfego, minimizando interferências como acessos irregulares, obstáculos visuais e detritos. O autor enfatiza que o uso da faixa lateral de segurança deve ser restrito e seguir rigorosamente as normas de segurança viária estabelecidas pelas autoridades competentes. A **Figura 4** ilustra a rodovia e a sua faixa de domínio.

Figura 4- Faixa de domínio das rodovias



Fonte: DAER-RS (2024)

A faixa de domínio das rodovias desempenha um papel fundamental na segurança viária, ao permitir manobras de emergência durante acidentes, e também na infraestrutura, facilitando futuras obras de ampliação. Além disso, pode ser utilizado como uma fonte de materiais para a construção da própria rodovia (ABDER, 2019).

2.2 Impactos gerados pela construção de rodovias

Devido a grande complexidade e limites de extensão, a construção de rodovias altera permanente diversos ambientes ao longo de sua implantação, transformando paisagens, modificando biomas e gerando impactos sobre o meio físico, biótico e socioeconômico (Ridente Júnior, 2008).

Um dos impactos mais significativos decorrentes da construção de rodovias é o fenômeno da erosão, que pode ser definido como sendo um processo de desagregação e remoção de partículas do solo ou fragmentos e partículas de rochas, pela ação combinada da gravidade com a da água, vento, gelo ou organismos vivos (Salomão; Iwasa, 1995).

Moliner (2007) justifica que:

Várias regiões brasileiras, especialmente aquelas que se desenvolveram em áreas de planaltos, como grande parte do centro-oeste brasileiro, apresentam-se em regiões com relevos caracterizados por grandes

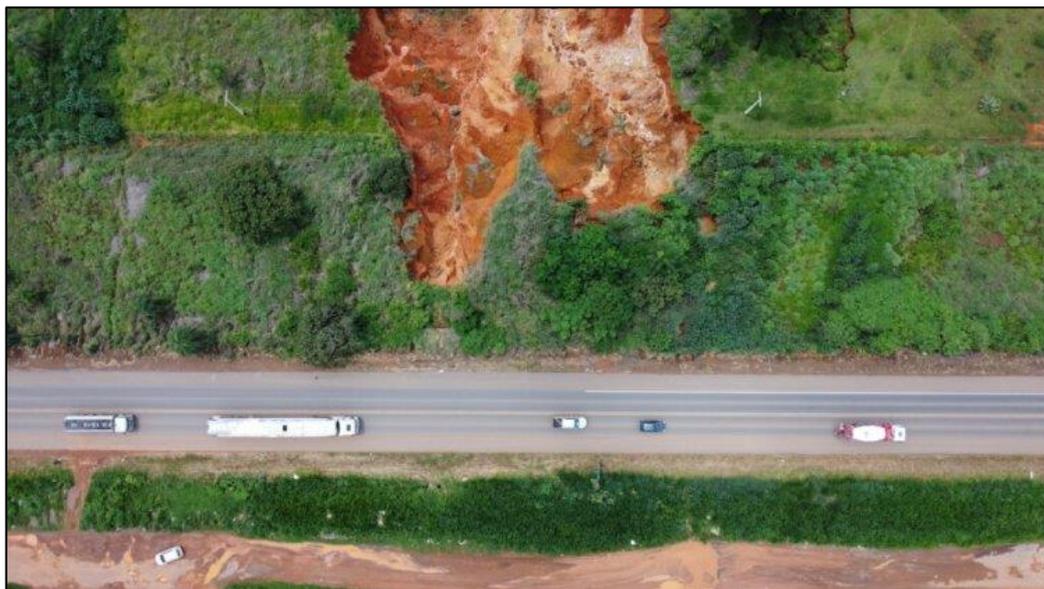
diferenças altimétricas. Em consequência disso os acessos entre estas localidades, na maioria dos casos, também são construídos ao longo desses terrenos. Estas estradas, assim instaladas, muitas vezes em terrenos de baixa resistência à erosão, quando não protegidas, por vegetação ou pavimentação, têm o processo erosivo rapidamente iniciado. Estas ravinas, não raro, se transformam em voçorocas, principalmente quando interceptam o nível freático. Com o conseqüentemente alargamento e evolução remontante dessas erosões, quase sempre, o resultado é a destruição dessas rodovias. Na maioria dos casos mesmo quando as águas são conduzidas por sistemas apropriados, o problema surge no ponto de lançamento onde muitas vezes encontram-se estruturas inadequadas para o lançamento das águas captadas pelo sistema de drenagem. Com o incremento das chuvas e o aumento da vazão e do nível freático, os processos erosivos a jusante são extremamente acelerados, provocando avanços nas erosões como um todo. Estes processos colocam em risco a segurança e a economia de pessoas assim como das próprias obras públicas (Molinero, 2007, p.26).

No artigo “*Processos Erosivos em Rodovias: uma revisão sistemática sobre os métodos de previsão e monitoramento*”, Pires e Carmo Júnior (2018) listaram várias metodologias para a previsão e monitoramento de processos erosivos, porém dependendo da pesquisa, pode ocorrer o desenvolvimento de um novo modelo mais adequado ao objeto analisado, como por exemplo, como aquele apresentado por Molinero (2007), que desenvolveu um modelo matemático específico para previsão de áreas mais suscetíveis a processos erosivos.

Na região central do Brasil, ocorreu a uma rápida e extensiva ocupação do solo. Grandes processos de urbanização e um acelerado incremento da atividade agropecuária, acarretando em aparecimento de sérios problemas ambientais, como a degradação do solo e processos erosivos. Tais ações antrópicas impactaram as áreas urbanas gerando assoreamento de reservatórios e alterações significativas nos cursos de água, o que ocasionou a perda de solos férteis antes utilizadas nas atividades agrícolas (de Carvalho *et al.*, 2006).

Muitos processos erosivos são encontrados junto às margens das rodovias. A **Figura 5** apresenta processos erosivos às margens da rodovia BR-020, localizada em Formosa/GO.

Figura 5- Processo erosivos às margens da Rodovia BR-020 (GO)



Fonte: G1 Goiás (2024)

Ravinas seriam incisões de até 50 centímetros de largura e profundidade. Acima desses valores, as incisões seriam chamadas de voçorocas. Segundo o Instituto Paulista de Tecnologia, ravinas seriam canais criados pelo escoamento superficial e voçorocas canais esculpidos pelo afloramento do lençol freático (Guerra, 2005).

De Carvalho *et al.* (2006) destaca que os cadastros dos processos erosivos proporcionam avanços no conhecimento do comportamento dessas feições e suas relações com as áreas urbanas, uma vez que um dos objetivos do cadastro é também, destacar a dinâmica ou fenomenologia do processo erosivo.

Importantes problemas de erosão acontecem no entorno das rodovias, devido à necessária intervenção de desmatamento para a sua implantação. Em épocas passadas não havia a preocupação ambiental como hoje acontece. Nesses locais, a implantação das rodovias promove, além da impermeabilização do terreno, um acréscimo na velocidade da água superficial pelo terreno (Nogami; Villibor, 1995).

Segundo Molinero Junior (2010), há projetos que não levam em consideração o caminho natural seguido pela água pluvial e, com isso, algumas saídas e descidas d'água são colocadas em locais impróprios, por onde a água passa e vai procurar o seu caminho natural. Desta forma, temos nesses locais as

erosões nas saias de aterro que acontecem naturalmente em pontos onde deveriam existir descidas d'água.

O Brasil encontra-se em pleno desenvolvimento de sua infraestrutura viária, impulsionado pelo aumento na produção de mercadorias e matérias-primas, de bens e *comodities*. escoar essa produção com rapidez e baixo custo pode ser um desafio em um país de proporções continentais.

De acordo com Laurance *et al.* (2014), o planeta se prepara para um futuro entrelaçado por um extenso sistema viário, com projeções indicando que até 2050 a malha rodoviária global terá quilometragem suficiente para dar 600 voltas ao redor da Terra. Entre 2010 e 2050, espera-se um acréscimo de 60% no total de rodovias pavimentadas, com a adição de 14 milhões de quilômetros até 2030 e outros 11 milhões até 2050. Essa expansão vertiginosa é impulsionada pela necessidade de escoar produtos e facilitar a interligação e ocupação de novas áreas.

A construção e manutenção de rodovias desempenham um papel crucial no desenvolvimento econômico e na mobilidade urbana. Entretanto, seus impactos ambientais são significativos, exigindo uma abordagem criteriosa para mitigar seus efeitos adversos. Nas regiões urbanas, as rodovias contribuem para a fragmentação de *habitats*, aumento da poluição atmosférica e sonora, e mudanças no uso do solo, conforme descrito por Forman *et al.* (2003). A fragmentação de *habitats*, por exemplo, pode levar à perda de biodiversidade, uma vez que barreiras físicas dificultam o movimento de espécies e a troca genética entre populações.

Nas margens das rodovias, o impacto é igualmente preocupante. A construção de estradas muitas vezes resulta em desmatamento, erosão do solo e contaminação de recursos hídricos devido ao escoamento superficial de poluentes, como indicam estudos de Trombulak e Frissell (2000). Além disso, a presença de rodovias pode introduzir espécies exóticas invasoras que competem com as espécies nativas, alterando a composição ecológica local.

Segundo Brasileiro, Schiapati e Comar (2014), um fator que potencializa os impactos de uma rodovia diz respeito à sua localização dentro espaço urbano, visto que dispõe diretamente a população ao contato com todos os riscos relacionados à rodovia, não dependendo unicamente das características da rodovia ou de seu volume de tráfego, mas também das particularidades da área urbana na qual está inserida.

Trinta (2001), Trinta e Ribeiro (2004) destacam que as rodovias, ao atravessarem o tecido urbano, geram uma série de impactos negativos que afetam diretamente a qualidade de vida da população. A principal consequência é a segregação espacial, que divide as cidades em áreas fragmentadas e isoladas, dificultando a interação social e o acesso a serviços essenciais. Além disso, o autor ressalta os impactos da poluição sonora e do ar, das vibrações constantes e da intrusão visual imposta pelas rodovias no ambiente urbano. Esses elementos contribuem para a degradação da saúde pública, o estresse e a diminuição do conforto dos moradores. No âmbito da mobilidade urbana, as rodovias também geram efeitos negativos, como a redução da velocidade de deslocamento em decorrência da sinalização inadequada e da falta de padrões técnicos adequados. A disposição dos acessos, retornos, entradas e saídas também impacta negativamente na acessibilidade, dificultando o trânsito de pedestres, ciclistas e outros meios de transporte alternativos.

De acordo com Bandeira e Floriano (2004), os impactos negativos das rodovias em áreas urbanas se manifestam desde a fase de planejamento, passando pela construção e se intensificando durante a operação. Logo na etapa inicial, a retirada da vegetação na área do traçado e no local das obras causa a perda de biodiversidade e a fragmentação de *habitats*. A remoção excessiva de solo e o taludeamento inadequado podem desencadear processos erosivos e assoreamento de terrenos, com consequências graves para o solo e cursos d'água. A terraplenagem, em casos de grandes obras, pode chegar ao ponto de alterar o curso dos ventos, rios e chuvas. O rebaixamento do solo, por sua vez, pode afetar lençóis freáticos menos profundos, alterando a qualidade da água, principalmente por meio do aumento da turbidez e da contaminação por produtos utilizados na pavimentação. A compactação do solo, por outro lado, reduz sua capacidade de infiltração, intensificando o escoamento superficial e aumentando o risco de erosão. Essa erosão, se não controlada, pode levar à sedimentação em cursos d'água, diminuindo a profundidade dos rios e aumentando o risco de inundações (Centurion; Cardoso; Natale, 2001).

Diante desses desafios, é essencial adotar práticas de engenharia sustentável e planejamento ambiental rigoroso na construção e manutenção de rodovias. Medidas como a criação de corredores ecológicos, o uso de materiais menos poluentes e a implementação de barreiras acústicas são fundamentais para

minimizar os impactos ambientais, conforme sugerido por Spellerberg (1998). Assim, a integração de considerações ambientais no planejamento rodoviário é vital para promover um desenvolvimento sustentável que harmonize a infraestrutura de transporte com a preservação ambiental.

2.2.1 Processos erosivos

Segundo De Carvalho *et al.* (2006), o termo "erosão" tem sua origem no latim "erodere", significando "corroer". No contexto das ciências da terra, o conceito refere-se aos processos de desgaste da superfície terrestre, compreendendo solo ou rocha, ocasionados pela ação de agentes naturais como água, vento, gelo e organismos biológicos, incluindo plantas e animais, assim como pela intervenção humana. Muitos desses processos erosivos ocorrem de maneira direta e previsível, frequentemente como resultado das atividades antrópicas no meio ambiente. No Brasil, a água se destaca como o principal agente erosivo, com rios, córregos, chuvas, lagos e mares atuando como escultores incansáveis do solo.

Infanti Junior e Fornasari Filho (1998) argumentam que, no contexto urbano, a forma como a água escoar pelas encostas, influenciada pelas características do solo e pelas intervenções humanas, como a construção de rodovias, determina o tipo de erosão que se desenvolve. A erosão laminar, também conhecida como erosão em lençol, é o desgaste gradual e uniforme da superfície do solo, provocada pelo escoamento difuso das águas das chuvas. Essa forma de erosão é menos perceptível e pode remover camadas significativas do solo sem que se perceba a gravidade da situação. Já a erosão linear é causada pela concentração do fluxo das águas de escoamento superficial em linhas definidas, que podem se aprofundar e se transformar em sulcos e, posteriormente, em ravinas. Essa forma de erosão é mais evidente, mas pode ser controlada com medidas adequadas.

No caso das rodovias, a impermeabilização do solo e a alteração do relevo natural podem intensificar os processos erosivos, tanto laminares quanto lineares. A água da chuva que antes se infiltrava no solo agora escoar rapidamente pela superfície, levando consigo partículas de solo e rochas. Essa intensificação da erosão pode ter consequências graves, como o assoreamento de rios e córregos e a perda de fertilidade do solo (Infanti Junior; Fornasari Filho, 1998).

Segundo Chacón Arcaya (2007), a erosão laminar, também conhecida como erosão por escoamento laminar, é um processo silencioso, mas altamente prejudicial à agricultura. Ela se caracteriza pela remoção gradual e uniforme da superfície do solo, provocada por um fluxo de água distribuído de forma homogênea ao longo da vertente. Embora essa forma de erosão seja menos perceptível do que outras, seus impactos são severos. Junto com as partículas do solo, nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas são levados embora, expondo as raízes mais superficiais e deixando o solo com baixa fertilidade.

O controle da erosão laminar em margens de rodovias exige a implementação de práticas de conservação do solo, como a rotação de culturas, a construção de terraços e a utilização de cobertura vegetal. Essas medidas visam reduzir a velocidade da água que escoar pelas encostas, diminuindo sua capacidade de erodir o solo (Chacón Arcaya, 2007).

A erosão linear, ou erosão hídrica, é um processo geológico que resulta na remoção de solos e sedimentos por meio de fluxos concentrados de água, formando sulcos, ravinas e voçorocas. Este fenômeno tem impactos ambientais significativos, especialmente nas regiões urbanas e nas margens de rodovias. Nas áreas urbanas, a impermeabilização do solo devido ao asfalto e concreto aumenta o escoamento superficial, exacerbando a erosão linear. A literatura aponta que a falta de vegetação adequada e a urbanização desordenada intensificam este processo, levando à degradação do solo e à sedimentação dos corpos hídricos, conforme discutido por Poesen *et al.* (2003).

De acordo com Chacón Arcaya (2007), sulcos, ravinas e voçorocas são cicatrizes esculpidas pela água no solo, cada uma com sua escala e impacto. Os sulcos, como pequenos canais escavados pela força da água, surgem em terrenos inclinados e áreas agrícolas, marcando o início da erosão linear. Nessa fase inicial, a água da chuva inicia sua obra de devastação, removendo a camada superficial do solo. Com o passar do tempo, os sulcos se aprofundam, transformando-se em ravinas. A água, agora mais concentrada, esculpe a terra com ainda mais voracidade, desprendendo material das laterais e alargando a ferida. As ravinas apresentam um estágio mais avançado da erosão linear. No ápice da destruição, as voçorocas emergem, combinando a ação da água da superfície com a força das águas subterrâneas. Essa união de forças acelera e intensifica o processo erosivo, criando feições ramificadas que deformam a paisagem de forma irreversível. As

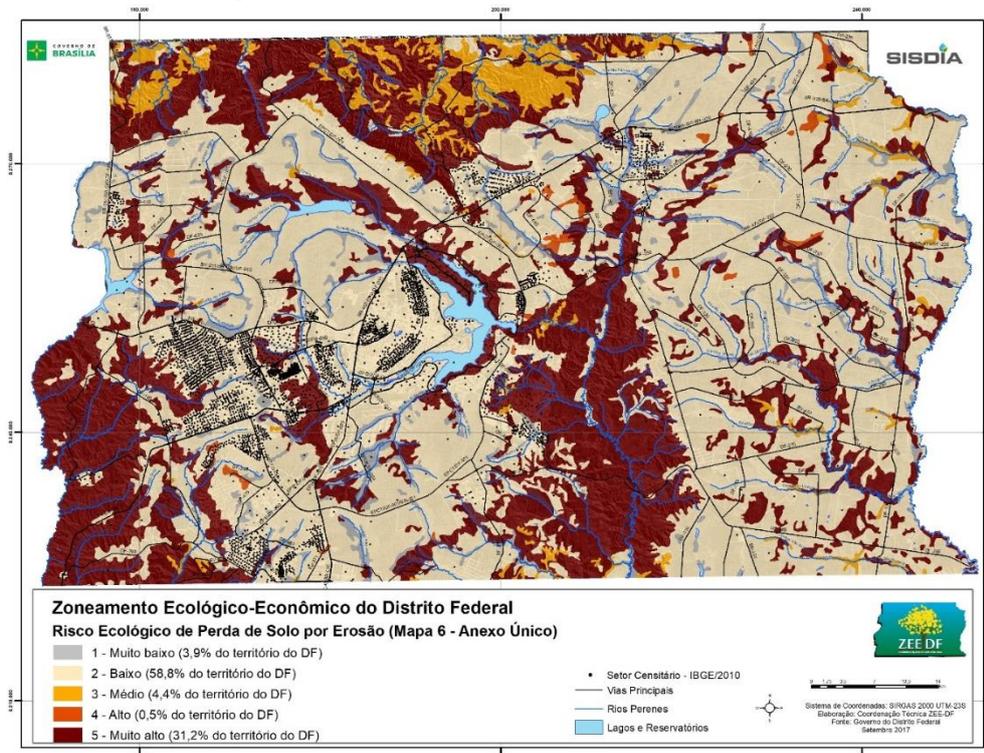
voçorocas representam a fase final da erosão linear, um lembrete cruel da potência da água quando não controlada.

Nas margens das rodovias, a erosão linear é frequentemente exacerbada pela ausência de cobertura vegetal e pelas práticas inadequadas de manejo do solo. Segundo Montgomery (2007), a construção de rodovias sem medidas de controle de erosão pode causar a formação de ravinas, resultando na perda de solo fértil e na sedimentação de rios e lagos adjacentes. Além disso, a erosão nas margens de rodovias pode comprometer a estabilidade estrutural das estradas, aumentando os custos de manutenção e reparo.

As perdas de solo ocasionadas pela erosão resultam no assoreamento de corpos d'água e reservatórios, assim como na deterioração da sua qualidade. Uma das ramificações decorrentes do assoreamento é a indução de enchentes e a redução da capacidade de armazenamento de água, acarretando desafios no abastecimento hídrico e na geração de energia (Lemos; Ferreira, 2003).

O Distrito Federal apresenta alta vulnerabilidade à erosão, com áreas de risco muito alto abrangendo até 31% de seu território, conforme dados do Zoneamento Ecológico-Econômico de 2017 (**Figura 6**).

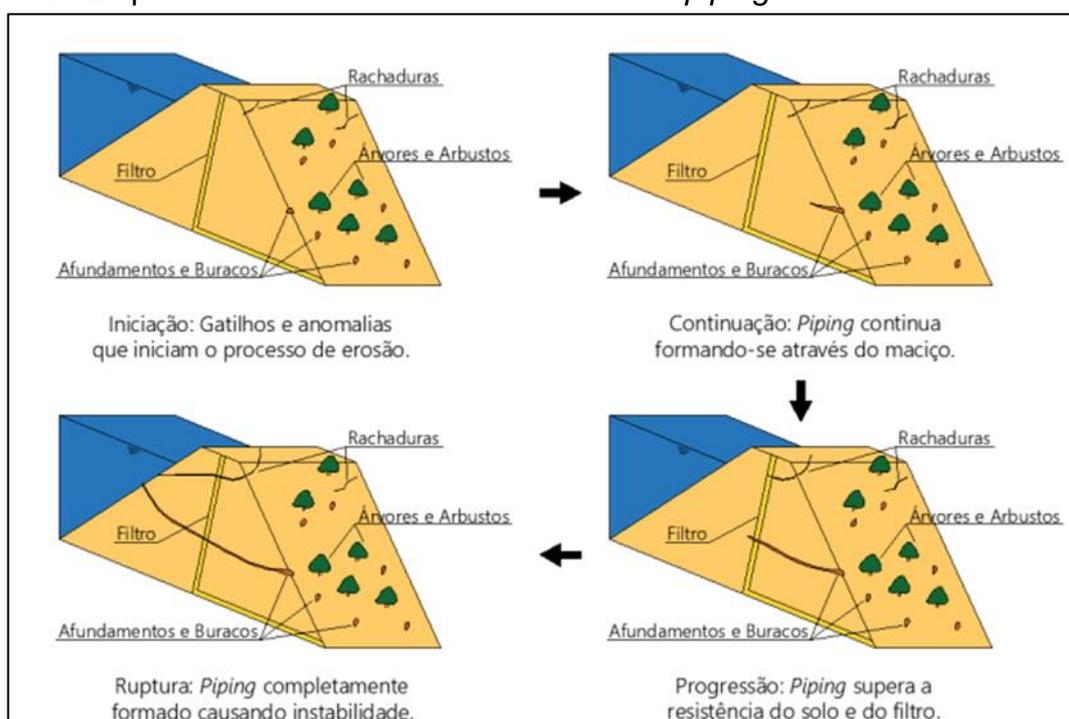
Figura 6- Mapa risco ecológico de perda de solo por erosão



Fonte: ZEE (2018)

As voçorocas, cicatrizes profundas esculpidas na terra pela fúria da água, representam o ápice da erosão linear, o último estágio que se inicia com simples sulcos e ravinas. Forjadas pela incessante ação erosiva da água, as voçorocas se erguem como canais profundos, refletindo a fragilidade do solo. Sua formação, resultado da evolução das ravinas, pode ocorrer em solos intemperizados, assumindo formatos retangulares ou em V, marcas reveladoras da ação combinada do escoamento superficial e subsuperficial, um tipo de erosão conhecido como *piping* (Conoscenti *et al.* 2014). A Figura 7 ilustra o desenvolvimento do *piping*.

Figura 7- Etapas de desenvolvimento do fenômeno *piping*

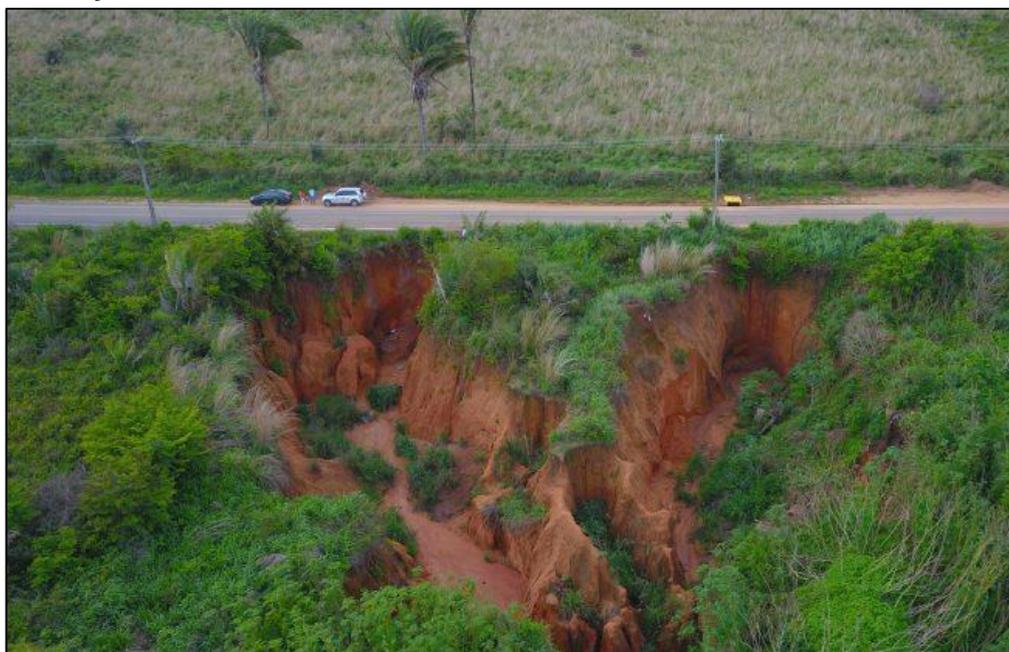


Fonte: Soares (2020)

O surgimento das voçorocas está intimamente ligado à ação combinada de diversos fatores, como a topografia acidentada, a forte inclinação do terreno, a ausência de cobertura vegetal, a presença de solos suscetíveis à erosão e a ocupação desordenada do solo. A chuva inicia o processo erosivo, concentrando-se em pontos específicos e desgastando o solo de forma acelerada. Com o passar do tempo, os sulcos e ravinas se aprofundam. A água, agora canalizada por essas feições erosivas, ganha força e velocidade, aumentando seu poder de destruição. Essa ação incessante leva à formação de voçorocas, verdadeiras crateras que

podem atingir dezenas de metros de profundidade e centenas de metros de largura. A Figura 8 apresenta uma voçoroca na rodovia MA-203, na cidade de Raposa/MA, na região metropolitana de São Luís/MA.

Figura 8- Voçoroca na rodovia MA-203



Fonte: Domingos Costa (2022)

Segundo Albuquerque e Vieira (2014), as áreas afetadas pelas erosões se tornam praticamente inúteis para qualquer atividade produtiva, seja na agricultura, na criação de gado ou no desenvolvimento urbano. Em áreas urbanas, as voçorocas se transformam em verdadeiros lixões a céu aberto, onde o lixo doméstico e industrial se acumula, intensificando a degradação do solo e contaminando o lençol freático.

2.3 Fatores condicionantes dos processos erosivos

Para Chacón Acaya (2007), a erosão, é uma força implacável que esculpe a superfície terrestre. De um lado, os fatores naturais, como a chuva, a cobertura vegetal, o relevo, os tipos de solo e o substrato rochoso, ditam o ritmo da erosão. Do outro, os fatores antrópicos, como o desmatamento, a agricultura, as obras civis e a urbanização, aceleram essa dança, intensificando seus efeitos devastadores.

Esses fatores, atuando sozinhos ou em conjunto, criam um mosaico de variabilidade espacial e temporal. Em algumas áreas, a chuva torrencial, em conjunto com a declividade acentuada do terreno e a ausência de vegetação, pode transformar a erosão em um processo avassalador. Já em outras, solos argilosos e vegetação densa podem atuar como escudos protetores, diminuindo os impactos da erosão.

2.3.1 Chuva

A precipitação pluvial, um dos principais agentes climáticos que impulsionam a erosão do solo, manifesta-se através da erosividade, uma propriedade que depende da intensidade, duração e frequência das chuvas. A intensidade, por sua vez, se configura como o fator pluviométrico de maior relevância para a erosão, estabelecendo uma relação direta entre a magnitude da precipitação e as perdas por erosão. Para Infanti Junior e Fornasari Filho (1998), a ação erosiva da água de chuva se manifesta de duas formas: pelo impacto direto das gotas sobre a superfície do solo, caracterizado por velocidade e energia variáveis, e pelo escoamento superficial concentrado. A efetividade erosiva da precipitação depende da distribuição pluviométrica do evento chuvoso, sendo influenciada pela quantidade total de chuva acumulada e pela intensidade com que essa precipitação se manifesta.

De acordo com Chacón Arcaya (2007), a água da chuva que atinge o solo pode seguir diferentes destinos: armazenamento em pequenas depressões superficiais ou infiltração no perfil do solo, contribuindo para o aumento da sua capacidade de retenção hídrica. Esse processo é modulado por um conjunto de fatores interligados, abrangendo as propriedades físicas e químicas do solo, características das chuvas (intensidade, duração, frequência), tipo de cobertura vegetal, manejo do solo, declividade das encostas e microtopografia da superfície do terreno.

2.3.2 Relevo

O relevo, por meio de seus atributos como altitude, formato e declividade, atua como um divisor de águas na distribuição de fatores essenciais para a formação e desenvolvimento dos solos, como água da chuva, luz solar e calor. De

acordo com o IPT (1986), essa distribuição desigual desses fatores cria um mosaico de diferentes características nos solos, incluindo variações em cor, textura e profundidade, tornando-se o um fator natural que determina velocidades dos processos erosivos. Velocidades mais elevadas de erosão são mais prováveis em terrenos acidentados, como morros, em comparação com terrenos suaves, como colinas aplainadas, devido ao fato de que a inclinação acentuada aumenta a velocidade de escoamento das águas e, conseqüentemente, a capacidade erosiva. A importância da declividade é proporcional à extensão do trecho percorrido na encosta. Assim, a influência da topografia na erosão é avaliada considerando dois fatores principais: a declividade e o comprimento da encosta.

A influência do relevo na intensidade erosiva se manifesta, primordialmente, através da declividade e do comprimento da rampa, da encosta ou da vertente, fatores que interferem diretamente na velocidade do escoamento superficial das águas pluviais. Terrenos com declividades mais acentuadas e comprimentos de rampa mais extensos apresentam escoamentos superficiais mais velozes, o que se traduz em maior capacidade erosiva. No entanto, vale ressaltar que uma encosta com declividade suave e comprimento de rampa significativo também pode apresentar alta intensidade erosiva, desde que submetida a um grande volume de escoamento superficial (Infanti Junior; Fornasari Filho, 1998).

2.3.3 Cobertura vegetal

A cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão. Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1999), o efeito da vegetação pode ser:

- Proteção direta contra o impacto das gotas de chuva;
- Dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes que atinja o solo;
- Decomposição das raízes das plantas que, formando canalículos no solo, aumenta a infiltração da água;
- Melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando assim sua capacidade de retenção de água;
- Diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície.

De acordo com Vilar e Prandi (1993), a cobertura vegetal do solo funciona como uma barreira protetora contra a erosão, promovendo a agregação das

partículas de solo e diminuindo o escoamento superficial. Essa proteção se manifesta por meio de diversos mecanismos interligados, sendo os principais a interceptação e a retenção da água da chuva. Para o funcionamento do mecanismo da interceptação da água da chuva a cobertura vegetal intercepta uma parcela significativa da precipitação, impedindo que a água atinja diretamente a superfície do solo. Essa interceptação é realizada pelas folhas, galhos e troncos das plantas, reduzindo a energia cinética das gotas de chuva e diminuindo seu poder erosivo. Já no mecanismo da retenção da água no solo, a cobertura vegetal promove a infiltração da água da chuva no solo, aumentando sua capacidade de armazenamento e reduzindo o escoamento superficial. Essa retenção é favorecida pela presença de matéria orgânica no solo, que melhora sua estrutura e porosidade, permitindo a infiltração da água e a sua retenção por mais tempo.

A cobertura vegetal contribui para a agregação das partículas de solo quando pela ação das raízes das plantas, que penetram no solo se estruturam, influenciando a produção de matéria orgânica que serve como ligante entre as partículas do solo, reduzindo assim a da velocidade do escoamento superficial, minimizando o impacto das gotas de chuva e aumentando a infiltração da água no solo o que diminui o escoamento superficial e conseqüentemente o surgimento de erosões.

2.3.4 Tipo de solo

Segundo Infanti Junior e Fornasari Filho (1998), no contexto da erodibilidade do solo, ou seja, sua suscetibilidade à erosão hídrica, as propriedades físicas do solo assumem um papel crucial. Entre elas, destacam-se a textura, a estrutura e a permeabilidade, que influenciam diretamente a capacidade do solo de resistir à ação erosiva das águas. A textura do solo, definida pela proporção relativa das partículas de diferentes tamanhos (areia, silte e argila), influencia diretamente a sua erodibilidade. Solos arenosos, com maior proporção de partículas de areia, são mais suscetíveis à erosão devido à sua baixa coesão e alta permeabilidade, enquanto solos argilosos, com maior proporção de partículas de argila, apresentam maior resistência à erosão em virtude da sua alta coesão e baixa permeabilidade. A estrutura do solo, definida pelo arranjo das partículas do solo e dos espaços entre elas, também influencia a erodibilidade. Solos com estrutura agregada, ou seja, com partículas agrupadas em unidades maiores e estáveis, são mais resistentes à

erosão do que solos com estrutura desagregada, onde as partículas estão soltas e suscetíveis ao deslocamento pela água.

A permeabilidade do solo, definida como a capacidade de permitir a passagem da água, está intimamente relacionada à sua porosidade, ou seja, à quantidade de espaços vazios entre as partículas do solo. Solos com maior porosidade, como os arenosos, geralmente apresentam maior permeabilidade, permitindo a rápida infiltração da água da chuva. Já solos com menor porosidade, como os argilosos, tendem a ter menor permeabilidade, dificultando a infiltração da água e aumentando o escoamento superficial (Salomão; Iwasa, 1995).

De acordo com Infanti Junior e Fornasari Filho (1998), a espessura do solo assume um papel crucial na modulação dos processos erosivos, influenciando diretamente a capacidade de infiltração da água e o desenvolvimento de enxurradas. Solos rasos, com menor volume de material, apresentam menor capacidade de armazenamento de água, o que facilita a saturação dos horizontes superficiais e, conseqüentemente, o desenvolvimento de enxurradas e a intensificação da erosão. Em contrapartida, solos profundos, com maior volume de material, possuem maior capacidade de infiltração da água da chuva, reduzindo o escoamento superficial e, conseqüentemente, a erosão. No entanto, em situações de chuvas persistentes e de grande intensidade, mesmo solos profundos podem sofrer saturação, possibilitando o desenvolvimento de erosões de grande porte em áreas com regime de escoamento concentrado, atingindo profundidades consideráveis, como dezenas de metros.

A espessura do solo assume um papel crucial na modulação dos processos erosivos, influenciando diretamente a capacidade de infiltração da água e o desenvolvimento de enxurradas. Solos rasos, com menor volume de material, apresentam menor capacidade de armazenamento de água, o que facilita a saturação dos horizontes superficiais e, conseqüentemente, o desenvolvimento de enxurradas e a intensificação da erosão.

A influência da espessura do solo na erosão está intimamente relacionada a outras propriedades físicas, químicas, biológicas e mineralógicas do solo, como evidenciado por Bertoni e Lombardi Neto (1999). A matéria orgânica, por exemplo, desempenha um papel fundamental na retenção de água, aumentando a capacidade de infiltração e diminuindo as perdas por erosão. Em resumo, a espessura do solo, em conjunto com outras propriedades do solo, influencia significativamente a sua

suscetibilidade à erosão. Solos rasos e com baixa capacidade de infiltração são mais propensos à erosão, enquanto solos profundos e com alta capacidade de infiltração são menos suscetíveis. No entanto, mesmo solos profundos podem sofrer erosão em situações de chuvas intensas e prolongadas. A compreensão da influência da espessura do solo e das demais propriedades do solo na erosão é fundamental para o manejo sustentável do solo e para a mitigação dos processos erosivos.

2.3.5 Substrato rochoso

A suscetibilidade do material à erosão hídrica está intimamente relacionada às características litológicas do substrato rochoso, à intensidade dos processos de intemperismo, à natureza da alteração química e mineralógica do material e ao grau de fraturamento da rocha. O tipo de rocha, sua textura, estrutura e composição mineralógica influenciam diretamente a sua resistência à erosão.

As características litológicas do substrato rochoso exercem uma influência significativa nos processos erosivos. O tipo de rocha é um fator determinante, onde rochas ígneas intrusivas, como granitos e gabros, geralmente apresentam maior resistência à erosão em comparação com rochas sedimentares, como arenitos e calcários. A textura das rochas também desempenha um papel crucial; rochas com textura fina e compacta, como basaltos, são mais resistentes à erosão do que aquelas com textura grosseira e porosa, como arenitos. Além disso, a estrutura das rochas é fundamental, pois rochas com estrutura foliada ou estratificada, como xistos e gnaisses, são mais suscetíveis à erosão ao longo das linhas de foliação ou estratificação.

A composição mineralógica das rochas também afeta sua resistência à erosão. Rochas ricas em minerais ferromagnesianos, como piroxênios e anfibólios, tendem a ser mais resistentes do que aquelas ricas em minerais feldspáticos, como plagioclásio e microclínio. A intensidade do intemperismo, tanto físico quanto químico, influencia diretamente a suscetibilidade das rochas à erosão. Rochas submetidas a condições climáticas severas, como alta pluviosidade e grandes variações térmicas, são mais propensas à erosão do que aquelas em ambientes com condições mais amenas.

A natureza da alteração química e mineralógica do material rochoso também é relevante, uma vez que rochas que se alteram para formar minerais mais solúveis, como carbonatos e sulfatos, são mais suscetíveis à erosão do que aquelas que se alteram para formar minerais menos solúveis, como silicatos. O grau de fraturamento da rocha, que inclui a presença de fissuras, rachaduras e falhas, facilita a penetração da água e o desenvolvimento de processos erosivos. Assim, rochas com alto grau de fraturamento são mais vulneráveis à erosão do que aquelas com baixo grau de fraturamento.

De acordo com Infanti Junior e Fornasari Filho (1998), a distribuição espacial das voçorocas no Brasil está intimamente relacionada à geologia do terreno, com maior incidência em áreas de formação geológica sedimentar. Nessas áreas, as coberturas pedológicas, geralmente compostas por materiais arenosos como solos podzólicos, latossolos ou depósitos alúvio-coluvionares, apresentam características que favorecem o desenvolvimento de processos erosivos intensos. Em áreas com predominância de rochas pré-cambrianas, modeladas em relevo de colinas, a formação de voçorocas e ravinas está associada à natureza e constituição dos solos de alteração das rochas subjacentes, especialmente rochas xistosas e graníticas. Quando esses solos apresentam textura siltosa e micácea, caracterizam-se por alta porosidade, permeabilidade e friabilidade, criando condições propícias para o desenvolvimento de erosão acelerada. As ravinas, por sua vez, são mais frequentes em áreas de relevo com grande variação altimétrica, onde os declives acentuados facilitam o escoamento superficial da água e aumentam o risco de escorregamentos em encostas naturais. Esses processos de erosão linear profunda podem alcançar grandes dimensões e causar impactos severos ao meio ambiente.

2.4 Ação antrópica

A atividade humana, caracterizada por diversas ações que modificam o ambiente natural, intensifica significativamente os processos erosivos, exigindo medidas urgentes para mitigar seus impactos. A combinação de desmatamento, práticas agrícolas inadequadas, urbanização desenfreada e outras formas de uso e ocupação do solo configura um cenário preocupante, acelerando a erosão e gerando consequências socioambientais graves (Infanti Junior; Fornasari Filho, 1998).

O desmatamento remove a camada de proteção natural do solo, expondo-o diretamente às forças erosivas da chuva e do vento (Lal, 2001). O manejo inadequado do solo em áreas agrícolas também contribui significativamente para a erosão (

Figura 9).

Figura 9- Processo erosivo em área agrícola



Fonte: SOESP – Sementes Oeste Paulista (2022)

A intervenção humana desempenha um papel crucial na aceleração dos processos erosivos, tornando essencial a adoção de formas e práticas de uso e ocupação do solo que minimizem essa aceleração e controlem os processos erosivos. Estudos, como os de Pimentel e Kounang (1998), demonstram que atividades antropogênicas, incluindo desmatamento, agricultura, obras civis e urbanização, são fatores condicionantes que podem desencadear processos erosivos de forma imediata ou após um determinado intervalo de tempo. Essas atividades alteram significativamente a cobertura vegetal e a estrutura do solo, aumentando a vulnerabilidade do terreno à erosão hídrica e eólica.

Chacón Arcaya (2007) argumenta que, embora a erosão seja um processo natural, o tipo de uso e ocupação do solo exerce um papel fundamental na sua aceleração ou controle. Em áreas rurais, a erosão se intensifica, principalmente em terrenos desprovidos de vegetação por longos períodos ou submetidos ao

superpastoreio, que compacta excessivamente o solo pelo pisoteio do gado. Essas práticas inadequadas aumentam significativamente as taxas de erosão acelerada, levando ao estágio final da degradação do solo e do ambiente.

Segundo Salomão e Iwasa (1995), a erosão urbana origina-se, fundamentalmente, da ausência de um planejamento adequado que leve em conta as particularidades do meio físico, bem como as condições sociais e econômicas das tendências de desenvolvimento urbano. Este desenvolvimento intensifica a expansão de áreas construídas e pavimentadas, resultando em um aumento substancial do volume e da velocidade das enxurradas. Quando esses fluxos de água não são adequadamente dissipados, ocorre a concentração dos escoamentos superficiais, o que acelera o desenvolvimento de ravinas e voçorocas.

Os estudos de controle da erosão urbana exigem uma caracterização precisa dos fatores e mecanismos que causam o desenvolvimento dos processos erosivos. Entre as principais causas do desencadeamento e evolução desses processos em áreas urbanas, destacam-se: o traçado inadequado do sistema viário, frequentemente agravado pela falta de pavimentação, guias e sarjetas; a deficiência do sistema de drenagem de águas pluviais e servidas, tanto na captação quanto na dissipação; e a expansão urbana descontrolada, com a implantação de loteamentos e conjuntos habitacionais em locais inadequados do ponto de vista geotécnico, exacerbada pela falta de infraestrutura adequada. As soluções para corrigir os problemas erosivos em áreas urbanas necessitam do desenvolvimento de normativas e projetos de obras adequadas para cada situação específica do meio físico encontrado (Chacón Arcaya, 2007).

A erosão do solo, embora frequentemente considerada um fenômeno natural, não se limita a um processo meramente geológico. Áreas com declives superiores a 3° apresentam maior suscetibilidade à erosão, mas a ação humana, através de práticas inadequadas de manejo do solo, intensifica significativamente esse processo. Em alguns casos específicos, como no delta do rio Nilo no Egito, a erosão e a deposição dos sedimentos erodidos, como apontam Ashman e Puri (2013), contribuem para a manutenção da fertilidade natural do solo. No delta do Nilo, os sedimentos erodidos na Etiópia, ricos em nutrientes, são depositados ao longo do curso do rio, garantindo a fertilidade dos solos da região por séculos.

No entanto, a construção de barragens para controlar o regime do rio Nilo, como destaca Guerra *et al.* (2020), alterou esse equilíbrio natural. Ao interromper o

fluxo natural de sedimentos, as barragens impedem a reposição dos nutrientes no solo do delta, levando à sua gradual infertilidade. Essa intervenção humana, portanto, demonstra como a erosão, quando exacerbada por ações inadequadas, pode ter consequências negativas para o meio ambiente. Embora a erosão do solo seja um processo físico de degradação natural, a atividade humana exerce um papel fundamental na sua intensificação e precipitação

Como demonstrado por Guerra *et al.* (2018) e Guerra *et al.* (2020), a erosão por voçorocas é a principal causa da degradação do solo no Brasil, que ocorre em várias regiões do país. Os processos geomorfológicos típicos de cada região, o clima variado, os tipos de solo e o uso e manejo inadequados da terra são os principais fatores influenciadores. Como tal, o desmatamento, a construção de estradas que impermeabilizam o solo, a agricultura e a criação de animais sem práticas de conservação, o cultivo e criação de animais em áreas íngremes, trilhas abertas por ação humana e animal que compactam o solo e atividades econômicas que deixam o solo exposto, como a mineração, são os principais fatores que causam erosão urbana.

As principais causas do surgimento e evolução da erosão urbana são:

- O traçado inadequado dos sistemas viário, que são em alguns casos agravados pela ausência de pavimentação, guias e sarjetas;
- A precariedade do sistema de drenagem de águas pluviais;
- Expansão urbana rápida e descontrolada, dando origem na maioria das vezes à implantação de loteamentos e conjuntos habitacionais em locais inadequados, levando-se em consideração o solo das cidades (IPT, 1986).

Durigan *et al.* (2004), argumenta que estudos atuais sobre a recuperação de ecossistemas naturais têm mostrado que os processos naturais de regeneração são mais eficazes na restauração do ambiente do que as intervenções planejadas. Caso o nível de perturbação ou degradação seja significativo e haja a necessidade de recuperar a área em um período relativamente curto, com o objetivo de proteger o solo ou cursos d'água próximos, devem ser implementadas técnicas que acelerem o processo de sucessão.

A elaboração de um plano de recuperação de áreas degradadas de Cerrado é indispensável para a recuperação de áreas em processo de degradação. Portanto o primeiro passo é encontrar a causa da deterioração e eliminar rapidamente os agentes, caso contrário toda a operação estará em risco. A próxima etapa será a

caracterização do ambiente físico, preparação do relevo (erosão) e estabelecimento de condições microscópicas para o crescimento das plantas. O cultivo deve ser precedido de um trabalho criativo para determinar as características botânicas e fitossociológicas do ambiente a ser restaurado, para que o transplante de espécies vegetais tenha maiores chances de sucesso (Brito, 2012).

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Nesta dissertação, a análise dos processos erosivos inicia-se com um estudo de caso da rodovia DF-250. Esta seção examina as soluções propostas para recuperar a erosão ao longo dessa rodovia, retratando as medidas para recuperação ambiental dessa área nos anos de 2019 e 2021, e o impacto econômico para recuperação de uma área degradada às margens de uma rodovia.

Após o estudo de caso da rodovia DF-250, a dissertação avança para uma à investigação da existência de problemas erosivos similares nas margens de outras rodovias pavimentadas do Distrito Federal. Nesta parte, a pesquisa adota uma abordagem quantitativa para identificar os pontos de erosão e uma análise qualitativa para avaliar as características dessas erosões. Com base nesses dados, discute a problemática das erosões às margens das rodovias e a importância de políticas públicas eficazes para prevenir e mitigar os efeitos erosivos.

3.1 Objeto de estudo

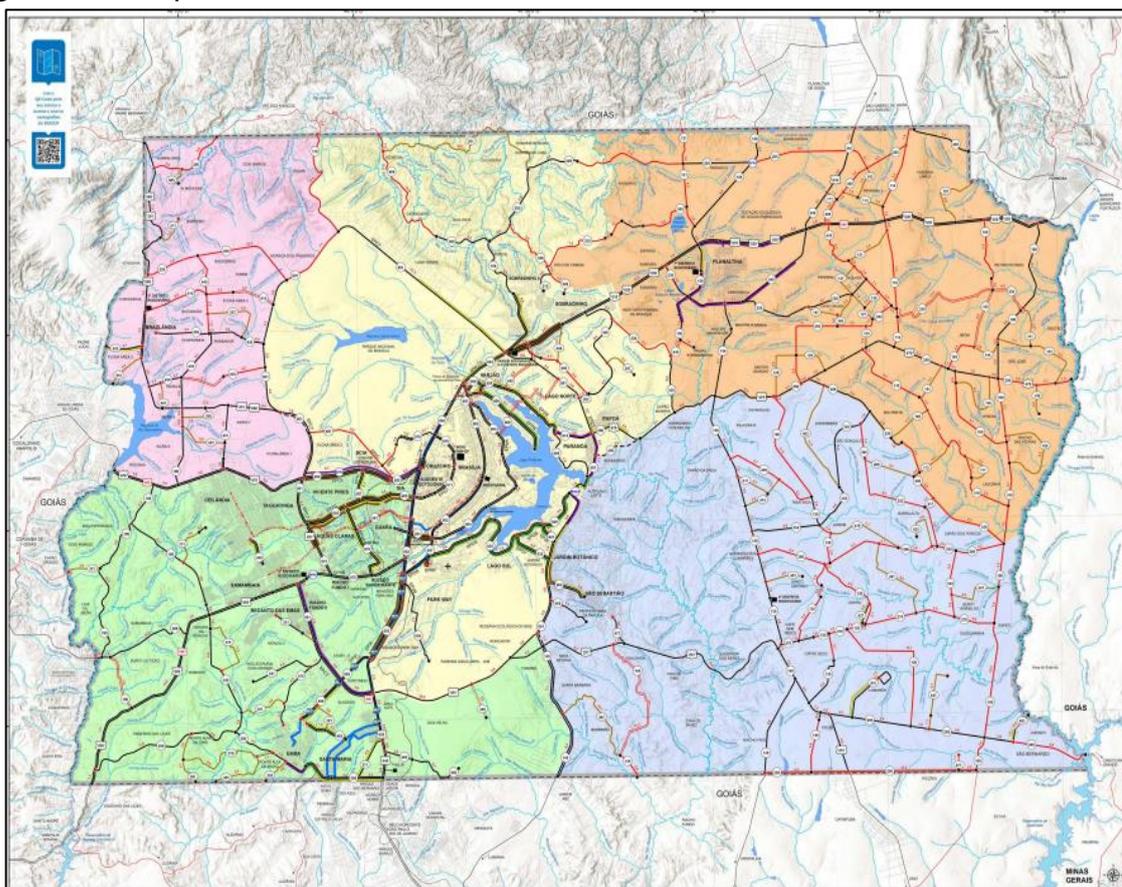
A área de estudo abrange as margens das rodovias distritais, delimitadas pelo Sistema Rodoviário do Distrito Federal (SRDF), que totaliza 1.920,3 km de extensão, incluindo 1.072,4 km de rodovias pavimentadas, 770,2 km não pavimentadas e 77,7 km planejadas (DER-DF, 2020). A pesquisa buscou informações técnicas junto ao Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER-DF) e outros órgãos competentes para analisar a ocorrência e as características dos processos erosivos, abrangendo as rodovias pavimentadas, que representam o foco principal.

A rede rodoviária distrital foi elaborada em conformidade com o roteiro básico para sistemas rodoviários estaduais, publicado em outubro de 2006, bem como com a portaria do Ministério dos Transportes, de 19 de setembro de 2006, que estabelece critérios básicos para o cálculo da extensão da malha viária pavimentada a ser utilizada na partilha dos recursos da Contribuições de Intervenção no Domínio Econômico - CIDE (DER-DF, 2020).

O Esquema rodoviário do Distrito Federal (**Figura 10**) apresenta a malha viária do território, destacando os cinco distritos rodoviários responsáveis pela manutenção e gestão das vias. Cada distrito é representado por uma cor diferente,

facilitando a visualização da divisão territorial e da abrangência de cada unidade administrativa. Além da malha rodoviária, o esquema também exibe informações sobre a localização de cidades, rios, lagos e áreas de proteção ambiental, contextualizando a rede viária em relação ao território do DF.

Figura 10- Esquema rodoviário do Distrito Federal



Fonte: DER-DF (2020)

3.1.1 Vegetação do Distrito Federal

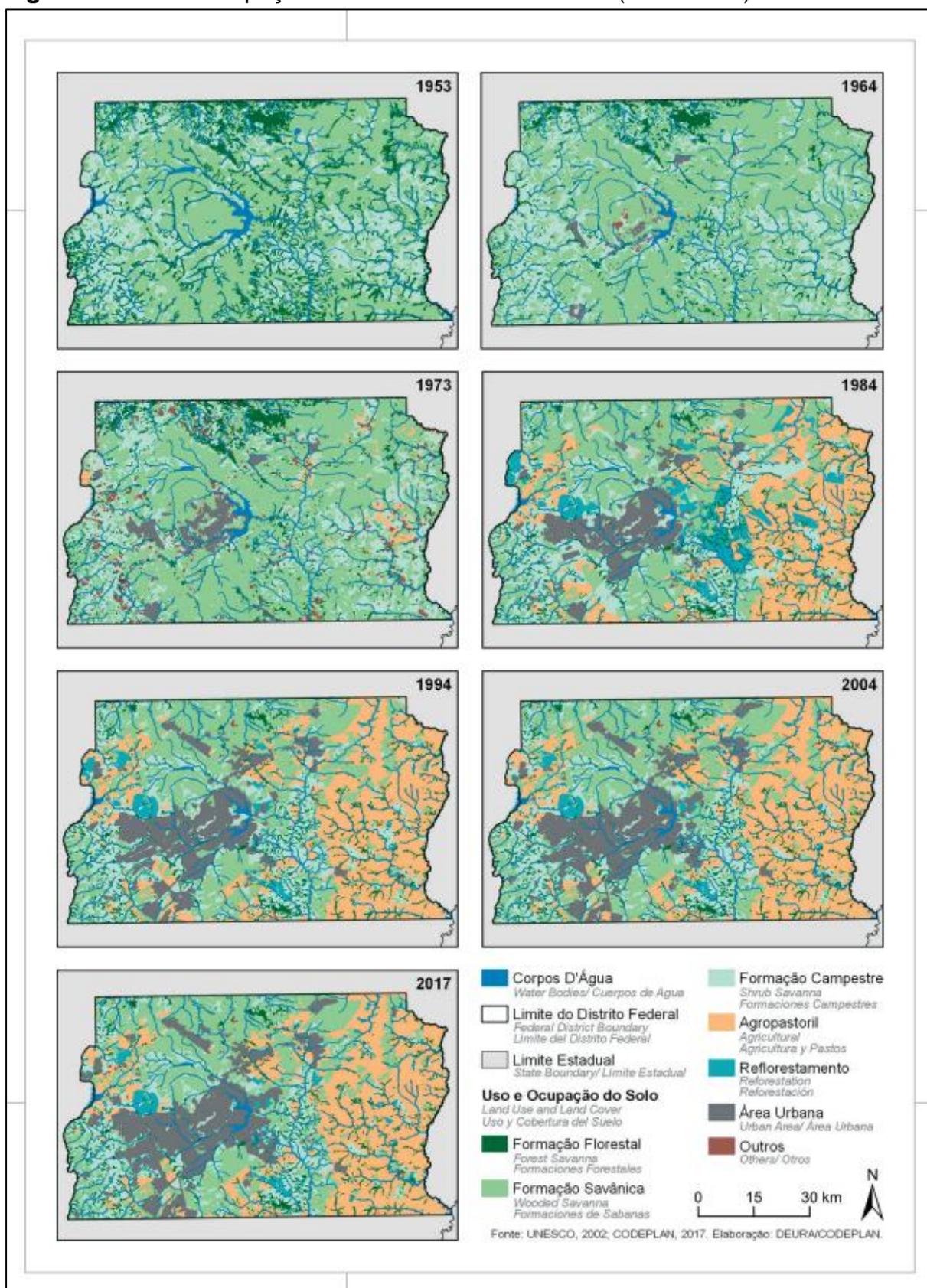
O Cerrado, caracterizado por sua rica biodiversidade e resiliência, é a flora típica do Distrito Federal. De acordo com Brito (2012), essa vegetação singular se destaca por suas características marcantes: troncos retorcidos que desafiam as intempéries, folhas grossas e cascas protetoras, formando um mosaico único de adaptações ao clima e ao solo. A grande variedade topográfica, edáfica e de umidade do Cerrado é o berço de uma biodiversidade sem paralelo, proporcionando um habitat ideal para uma infinidade de espécies vegetais e animais.

Segundo Brito (2012), o Distrito Federal, impulsionado por um crescimento populacional e econômico acelerado, vivenciou uma profunda transformação em seu quadro de ocupação e expansão territorial. Essa urbanização desenfreada, embora impulsionasse o progresso, gerou diversos desafios socioambientais. A rápida expansão urbana provocou uma defasagem na oferta de serviços básicos, como esgotamento sanitário, energia elétrica e abastecimento de água. A infraestrutura urbana, despreparada para atender à demanda crescente, comprometeu a qualidade de vida da população. Paralelamente, o meio ambiente foi severamente impactado.

De acordo com o Atlas do Distrito Federal (CODEPLAN, 2020), o Cerrado tem sido profundamente impactado pela ação humana nas últimas décadas, perdendo cerca de 40% de sua vegetação original. No Distrito Federal, essa perda é ainda mais acentuada, chegando a quase 60% (Figura 11). A expansão da agropecuária, da indústria, da mineração e o crescimento populacional são apontados como os principais motores dessa transformação.

Ainda de acordo com o Atlas do Distrito Federal (CODEPLAN, 2020), a região se situa em uma área de nascentes com cursos d'água pequenos e vazões moderadas, os recursos hídricos superficiais são limitados. Além disso, o clima da região, que é caracterizado por períodos de seca prolongados, baixos índices de umidade relativa do ar e uma redução significativa das chuvas, faz com que o consumo de água aumente nos períodos de maior escassez. Isso se deve à composição da rede hídrica da região. Ademais, a área é parte do ecossistema do Cerrado, cujos solos são muito sensíveis à erosão. Isso, combinado com a rápida urbanização sem sistemas de drenagem urbana, tem causado voçorocas (erosão) e assoreamento dos recursos hídricos.

Figura 11- Uso e Ocupação do Solo no Distrito Federal (1953-2017)



Fonte: CODEPLAN (2020)

3.1.2 Recursos Hídricos

O Cerrado, embora não tenha grande quantidade de água superficial, é fundamental para a produção de recursos hídricos no Brasil. Sua localização em áreas de planalto faz com que a região seja rica em nascentes e áreas de recarga hídrica, abastecendo grande parte das bacias hidrográficas do país. Por essa razão, o Cerrado é conhecido como o "berço das águas" (Lima; Silva, 2005).

Na região, o recurso hídrico subterrâneo é muito solicitado por condomínios, que surgiram de parcelamentos de solo irregulares. Ao longo dos anos, esses loteamentos se tornaram uma importante fonte de acesso à moradia, especialmente para as pessoas da classe média. Por outro lado, causaram vários efeitos ambientais, além de problemas de infraestrutura como esgotamento sanitário e rede pluvial (Brito, 2012).

3.1.3 Relevo e solos

O Distrito Federal, com sua topografia singular, apresenta uma estrutura morfológica composta por diferentes níveis de superfícies planas e elevadas. Aproximadamente 57% do território se encontra acima de 1.000 metros de altitude, caracterizando-se por uma paisagem diversificada. De acordo com a classificação proposta por Novaes Pinto (1994), três categorias de unidades geomorfológicas definem o relevo do DF: Região das Chapadas, em três níveis (> 1.200 m; 1.100 m; 1.000m); Região Corrugada dos Vales dos rios Descoberto, São Bartolomeu e Maranhão, e Áreas de Dissecação Intermediária da Depressão do Paranoá e; Vale do Rio Preto. A Região de Chapadas: Abrange cerca de 34% do território, englobando áreas como Taguatinga, Ceilândia, Samambaia, Gama, Santa Maria, Recanto das Emas, Riacho Fundo I e II, além dos condomínios do Jardim Botânico. Essa região se destaca por suas superfícies planas e elevadas, com altitudes superiores a 1.100 metros.

Utilizando-se dos dados disponíveis no Serviço Nacional de Levantamento de Solos, a Embrapa mapeou as variedades de solos do Distrito Federal, produzindo assim o mapa pedológico do Distrito Federal em escala 1: 100.000. Neste trabalho, as três categorias de solos mais significativas na área são Cambissolo, Latossolo Vermelho e Latossolo Vermelho-Amarelo, que juntos representam 85,5% da área

total do DF. Os solos hidromórficos indiscriminados (4,16%), solos podzólicos (4,09%), solos aluviais (0,19%), brunizins avermelhados (0,09%), areias quartzosas (0,53%) e plintossolos também ocorrem no DF com menor expressividade. 5,45% da área é composta por superfícies aquáticas e áreas urbanas. A geologia determina a ocorrência de cada uma dessas categorias de solo (Reatto *et al.* 2004).

A ocupação urbana desordenada no Distrito Federal apresenta um agravante: a alta suscetibilidade à erosão em áreas específicas. Os vales dos rios São Bartolomeu, Descoberto e Alagados, justamente as áreas que mais sofrem pressão por parcelamento ilegal do solo, seja na forma de loteamentos clandestinos, seja na de assentamentos informais de baixa renda, concentram os maiores riscos de erosão (Brito, 2012).

Segundo Cardoso (2002), os solos argilosos do Distrito Federal, popularmente conhecidos como "argila porosa vermelha" pelos geotécnicos da região, apresentam características singulares que os diferenciam de outros solos argilosos. Estes solos se distinguem pela pouca diferenciação entre os horizontes em termos texturais, ou seja, a variação na composição granulométrica entre as camadas do solo é menos evidente. Além disso, apresentam elevada porosidade, com grande volume de espaços vazios entre as partículas do solo. Essa característica, combinada com a gênese similar aos solos arenosos, resulta em um comportamento análogo no que se refere à permeabilidade, permitindo a rápida infiltração da água da chuva. O processo de lixiviação, caracterizado pela intensa lavagem do solo pela água da chuva ou de irrigação, leva à remoção significativa das bases minerais, como cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e sódio (Na). Estes materiais, geralmente compostos por óxidos e hidróxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al), apresentam uma estrutura porosa, com partículas frequentemente unidas por pontes de argila.

3.1.4 Geomorfologia

De acordo com Brito (2012), o Distrito Federal se destaca por sua geomorfologia singular, marcada por extensos planaltos e planícies. Martins e Baptista (1998) propuseram uma divisão em três grandes compartimentos: Planalto (34%): Topografia plana a suavemente ondulada, com altitudes acima de 1.000

metros, similar ao domínio da região de chapada (semelhante ao trabalho de Novaes Pinto, 1994); Planos Intermediários (31%): Áreas fracamente dissecadas, com lateritos, latossolos e colúvios/eluvios delgados nos interflúvios, ricos em fragmentos de quartzo e; Planícies (35%): Depressões ocupadas pelos rios da região. Essa compartimentação geomorfológica influencia os processos erosivos, a pedogênese e a distribuição da vegetação no Distrito Federal. O Distrito Federal apresenta variações altimétricas significativas, com altitudes entre 750 e 1.336 metros. O ponto mais alto é encontrado no Pediplano de Contagem-Rodeador, caracterizado por chapadas, chapadões e interflúvios tabulares, com cotas entre 1.200 e 1.336 metros. As áreas mais baixas, entre 750 e 950 metros, correspondem aos domínios Depressão Interplanáltica e Planalto Dissecado do Alto Maranhão, coincidindo com os vales dos principais rios do DF.

Outra importante característica geomorfológica significativa do Distrito Federal, segundo Novaes Pinto (1994), diz respeito ao Parque Nacional das Águas Emendadas, descrita como um centro divisor de drenagem de toda a região. Este centro divisor possui bacias de padrão anelar (drenagens formadoras do rio Paranoá), padrão retangular (drenagens do rio Pípiripau e ribeirão Sobradinho) e subdrenáltica (controle estrutural secundário em densidades variadas).

3.2 Estudo de caso: Rodovia DF-250

O presente estudo de caso se concentra na análise da erosão e recuperação de voçorocas na rodovia distrital DF-250, localizada no Distrito Federal. Foram analisadas as medidas adotadas pelo Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER-DF), órgão gestor da faixa de domínio da rodovia, para conter a erosão e recuperar a área degradada.

O crescimento populacional acelerado pode exercer uma pressão significativa sobre o meio ambiente, resultando em diversos danos, dentre eles os processos erosivos. À medida que a população aumenta, a demanda por habitação, infraestrutura e terras agrícolas também cresce, levando ao desmatamento e ao uso intensivo do solo.

Nesse contexto, considerando o rápido crescimento populacional na região do Itapoã, localizada no Distrito Federal, juntamente com a carência de infraestrutura adequada de drenagem pluvial, houve um agravamento do fenômeno erosivo

conhecido como voçoroca nas margens da rodovia DF-250, gerando resultados com consequências significativas para o meio ambiente, conforme **Figura 12**.

Figura 12- Processo erosivos às margens da Rodovia DF-250



Fonte: Google Maps (2023a)

Com o objetivo de solucionar o problema das voçorocas presentes às margens da DF-250, o DER/DF empreendeu uma série de ações para a recuperação da área degradada, as quais incluem a contratação e elaboração de documentos técnicos. Em 2009, foi contratado o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), elaborado pela empresa ARS Consult Engenharia. Posteriormente, em 2019, técnicos do próprio DER/DF elaboraram o Projeto de Recomposição de Área Degradada ou Alterada (PRADA).

Dando continuidade às ações, em 2021, o DER/DF contratou a empresa Prisma Engenharia para elaborar o projeto básico e executivo de drenagem da faixa de domínio (lado esquerdo) da rodovia, no segmento entre o km 1,35 e o km 5,2, visando a recomposição da área degradada (**Figura 13**). Adicionalmente, foi contratada a elaboração de um inventário florestal para obtenção da autorização de supressão da vegetação, bem como a revisão e atualização do PRADA.

Figura 13- Voçorocas na faixa de domínio da rodovia DF-250

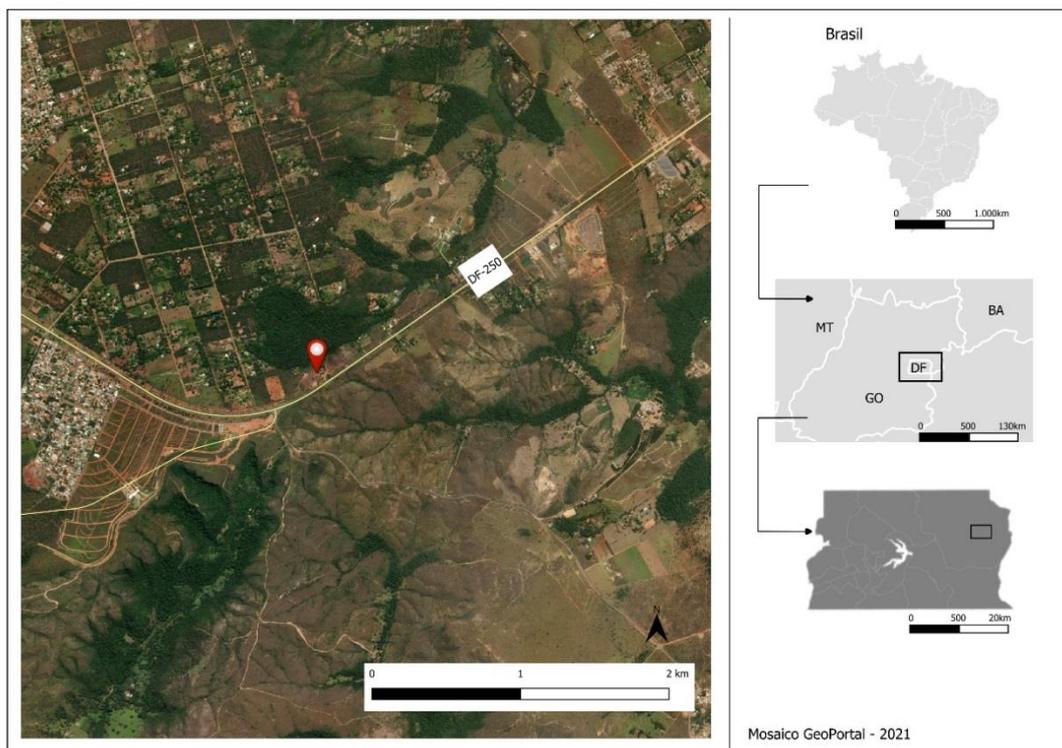


Fonte: Autora (2024)

A área de intervenção para recuperação de área degradada está inserida na Região Administrativa do Itapoã (RA XXVIII), mais precisamente ao lado esquerdo da faixa de domínio da rodovia DF-250 (BR-479), sentido Planaltina do Distrito Federal, no segmento compreendido entre o km 1,35 ao km 5,20, com extensão de 3,85 km, entre a via e os Condomínios Novo Horizonte, Mansões Entrelagos e Euler Paranhos.

A Região Administrativa do Itapoã está localizada no Distrito Federal (**Figura 14**), com uma área de 3.430,16 hectares e abastecida pelos reservatórios do Torto, Santa Maria, Bananal, Lago Paranoá e Cachoeirinha. A ocupação originou-se no início da década de 1990 como uma invasão irregular, formada principalmente por habitantes da região do Paranoá (CODEPLAN, 2022).

Figura 14- Região do Itapoã/Paranoá no Distrito Federal



Fonte: Autora (2024)

A situação fundiária da região é caracterizada pela sua complexidade, com a coexistência de terras pertencentes à União, terras desapropriadas em comum e terras não desapropriadas, o que representa um obstáculo para a regularização total da ocupação (CODEPLAN, 2022).

A partir de 2001, o Itapoã passou por um processo acelerado de ocupação decorrente da chegada de famílias de outros estados e do Paranoá, época na qual surgiu o Condomínio Sobradinho dos Melos. A expectativa de regularização estimulou o crescimento e o surgimento de outras ocupações, tanto de baixa renda como de classe média, como Itapoã II, Del Lago, Fazendinha, Del Lago II, predominantemente de lotes unifamiliares de reduzidas dimensões; e o Condomínio Mandala, destinado a chácaras (CODEPLAN, 2022). Com efeito, a região no entorno da rodovia DF-250 se caracteriza pela ocupação predominantemente urbana. A Figura 15 ilustra a poligonal da área com voçorocas que será recuperada.

Figura 15- Poligonal da voçoroca na rodovia DF-250



Fonte: Prisma Consultoria (2021)

3.2.1 Histórico da erosão na rodovia DF-250

Uma área de empréstimo na construção de uma rodovia é um local específico selecionado para a extração de materiais, como solo ou rocha, que são necessários para a construção ou reparo da rodovia. Esses materiais podem ser usados para aterros, pavimentação, e outras necessidades estruturais da obra. A escolha dessas áreas leva em consideração fatores como a proximidade da construção, a qualidade e o tipo de material disponível, além dos impactos ambientais e regulamentações locais.

Em meados de 1985, durante a implantação e pavimentação da rodovia DF-250, os solos oriundos dos empréstimos foram utilizados na execução dos aterros por insuficiência do volume dos cortes, por motivos de ordem tecnológica de seleção de materiais e de ordem econômica (DER-DF, 2017).

Ainda de acordo como DER-DF (2017), as caixas de empréstimo foram posicionadas ao lado do bordo esquerdo, onde o terreno está mais alto em relação à rodovia para que as contribuições advindas das áreas de contribuições, a montante da rodovia, fossem amortecidas nas caixas de empréstimos que funcionam como bacias de retenção e/ou detenção.

Depois das ocupações populacionais nas proximidades da rodovia DF-250, as contribuições lançadas na faixa de domínio cresceram 173%, totalizando, 115,06

m³/s. Entre os meses de fevereiro de 2008 e outubro de 2009, a contribuição na faixa de domínio diminuiu com a implantação da drenagem de águas pluviais na Região Administrativa do Itapoã. É possível observar a vegetação na faixa de domínio nesse trecho depois da implantação da drenagem pluvial (DER-DF, 2017).

A área Itapoã foi dividida em duas bacias: uma que tem lançamento final no ribeirão Sobradinho e a outra com lançamento final no córrego Cachoeirinha (DER-DF, 2017).

O Itapoã apresenta rede de drenagem existente em condições de recebimento da vazão efluente da sub-bacia 1 do Itapoã Parque, uma vez que o seu dimensionamento considerou a impermeabilização com a ocupação urbana de sua área de contribuição (DER-DF, 2017).

Após o sistema de drenagem pluvial ter sido implantado na Região Administrativa do Itapoã, 45,945 m³/s deixaram de ser lançados na faixa de domínio da rodovia DF-250, trecho em que as caixas de empréstimo encontram-se recuperadas, com vegetação.

O condomínio Novo Horizonte com área de 39,24 há não possui sistema de drenagem implantado e lança 9,77 m³/s na faixa de domínio da rodovia. O núcleo rural Euler Paranhos não possui sistema de drenagem e as contribuições escoam nas ruas de acesso que funcionam como verdadeiros canais. Em vistoria ao local verificou-se que as faixas de domínio até o limite entre o condomínio Mansões Entre Lagos encontram-se vegetadas e que as erosões estão localizadas em todo o trecho em frente ao núcleo rural Euler Paranhos (DER-DF, 2017).

Segundo a ARS CONSULT(2010) o principal agente causador dos processos erosivos consiste na falta de sistemas de drenagem de águas pluviais para os parcelamentos urbanos existentes à margem da DF-250. Sendo assim, o escoamento pluvial alcançou volumes e velocidades acima do dimensionado inicialmente para a rodovia, culminando em uma voçoroca nas proximidades do Km 5,0, podendo comprometer a estrutura dessa rodovia e a segurança dos usuários.

Portanto, para se recuperar as ravinas e voçorocas presentes na faixa de domínio da DF-250, foi proposto disciplinar o escoamento das águas que convergem para suas cabeceiras. Nesse sentido, destaca-se que a Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil - NOVACAP implantou sistema de drenagem pluvial no Itapoã que contempla bacias de lançamento para receber os escoamentos pluviais da cidade de Itapoã e dos condomínios Novo Horizonte e Entrelagos.

No entanto, os condomínios Novo Horizonte e Entrelagos não implantaram seus sistemas de drenagem, e continuam escoando suas águas pluviais para as margens da rodovia, contribuindo para o agravamento dos processos erosivos.

3.2.2 Ações para a recuperação de área degradada

O Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER-DF), buscando mitigar os impactos da voçoroca nas margens da DF-250, mais especificamente entre o km 1,35 ao km 5,2 e com o intuito de minimizar os impactos e atenuar o problema causado pela referida voçoroca, foram executados diversos levantamentos, análises e estudos com propostas de soluções, buscando o melhor custo/benefício. Abaixo estão descritas as sugestões de soluções baseadas principalmente em estudos ambientais (PRADA - Projeto de Recomposição de Área Degradada ou Alterada), desenvolvidos nos últimos anos.

Do ponto de vista geográfico, a DF-250 apresenta uma configuração que contribui para a exacerbação das questões relacionadas à drenagem pluvial rodoviária, pois não está localizada nas áreas de maior altitude da bacia de contribuição. As áreas de empréstimo utilizadas para elevar o greide da pista foram posicionadas entre a via e as cotas mais elevadas da bacia de contribuição, em sua vertente norte. Essa medida resultou na interceptação do escoamento proveniente das porções mais elevadas da bacia pela margem da DF-250, ocasionando alagamentos e, em determinadas circunstâncias, transbordamentos da via (ARS CONSULT, 2010).

Adicionalmente, como anteriormente explanado, uma parcela do escoamento superficial é direcionada, de maneira compulsória, à faixa de domínio da DF-250, entre os conjuntos habitacionais e a borda da pista. Nesse sentido, o escoamento que originalmente seria direcionado ao córrego Cachoeirinha é redirecionado para o córrego Capão da Erva. Em virtude da ausência de medidas para reestabelecer a conectividade com sua bacia de origem, mediante a instalação de dispositivos de transposição de pista, a canalização do escoamento contribuiu para o surgimento de voçorocas nas áreas de maior declividade, próximas à entrada de Sobradinho dos Melos e estendendo-se até o córrego Capão da Erva.

Por conseguinte, estudou-se a possibilidade de se dividir a drenagem em dois lançamentos, assim distribuídos: um a ser realizado no córrego Cachoeirinha e outro

no córrego Capão da Erva. Contudo, as interferências de solo encharcado (campo de murundum), bem como área de propriedade privada impuseram grande dificuldade no lançamento referente ao córrego Cachoeirinha. No caso do córrego Capão da Erva, que seria a maior área de projeto se concentrava em um trecho de grande densidade populacional, possuindo assim maior quantidade de solo permeável. Isto posto necessitaria de uma solução robusta, com grande custo financeiro para execução. Entretanto, as interferências fundiárias e o alto custo inviabilizaram a implantação da solução proposta.

Com a impossibilidade de implantação da solução inicial, adotou-se uma solução de propagação dos dispositivos de amortecimento até o início da voçoroca, considerando toda a área de contribuição com a criação de 11 (onze) reservatórios de detenção. Pretendia-se manter o lançamento no Córrego Capão da Erva, mas o proprietário do terreno onde seria implantado o dissipador final de lançamento recusou-se a permitir sua construção, permitindo apenas que o dreno profundo da voçoroca realizasse o lançamento em seu terreno. Diante da inviabilidade de realizar o lançamento no terreno já escavado pela ação da voçoroca e lançar todo o deflúvio no Córrego Capão da Erva, projetou-se o lançamento final do deflúvio amortizado pelos reservatórios no Córrego Fazendinha e o dreno profundo no Córrego Capão da Erva. Assim, pensou-se em recuperar a voçoroca com o dreno profundo e pedra britada mais recomposição do solo com material selecionado proveniente do solo escavado dos reservatórios, e com o plantio de espécies arbóreas recomendadas no Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD (ARS CONSULT, 2010).

Em 2021, a documentação para o licenciamento da obra de duplicação da DF-250 foi submetida ao órgão ambiental competente. Contudo, a solicitação de documentos e estudos complementares, incluindo o projeto executivo da duplicação, motivou a decisão de contratar os projetos básico e executivo para a recuperação da área degradada na faixa de domínio da rodovia. Após o processo licitatório, a empresa Prisma Consultoria foi selecionada para desenvolver os projetos de recuperação da área degradada, com extensão de 3,85 km. A solução adotada pelo DER/DF para a recuperação da área consistiu na construção de um sistema de drenagem de águas pluviais.

A Prisma Consultoria elaborou o produto com o estudo de topografia, declividade, definição das áreas de contribuição e uso e ocupação do solo. A partir destas informações e com base na legislação vigente foram definidos os critérios do

projeto e os parâmetros a serem adotados de forma a propiciar o dimensionamento da rede coletora e o dimensionamento hidráulico das bacias, bem como o dimensionamento dos vertedouros de controle de vazão, dos drenos de fundo e infiltração das bacias de retenção (PRISMA CONSULTORIA, 2021).

Portanto, após levantamentos, estudos e análises, o projeto executivo delineou uma solução abrangente para a recuperação da área degradada, composta por bacias de retenção, conforme exemplo na

Figura 16, e uma rede coletora de águas pluviais. A implementação dessa solução requer a execução de serviços de recomposição topográfica mecanizada, incluindo cortes, aterros e escavações, visando adequar o terreno para a instalação da rede de drenagem e das bacias de retenção.

Figura 16- Bacia de retenção em Araguaína/TO



Fonte: Araguaína Notícias (2022)

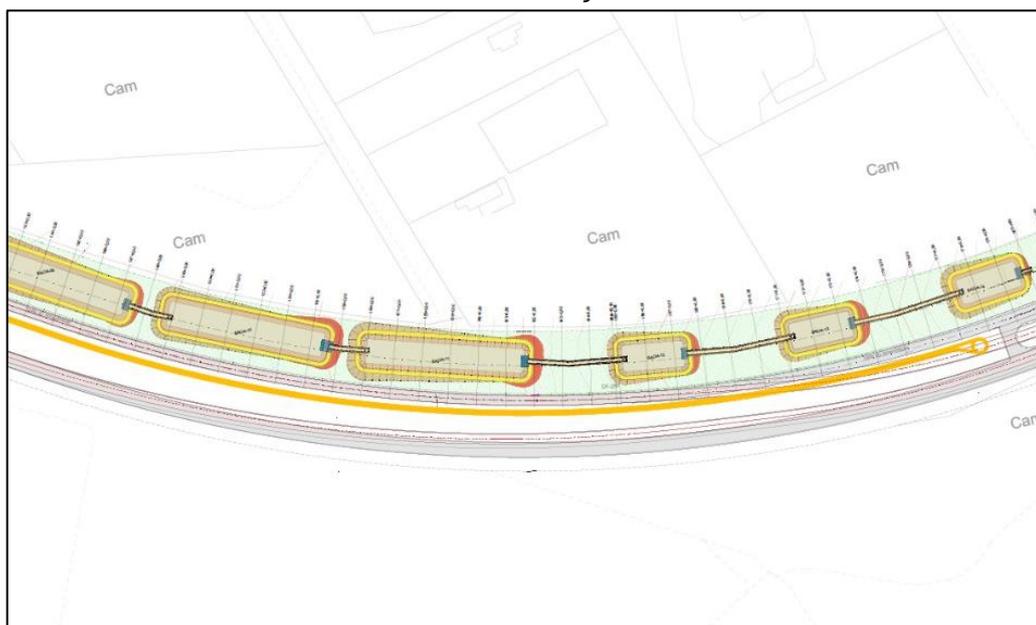
Após a implantação do sistema de drenagem o terreno com solo exposto, no entorno das bacias e rede, serão revegetados com gramíneas (grama batatais). Não é recomendado o plantio de arbóreas neste projeto, pois suas raízes podem causar danos às estruturas das paredes, ou suas folhas podem entupir os drenos ao longo do tempo. Além disso, a manutenção e controle das gramíneas é mais prática e eficiente, com utilização de máquinas (roçadeiras) e com menor custo (PRISMA CONSULTORIA, 2021). A Figura 17 e Figura 18 ilustram o Projeto executivo das bacias de retenção na área da voçoroca da rodovia DF-250.

Figura 17- Projeto das bacias de retenção na DF-250



Fonte: Prisma Consultoria (2021)

Figura 18- Detalhamento das bacias de retenção



Fonte: Prisma Consultoria (2021)

A segunda etapa da obra é a recuperação do trecho de 180 metros entre a última bacia de retenção e o córrego Capão da Erva, abrangendo a área desde o limite da faixa de domínio da DF-250 até a entrada da mata, totaliza 20.037m² de área superficial e aproximadamente 4.412,14m³ de volume, conforme **Figura 19**.

Figura 19- Delimitação da poligonal da voçoroca e eixo do dreno de fundo



Fonte: Prisma Consultoria (2021)

A etapa de recuperação compreende os seguintes procedimentos (Prisma Consultoria, 2021):

- recomposição topográfica e implantação da drenagem de fundo da voçoroca;
- realização de um trabalho de regularização do fundo da voçoroca de forma que possa ser implantado o sistema de drenagem de fundo, nas etapas de corte do talude;
- colocação de dreno, preenchimento com pedra rachão e manta geotêxtil.

A **Figura 20** ilustra o trecho da voçoroca que faz parte da segunda etapa da obra a ser recuperada. A vegetação circundante é esparsa, evidenciando a perda da camada superficial do solo e a dificuldade de regeneração natural.

Figura 20- Trecho da voçoroca em direção ao Córrego Capão da Erva



Fonte: ARS Consult (2010)

Com a finalidade de evitar novos processos erosivos e para que se tenha sucesso nos trabalhos de recuperação e recomposição da área degradada, as etapas finais consistem nos serviços de revegetação e monitoramento. A revegetação visa garantir maior estabilidade e resistência ao surgimento de processos erosivos e conseqüente carreamento do solo, bem como propicia que a área recuperada tenha novamente uma função ecológica, com o ressurgimento de organismos no solo, bem como fornecendo abrigo e alimentação à fauna local. O monitoramento e manutenção das medidas de recuperação e recomposição adotadas deve durar no mínimo 2 (dois) anos ou o tempo necessário para que seja confirmada a estabilidade do solo e o sucesso da revegetação.

Com base no projeto executivo detalhado, foi realizada a licitação da obra para a implantação do sistema de drenagem proposto. A empresa vencedora do processo licitatório será responsável pela execução dos serviços de construção das bacias de retenção e da rede coletora, conforme as especificações e diretrizes estabelecidas no projeto.

Conforme informações disponibilizadas no site do DER/DF, na aba licitações, ocorreu à licitação (Concorrência 003/2023) para a contratação de empresa especializada para execução de obra para recuperação ambiental de área degradada e processo erosivo na faixa de domínio da rodovia, DF-250, lado esquerdo, entre km 1,35 a 5,20, contemplando os serviços de terraplenagem, drenagem (obras de arte correntes), obras complementares, sinalização de obras (vertical e horizontal),

pavimentação e canteiro de obras. O resultado final foi publicado do DODF (Diário Oficial do Distrito Federal) em 17 de outubro de 2023.

O valor do orçamento referencial (Data-base: Outubro de 2022) para a contratação da recuperação da área degradada foi estimado em R\$ 12.404.454,37 (doze milhões, quatrocentos e quatro mil, quatrocentos e cinquenta e quatro reais e trinta e sete centavos), cifra que reflete a complexidade e a extensão dos danos ambientais a serem mitigados. A

Tabela 1 demonstra os valores dessa obra de recuperação.

Tabela 1- Orçamento referencial da obra de recuperação da voçoroca da DF-250

ITEM	SERVIÇO	VALOR
1	SERVIÇOS PRELIMINARES	R\$ 290.561,52
2	DEMOLIÇÃO DE PAVIMENTOS	R\$ 8.425,57
3	CAIXA COLETORAS E RAMAIS	R\$ 66.245,89
4	POÇOS DE VISITA	R\$ 72.649,01
5	REDE COLETORA	R\$ 1.908.136,14
6	DRENAGEM SUPERFICIAL	R\$ 148.904,45
7	BACIAS DE DETENÇÃO	R\$ 7.266.341,73
8	RECONSTITUIÇÃO DE PAVIMENTOS	R\$ 54.446,32
9	OBRAS COMPLEMENTARES	R\$ 1.064.249,18
10	INSTALAÇÃO CANTEIRO DE OBRAS	R\$ 232.021,72
11	ADMINISTRAÇÃO LOCAL DA OBRA	R\$ 979.900,55
12	SERVIÇOS EQUIPAMENTOS E EQUIPE DE PRODUÇÃO	R\$ 312.572,29
TOTAL		R\$ 12.404.454,37

Fonte: Autora (2024)

A análise do orçamento para a recuperação da área degradada evidencia o alto custo financeiro envolvido na correção de processos erosivos em estágios avançados. Esse valor expressivo ressalta a importância de se investir em medidas preventivas e de controle precoce das erosões, quando os custos são significativamente menores e a eficácia das intervenções é maior. Ações como o monitoramento constante das margens das rodovias, a identificação de áreas suscetíveis à erosão, a implementação de técnicas de drenagem adequadas e a

manutenção da cobertura vegetal podem evitar a progressão dos processos erosivos, reduzindo a necessidade de obras de recuperação dispendiosas e complexas.

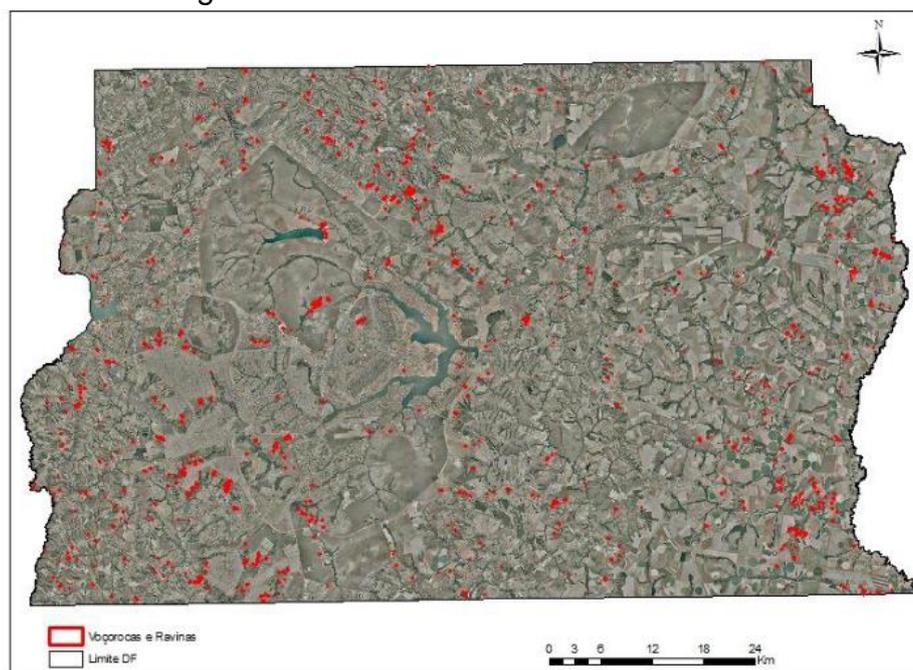
3.3 Análise das erosões às margens das rodovias distritais

Após o estudo de caso da erosão na rodovia DF-250, onde as voçorocas se apresentaram como um problema significativo nas margens da rodovia, a pesquisa agora visa verificar, de maneira quantitativa e qualitativa, a existência de problemas erosivos similares nas margens de outras rodovias pavimentadas:

Para o levantamento quantitativo desses processos erosivos foi utilizado um mapeamento das voçorocas, resultado do estudo de Oliveira (2011), o qual identificou as erosões no Distrito Federal utilizando um mosaico de fotografias de 2009. O trabalho de Oliveira (2011) mapeou 1094 pontos de feições de ravinas e voçorocas, tendo como princípio norteador a interpretação visual destas feições e uma checagem de campo de alguns pontos o que resultou no mapa de ravinas e voçorocas apresentado na

Figura 21.

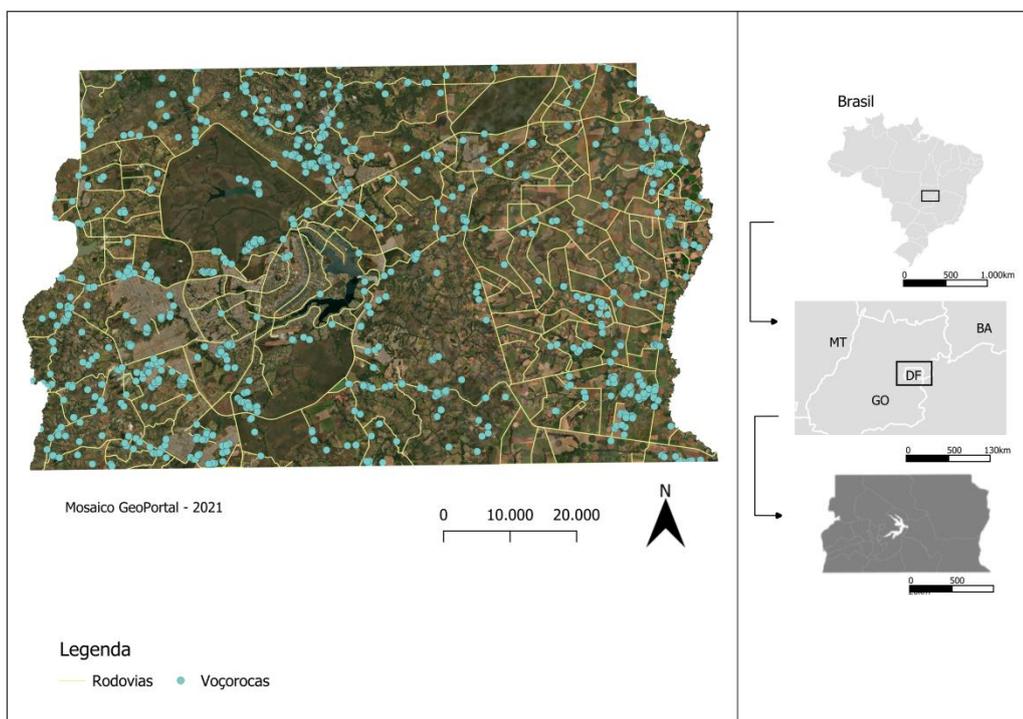
Figura 21- Mapa de localização dos polígonos de ravinas e voçorocas sobrepondo o mosaico de aerofotogramas do Distrito Federal



Fonte: Oliveira (2011)

O mapa de Voçorocas e Ravinas de Oliveira (2011) foi utilizado como ponto de partida para esta pesquisa. Os pontos georreferenciados no estudo de Oliveira (2011) foram incorporados nas imagens aerofotogramétricas de 2021, obtidas do GeoPortal/DF, gerando o Mapa de ravinas e voçorocas no mosaico de 2021 (Figura 22).

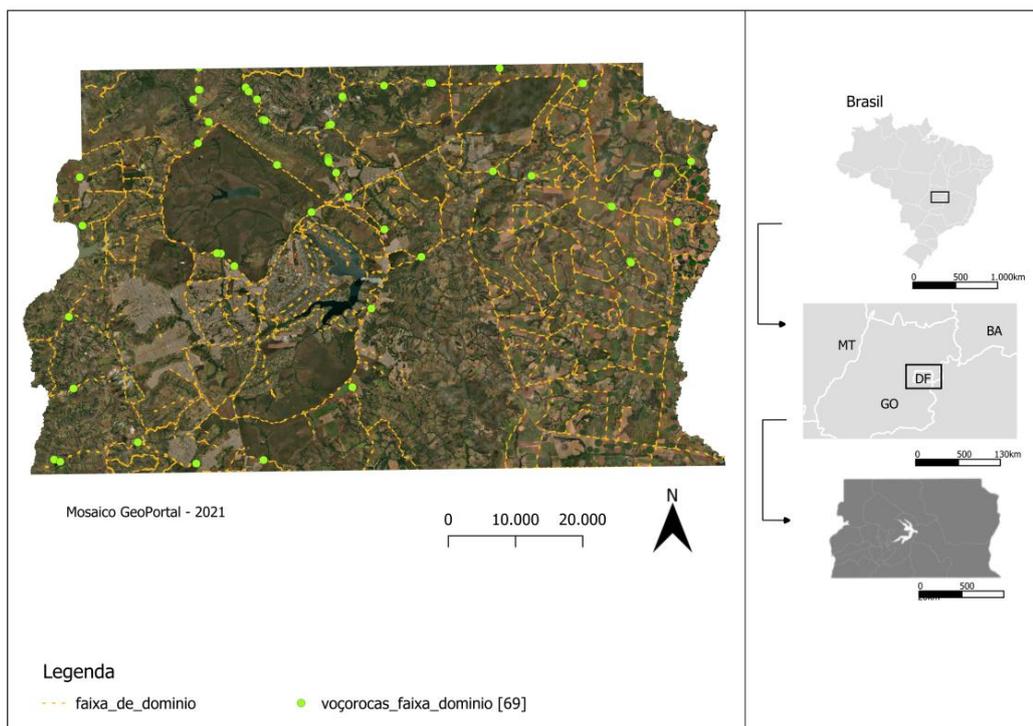
Figura 22- Pontos de erosões mosaico de aerofotogramas de 2021



Fonte: Autora (2024)

Posteriormente, utilizou-se a camada da faixa de domínio das rodovias, permitindo a seleção das voçorocas presentes nessa área. Foram identificados 69 pontos de processos erosivos dentro da faixa de domínio das rodovias distritais, como pode ser observado na **Figura 23**.

Figura 23- Pontos de processos erosivos na faixa de domínio das rodovias distritais



Fonte: Autora (2024)

Após a análise visual dos pontos marcados como voçorocas, foram identificadas duas situações distintas:

- Pontos geograficamente muito próximos entre si;
- Pontos de voçorocas que não mais existiam.

Observou-se que os pontos próximos, conforme ilustrado **Figura 24** **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, poderiam ser contabilizados como um único ponto de processo erosivo, o que resultou em uma redução considerável na quantidade total de pontos.

Também foram identificadas voçorocas que deixaram de existir. Além disso, os processos erosivos localizados em rodovias não pavimentadas foram excluídos do mapa. Dessa forma, o quantitativo total foi reduzido para 20 pontos de processos erosivos.

Figura 24- Pontos de processos erosivos muito próximos



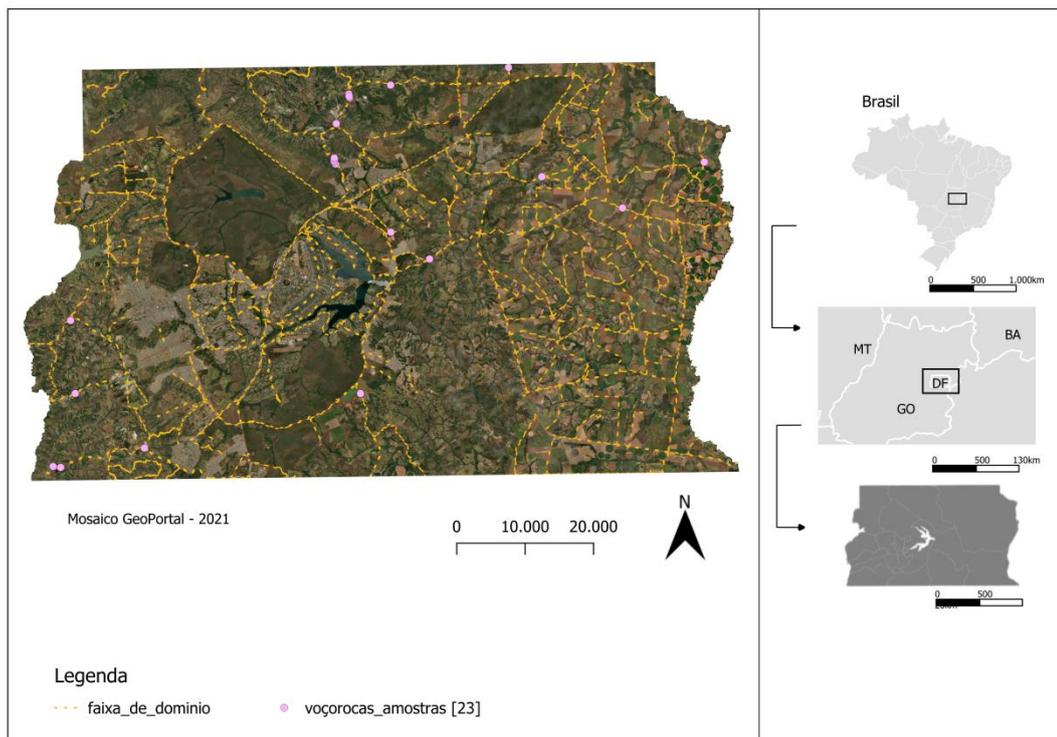
Fonte: Autora (2024)

Adicionalmente, foi realizada uma consulta junto à Diretoria de Meio Ambiente do DER/DF, órgão responsável pela manutenção das rodovias e da faixa de domínio, para entender como é feito o controle desses processos erosivos. Não foi encontrado nenhum protocolo formal para esse controle, entretanto foram identificados outros pontos de processos erosivos que não haviam sido mapeados anteriormente. Com isso, mais 3 (três) pontos foram acrescentados ao mapa de processos erosivos.

Portanto, o número total de pontos de processos erosivos localizados dentro da faixa de domínio das rodovias pavimentadas distritais, conforme mapeado no presente estudo, é de 23 pontos. Esta distribuição é ilustrada na

Figura 25.

Figura 25- Processos erosivos na faixa de domínio das rodovias distritais pavimentadas



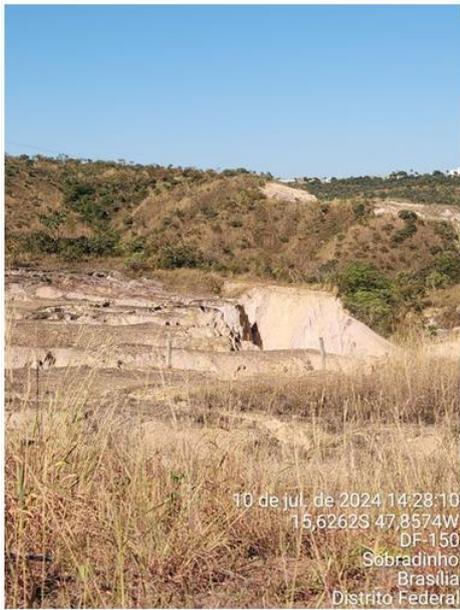
Fonte: Autora (2024)

Nesta etapa da pesquisa foram catalogadas as informações desses processos erosivos. Foram realizadas visita *in loco* em alguns pontos desses processos erosivos. Tais pontos foram escolhidos devido à facilidade de acesso e de registro das imagens dos processos erosivos.

As fichas de cadastro de erosões, que estão em Anexo I, contendo informações dos pontos de processos erosivos mapeados, incluem o número da rodovia, coordenadas geográficas, tamanho aproximado, estado da vegetação (cobertura vegetal ou solo exposto), fatores contribuintes, entre outros dados relevantes. Adicionalmente, foram realizados registros fotográficos nos pontos de erosão visitados para documentar visualmente as condições observadas. A Figura 26 ilustra o modelo da ficha de cadastro de erosões.

Preencheram-se um total de 23 fichas de cadastro de erosões, as quais estão detalhadamente documentadas e anexadas a esta pesquisa para consulta e análise adicional.

Figura 26- Ficha de Cadastro de erosões (Modelo)

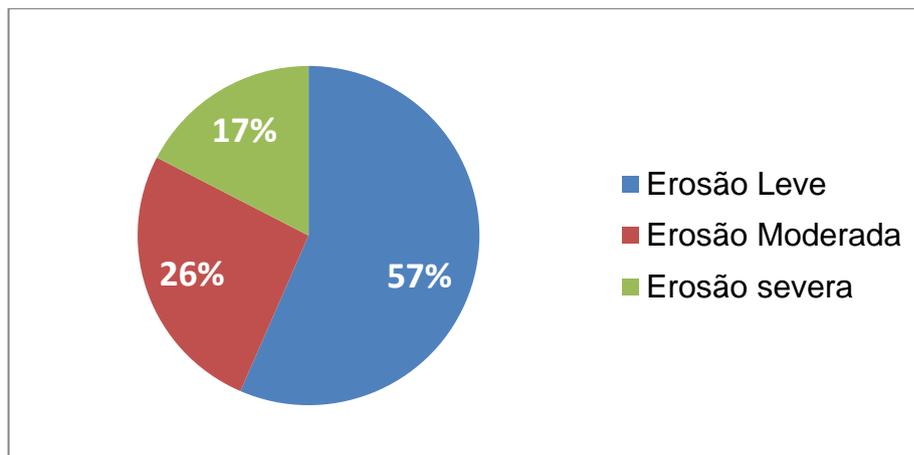
FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES (MODELO)	
IDENTIFICAÇÃO	Nº 01 (446)
1. Rodovia	Nome ou número da rodovia
2. Coordenadas Geográficas	Latitude, Longitude
3. Data	Data das observações ou visita in loco
4. Tipo de observação	Visita in loco ou observação visual no mapa
CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS	
5. Tamanho	Estimativa do comprimento, largura e profundidade em metros
6. Forma	Tipo de erosão: Ravina/Voçoroca (especificar conforme observado) Contornos: Regulares/Irregulares (especificar conforme observado)
7. Estado da vegetação	Existe cobertura vegetal ou solo exposto Tipo de cobertura vegetal: Grama/Arbustos/Árvores (especificar conforme observado) Densidade da vegetação: Escassa/Moderada/Densa (especificar conforme observado) Saúde da vegetação: Saudável/Doente/Morta (especificar conforme observado)
8. Fatores contribuintes	Proximidade com áreas de drenagem: Sim/Não e descrição Intervenções humanas próximas: Construções, corte de vegetação, etc. Presença de infraestrutura: Tubulações, bueiros, etc.
9. Medidas de contenção	Existência de barreiras físicas: Sim/Não e descrição Presença de sistemas de drenagem: Sim/Não e descrição Outras ações de contenção: Descrição de ações já tomadas
10. Observações adicionais	Qualquer outro detalhe relevante observado no local
11. Classificação (leve, moderada ou severa)	a) Erosão Leve: Envolve a perda superficial do solo, geralmente em camadas finas. b) Erosão Moderada: Caracteriza-se pela formação de pequenos canais ou ravinas que podem atingir profundidades de até um metro. c) Erosão Severa: Envolve a formação de grandes ravinas, voçorocas ou deslizamentos de terra.
FOTOS DO LOCAL (MODELO)	
	

Fonte: Autora (2024)

As proporções dos processos erosivos podem variar amplamente dependendo de diversos fatores, como a topografia, o tipo de solo, as condições climáticas e as atividades humanas. A compreensão das proporções das erosões é essencial para avaliar a gravidade do problema, planejar intervenções adequadas e implementar estratégias de controle eficazes. Com base na análise das fichas de cadastro, as erosões foram classificadas nas seguintes proporções:

- a) Erosão Leve: Envolve a perda superficial do solo, geralmente em camadas finas. É frequentemente visível como pequenas marcas ou sulcos na superfície do solo ou do talude e não afeta significativamente a estrutura geral do solo. Pode ser causada por escoamento leve e impacta principalmente a camada superior do solo.
- b) Erosão Moderada: Caracteriza-se pela formação de pequenos canais ou ravinas que podem atingir profundidades de até um metro. Esta erosão é mais evidente e pode afetar outras áreas, especialmente se não for controlada. Resulta de escoamento mais intenso e prolongado e pode ser exacerbada por fatores como falta de vegetação.
- c) Erosão Severa: Envolve a formação de grandes ravinas, voçorocas ou deslizamentos de terra. Pode atingir profundidades superiores a vários metros e afetar significativamente a infraestrutura e a topografia ao redor. Esse tipo de erosão pode resultar em deslocamentos substanciais de solo e rocha, comprometendo a integridade dos taludes e causando grandes danos à infraestrutura e ao ambiente.

Após a análise das fichas de cadastro das erosões, dos 23 pontos de processos erosivos na faixa de domínio das rodovias distritais pavimentadas, constatou-se 4 (quatro) pontos críticos, com formação de voçorocas, porém em menor proporção do que o analisado no estudo de caso da rodovia DF-250. A maior parte dos processos erosivos são ravinas de pequenas proporções. O **Gráfico 1** apresenta a classificação dessas erosões, mostrando que 57% são erosões leves, 26% são moderadas e 17% são erosões severas, podendo se enquadrar como voçorocas.

Gráfico 1- Classificação da erosão

Fonte: Autora (2024)

Ainda analisando as fichas, alguns locais apresentam voçorocas que, caso não sejam adequadamente controlados, podem evoluir para voçorocas de grandes dimensões, causando impactos significativos na infraestrutura rodoviária. Um exemplo disso são as erosões observadas na rodovia DF-150. A Figura 27 ilustra alguns pontos de processos erosivos na rodovia DF-150.

Figura 27- Processos erosivos às margens da rodovia DF-150

Fonte: Autora (2024)

Após a análise dos processos erosivos, foi possível identificar alguns fatores contribuintes para a formação desses processos erosivos. A intervenção humana no ambiente natural, seja por meio da urbanização, construção de infraestruturas, desmatamento ou atividades agrícolas, pode acelerar significativamente a degradação do solo. Diante disso, verificou-se que uma grande parte das erosões pode ser atribuída a fatores resultantes das ações antrópicas.

A extração de materiais na região da DF-150, como areia, brita e solo, ocorreu em áreas adjacentes ou diretamente ao longo da rodovia. Esta prática ocorre em grande parte daquela região de Sobradinho/DF e Fercal/DF. A extração de recursos frequentemente altera o perfil do terreno e pode deixar áreas desprotegidas, vulneráveis à erosão. Além disso, a criação de pilhas de resíduos e o armazenamento inadequado de materiais extraídos podem contribuir para a erosão secundária. A **Figura 28** ilustra a rodovia DF-150, destacando a faixa de domínio e as áreas afetadas pela extração de materiais ao longo do seu percurso.

Figura 28- Faixa de domínio da rodovia DF-150 e extração de material



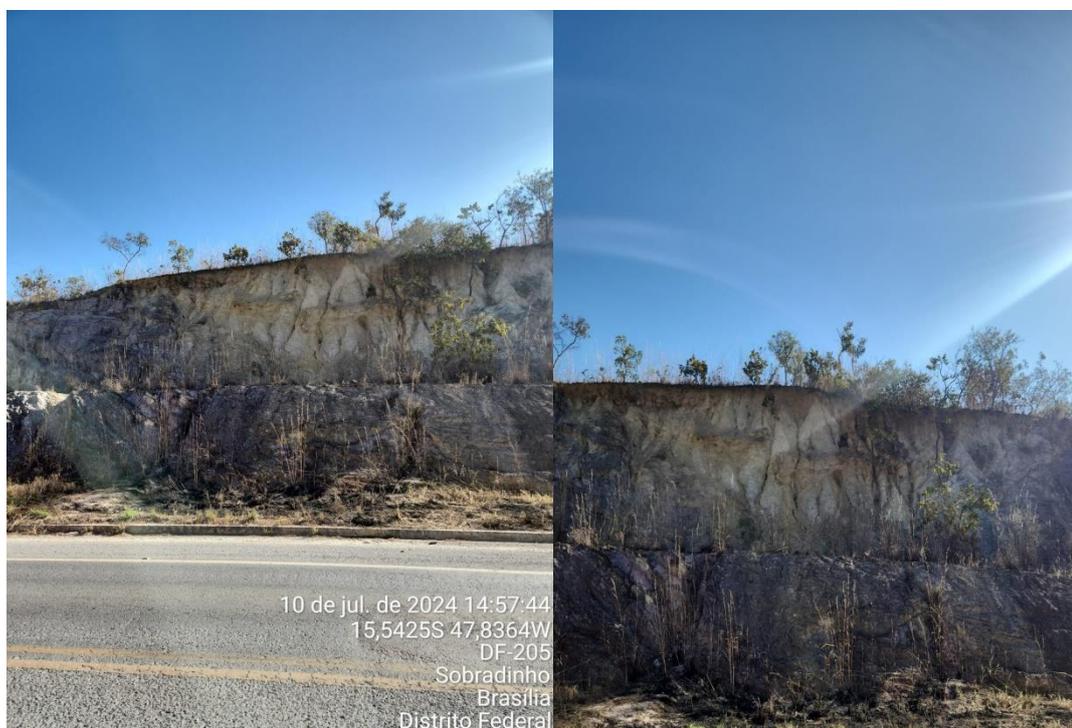
Fonte: GeoPortal/DF (2024)

A declividade acentuada da região da DF-150 também contribui para o aumento da velocidade do escoamento superficial da água. Esse escoamento pode

remover solo superficial e causar a formação de ravinas e voçorocas. A falta de vegetação ou cobertura adequada exacerba esses problemas.

Observou-se que algumas das erosões nas margens das rodovias foram causadas diretamente pela própria construção dessas vias. Medidas preventivas e de contenção, como a implementação de cobertura vegetal e a proteção dos taludes, não foram adequadamente adotadas. A Figura 29 ilustra a situação de um talude na rodovia DF-205, evidenciando a ausência de cobertura vegetal e a falta de proteção adequada.

Figura 29- Erosão no talude na DF-205



Fonte: Autora (2024)

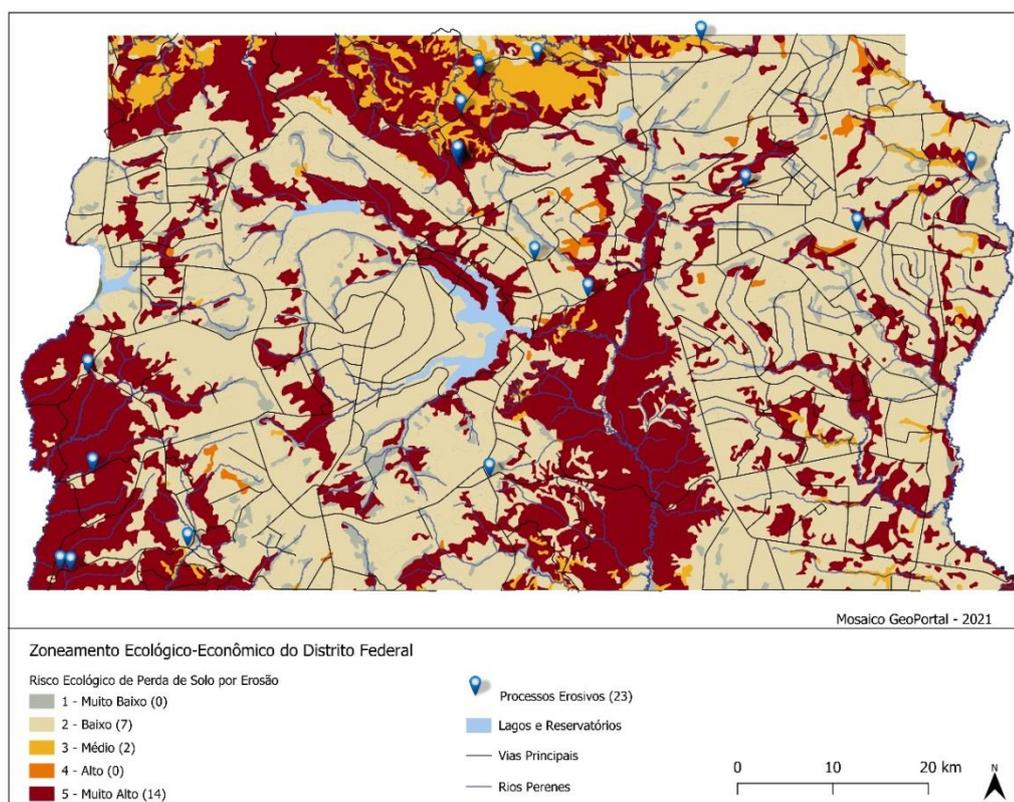
Um equívoco comum reside na percepção dos impactos ambientais causados por rodovias, muitas vezes atribuindo maior peso à fase de construção em detrimento da operação. Enquanto os impactos da construção, apesar de potencialmente extensos e severos, se restringem a um período específico, os efeitos da operação se prolongam por tempo indeterminado, podendo ser consideravelmente mais abrangentes e duradouros (Salomão *et al.* 2019).

Portanto, controlar as erosões durante e após a construção de uma rodovia é fundamental para garantir a estabilidade do solo e a durabilidade da infraestrutura das rodovias. Algumas medidas para prevenção são:

- Planejamento e projeto adequado;
- Gestão do escoamento superficial;
- Revegetação e cobertura vegetal;
- Proteção de taludes e encostas;
- Engenharia de terraplenagem;
- Sistemas de drenagem;
- Monitoramento e manutenção.

A Figura 30 apresenta uma análise do mapa de risco ecológico por perda de Erosão (ZEE, 2018), o qual expõe os 23 (vinte e três) pontos de processos erosivos mapeados nas margens das rodovias distritais pavimentadas.

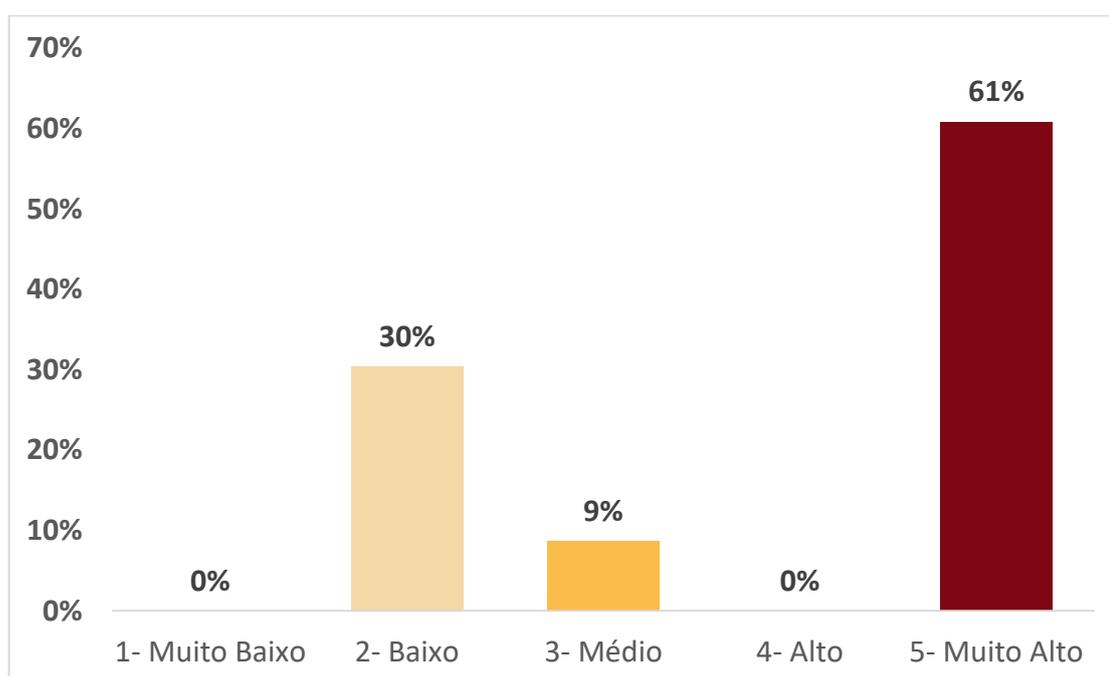
Figura 30- Mapa do risco ecológico por perda de erosão dos 23 pontos de processos erosivos



Fonte: Autora (2024)

A análise dos 23 pontos de processos erosivos identificados nas margens das rodovias (**Figura 30**) revela que a maioria (61%) se encontra em áreas de risco muito alto de perda de solo por erosão. Uma parcela significativa (30%) está localizada em áreas de baixo risco, enquanto 9% se situam em áreas de risco médio. Não foram identificados pontos em áreas de risco muito baixo ou alto (Gráfico 2).

Gráfico 2- Distribuição dos 23 pontos de erosão e o Mapa do ZEE



Fonte: Autora (2024)

3.4 Gestão e mitigação dos processos erosivos em rodovias

Os órgãos públicos desempenham um papel crucial na gestão e mitigação de problemas socioambientais, como os processos erosivos em rodovias. A identificação de lacunas e a proposição de novas diretrizes, são essenciais para garantir a eficácia das ações governamentais e a promoção da sustentabilidade. Neste contexto, o presente estudo buscou investigar as diretrizes relacionadas ao controle e recuperação de erosões em rodovias.

No site do Ministério dos Transportes, na seção de sustentabilidade, encontra-se uma cartilha com o Programa de Monitoramento e Controle de Processos Erosivos (**Figura 31**). Este programa é apresentado em uma cartilha que

oferece diretrizes para o controle da erosão quando da construção de uma rodovia. O objetivo principal é estabelecer requisitos mínimos a serem adotados pelos empreendedores na proposição de programas ambientais, que compõem os Planos de Gestão Ambiental (PGAs), conforme exigido pelos órgãos ambientais licenciadores. A cartilha serve como um guia essencial para garantir que as medidas de prevenção e mitigação da erosão sejam adequadamente incorporadas nos projetos de infraestrutura, promovendo a sustentabilidade e a proteção do meio ambiente.

Figura 31- Cartilha do Programa de Monitoramento e controle de processos erosivos



Fonte: Ministério dos Transportes (2023)

A cartilha aborda diversos itens importantes relacionados à construção de rodovias e aos processos erosivos. Entre os pontos destacados, estão diretrizes essenciais para o gerenciamento eficaz dos processos erosivos. Alguns dos principais pontos que a cartilha traz são:

- Priorização de supressão e terraplanagem no período de seca;
- Marcação precisa das áreas de supressão de vegetação, de modo a evitar que sejam suprimidas áreas maiores que as necessárias à execução das obras;

- A instalação dos dispositivos de drenagem superficial deve ser priorizada quando da conclusão do serviço de terraplanagem, prevenindo surgimento de processos erosivos os quais comumente se intensificam nos períodos chuvosos;
- A revegetação dos taludes de corte e aterro deverá ser realizada imediatamente após à conclusão das obras, ou seja, a revegetação deverá ser iniciada no início da estação chuvosa seguinte a da conclusão da terraplenagem em cada trecho;
- A inclinação dos taludes deverá ter formato escalonado compatível com uma infiltração eficiente da drenagem;
- Caso sejam detectadas áreas de risco ou ocorrências ambientais, deverão ser adotadas medidas preventivas e corretivas, com a maior brevidade possível. Se necessário, também deverão ser reavaliados os procedimentos e projetos adotados.

Foram realizadas consultas aos órgãos que fazem gestão das rodovias do Distrito Federal, no caso o Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER/DF), constatou-se a ausência de um sistema de controle e mapeamento específico para as erosões presentes nas margens das rodovias sob sua jurisdição. Não foram identificados registros sistematizados sobre a localização, extensão ou gravidade desses processos erosivos, o que dificulta a avaliação dos riscos e a tomada de decisões para sua prevenção e mitigação. Essa lacuna de informações evidencia a necessidade de investimentos em ferramentas e metodologias que permitam um monitoramento mais efetivo das condições das margens das rodovias, visando garantir a segurança dos usuários e a preservação da infraestrutura viária.

No âmbito do Distrito Federal, existe o Manual de Boas Práticas da ADASA para controle de erosão e manejo de sedimentos em canteiros de obras. Embora mais específico para obras de construção civil, o manual apresenta diretrizes e recomendações técnicas relevantes para minimizar os impactos ambientais, especialmente no que tange à qualidade das águas superficiais e ao assoreamento de corpos hídricos. O manual oferece orientações sobre a instalação de dispositivos de retenção de sedimentos e o plantio de cobertura vegetal. No entanto, a especificidade das obras rodoviárias, como a extensão linear e a exposição a fatores

climáticos, exige a consideração de diretrizes adicionais e adaptadas para o controle de erosão nesse contexto.

Em suma, a prevenção e o controle de erosões em rodovias demandam uma abordagem multifacetada, na qual as políticas públicas desempenham um papel crucial, podendo atuar em diversas frentes:

- a) Planejamento e prevenção: políticas públicas eficazes devem incluir diretrizes para o planejamento e a construção de rodovias, levando em consideração a geologia, a geomorfologia e as características climáticas da região, a fim de minimizar o risco de erosão. Isso envolve a escolha de traçados adequados, a implementação de técnicas de drenagem eficientes e a proteção da vegetação nativa.
- b) Monitoramento e manutenção: a criação de programas de monitoramento contínuo das rodovias e de suas margens permite a identificação precoce de processos erosivos, possibilitando a intervenção em estágios iniciais, quando as medidas corretivas são mais simples e menos dispendiosas. Além disso, a manutenção regular da infraestrutura viária, incluindo a limpeza de bueiros e a reparação de pavimentos danificados, contribui para prevenir a ocorrência de erosões.
- c) Recuperação de áreas degradadas: políticas públicas devem prever recursos e mecanismos para a recuperação de áreas já degradadas pela erosão, incluindo a remoção de sedimentos, a estabilização de taludes, o plantio de vegetação e a recomposição do solo. A recuperação de áreas degradadas não apenas contribui para a segurança viária, mas também para a preservação do meio ambiente e a qualidade de vida das comunidades afetadas.
- d) Incentivos e regulação: a criação de incentivos fiscais e financeiros para a adoção de práticas sustentáveis na construção e manutenção de rodovias, bem como a regulamentação mais rigorosa das atividades que possam causar erosão, são medidas importantes para estimular a prevenção e o controle do problema.

Em síntese, políticas públicas abrangentes e integradas, que englobem desde o planejamento e a prevenção até a recuperação de áreas degradadas, são

essenciais para minimizar os impactos das erosões em rodovias, garantindo a segurança viária, a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os processos erosivos nas margens das rodovias distritais representam um desafio significativo, com impactos socioambientais e econômicos consideráveis. A erosão do solo resulta na perda de áreas agricultáveis, prejudica a biodiversidade e pode levar ao assoreamento de corpos d'água, afetando a qualidade da água e os ecossistemas aquáticos. As comunidades que vivem próximas a essas áreas enfrentam riscos de desastres naturais, como deslizamentos de terra, que podem causar perdas humanas e materiais. Economicamente, a erosão gera custos elevados para a recuperação de áreas degradadas e manutenção de infraestrutura, como rodovias, impactando o comércio e a economia local e regional.

Um dos principais fatores que contribuem para o risco ecológico de perda de solo por erosão é a intensificação das atividades antrópicas, como agricultura não sustentável, desmatamento e urbanização desordenada. O desmatamento, por exemplo, remove a cobertura vegetal protetora do solo, aumentando sua exposição aos agentes erosivos, como a chuva e o vento. Além disso, a remoção da vegetação diminui a capacidade do solo de reter água, o que pode resultar em enchentes e erosão do solo em áreas vulneráveis.

O estudo de caso da rodovia DF-250 evidenciou a evolução histórica da erosão e a importância da ocupação ordenada do solo para evitar o surgimento e desenvolvimento de processos erosivos. A urbanização acelerada no Distrito Federal intensifica a erosão em suas rodovias, demandando políticas de gestão integrada e planejamento urbano sustentável para mitigar os efeitos da erosão e garantir a conservação dos solos.

A recuperação da voçoroca na DF-250, utilizando técnicas de engenharia com materiais minerais e priorizando a revegetação e o monitoramento contínuo, demonstrou a importância de uma abordagem multidisciplinar e sustentável para a recuperação de áreas degradadas.

A pesquisa reforça a necessidade de um monitoramento contínuo dos processos erosivos nas margens das rodovias, permitindo a identificação precoce e a implementação de medidas preventivas, reduzindo os custos de recuperação e evitando a ruptura de vias. A magnitude do investimento necessário para a recuperação da área degradada na DF-250 evidencia a importância de priorizar a prevenção da degradação ambiental.

Esta pesquisa contribuiu para o mapeamento das erosões as margens das rodovias distritais pavimentadas, a identificação de áreas prioritárias para intervenção e a avaliação da existência de orientações e gestão por parte do poder público. A pesquisa também destaca a necessidade de políticas públicas abrangentes e integradas, que englobem desde o planejamento e a prevenção até a recuperação de áreas degradadas, para minimizar os impactos das erosões em rodovias, garantindo a segurança viária, a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável.

4.1 Contribuições da dissertação

A principal contribuição desta dissertação reside na produção de um diagnóstico abrangente e atualizado sobre os processos erosivos nas margens das rodovias distritais, preenchendo uma lacuna de conhecimento existente. O mapeamento detalhado das erosões constitui um instrumento valioso para a gestão e o planejamento de ações de prevenção, controle e recuperação. A identificação de áreas prioritárias para intervenção permite direcionar os recursos de forma mais eficiente.

4.2 Trabalhos futuros

A partir dos resultados desta pesquisa, diversas linhas de investigação podem ser exploradas em trabalhos futuros, como a ampliação da área de estudo para outras regiões, a análise temporal da evolução das erosões, a avaliação de novas tecnologias para monitoramento, a análise econômica de diferentes medidas de prevenção e recuperação, e a promoção da participação social na gestão das erosões. A continuidade da pesquisa sobre erosões em rodovias é fundamental para aprimorar o conhecimento sobre o tema, subsidiar a formulação de políticas públicas mais eficazes e contribuir para a construção de um futuro mais seguro e sustentável.

REFERÊNCIAS

- ABDER. Associação Brasileira dos Departamentos de Estradas de Rodagem. **Gestão da faixa de domínio: Experiências e boas práticas**. Brasília DF: ABDER, 2019. Disponível em https://www.abder.org.br/wp-content/uploads/2019/11/livro-abder-digital-gestao_faixa-dominio.pdf. Acesso em: 23 jul. 2024.
- ALBUQUERQUE, A. R. da C.; VIEIRA, A. F. S. G. Erosão dos solos na Amazônia. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. do C. O. **Degradação dos Solos no Brasil**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. p. 217-257.
- ARAGUAÍNA NOTÍCIAS. **Construção de bacias de retenção em Araguaína**. 2022. Disponível em: <https://araguainanoticias.com.br/noticia/prefeitura-de-araguaina-abre-licitacao-para-construcao-de-mais-tres-bacias-de-retencao/29854>. Acesso em: 20 de abr. 2024.
- ARS CONSULT. **Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD**. Duplicação, pavimentação e drenagem pluvial da Rodovia DF-250 - Trecho entre a DF-001 e a DF-456 (Acesso a Sobradinho dos Melos). Brasília: DER/DF, 2010. Disponível em: <https://www.der.df.gov.br/licitacoes>. Acesso em: 22 mai. 2023.
- ASHMAN, M.; PURI, G. **Essential soil science: a clear and concise introduction to soil science**. Nova Iorque, EUA: John Wiley & Sons, 2013.
- BANDEIRA, C.; FLORIANO, E. P. Avaliação de impacto ambiental de rodovias. **Caderno Didático**, v. 8, n. 1, p. 16, 2004.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4.ed. São Paulo: Ícone, 1999. 355p.
- BRASIL. Código de Trânsito Brasileiro. **Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997**. Brasília, 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9503.htm. Acesso em: 28 de Agosto de 2023.
- BRASIL. Ministério dos Transportes. **Monitoramento e Controle de Processos Erosivos Rodoviários**. Brasília, DF, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/sustentabilidade/05-monitoramento-e-controle-de-processos-erosivos-rodoviario.pdf>. Acesso em: 20 Ago. 2023.
- BRASILEIRO, L. A.; SCHIAPATI, R. S.; COMAR, L. C. A influência de rodovias na área urbana. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 2, n. 13, 2014.
- BRITO, A. de O. **Estudos da Erosão no Ambiente Urbano, Visando Planejamento e Controle Ambiental no Distrito Federal**. 2012. Dissertação (Mestrado e Engenharia Florestal) Universidade de Brasília - UnB, Brasília, DF, 2012.

CARDOSO, F. B. da F. **Propriedades e comportamento mecânico de solos do planalto central brasileiro**. 2002. Tese (Doutorado em Geotecnia)- Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

CENTURION, J. F.; CARDOSO, J. P.; NATALE, W. Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, p. 254-258, 2001.

CHACÓN ARCAÑA, S. G. **Avaliação dos fatores condicionantes dos processos erosivos do Distrito Federal**. 2007. Tese (Doutorado em Geotecnia)- Universidade de Brasília- UnB, Brasília, DF, 2007.

CODEPLAN. Companhia de Planejamento do Distrito Federal. **Atlas do Distrito Federal 2020**. Brasília: Codeplan, 2020. Disponível em: <https://www.codeplan.df.gov.br/atlas-do-distrito-federal-2020/>. Acesso em: 10 de Abril de 2024.

CODEPLAN. Companhia de Planejamento do Distrito Federal. **Home Page**. Brasília: Codeplan, 2022. Disponível em: <https://www.codeplan.df.gov.br>. Acesso em: 20 de Março de 2024.

CODEPLAN. Companhia de Planejamento do Distrito Federal. **Monitoramento e Controle de Processos Erosivos Rodoviários**. Brasília, DF, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/sustentabilidade/05-monitoramento-e-controle-de-processos-erosivos-rodoviario.pdf>. Acesso em: 20 Ago. 2023.

CONOSCENTI, C.; ANGILERI, S.; CAPPADONIA, C.; ROTIGLIANO, E.; AGNESI, V.; MÄRKER, M. Gully erosion susceptibility assessment by means of GIS-based logistic regression: A case of Sicily (Italy). **Geomorphology**, v. 204, p. 399-411, 2014.

DAER-RS. Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem. **Faixa de domínio**. Porto Alegre: DAER, 2024. Disponível em: <https://www.daer.rs.gov.br/faixa-de-dominio>. Acesso em 20 de setembro de 2024.

DE CARVALHO, J. C.; SALES, M. M.; SOUZA, N. M. de; MELO, M. T. da S. (ed.). **Processos erosivos no centro-oeste brasileiro**. Brasília: Finatec, 2006.

DER-DF. Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal. **Sistema Rodoviário do Distrito Federal - SRDF**. Brasília: DER-DF, 2020. Disponível em: <https://www.der.df.gov.br/wp-content/uploads/2017/11/SRDF-2020.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2024.

DER/DF. Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal. **Relatório sobre a drenagem pluvial na DF-250**. Brasília: DER/DF, jun. 2017. Elaborado por Maria de Fátima Mendonça Siqueira, Engenheira Civil/DEP/DITEC/DER-DF.

Disponível em: Processo SEI 00113-00005459/2018-79. <https://sei.df.gov.br/sei>. Acesso em: 22 maio 2023.

DIÁRIO DO RIO. **Primeira estrada asfaltada do Brasil, ligando Rio de Janeiro a Petrópolis**. 2023 . Disponível em: <https://diariodorio.com/primeira-estrada-asfaltada-do-brasil-ligava-rio-de-janeiro-a-petropolis/>. Acesso em: 17 de jul. 2023.

DOMINGOS COSTA. Cratera gigante avança sobre a MA-203, fica perto de cortar Estrada da Raposa e deixar município isolado. [Foto]. Disponível em: <https://www.domingoscosta.com.br/cratera-gigante-avanca-sobre-a-ma-203-fica-perto-de-cortar-estrada-da-raposa-e-deixar-municipio-isolado/>. Acesso em: 16 de junho de 2024.

DURIGAN, G.; MELO, A. C. G. de; CONTIERI, W. A.; NAKATA, H. Regeneração natural da vegetação de Cerrado sob florestas plantadas com espécies nativas e exóticas. *In*: VILAS BÔAS, O; DURIGAN, G. (ed.). **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista**: resultados da cooperação Brasil/Japão. São Paulo: Instituto Florestal, 2004. p. 349-362.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mapa de reconhecimento dos solos do Distrito Federal**. Brasília: EMBRAPA, 1978. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/335825>. Acesso em: 23 de jul. 2024.

FORMAN, R. T. T.; SPERLING, D.; BISSONETTE, J. A.; CLEVINGER, A. P. **Road ecology**: science and solutions. Washington D.C: Island Press, 2003. p. 482.

G1 GOIÁS. **Erosão 'ameaça' engolir rodovia federal em Goiás**. 22 fev. 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/go/goias/noticia/2024/02/22/erosao-ameaca-engolir-rodovia-federal-em-goias.ghtml>. Acesso em: 30 jul. 2024.

GEOPORTAL. **Ortoimagem da região da DF-150**. Escala 1:25.000. Brasília, DF: Geoportal SIG-DF, 2024. Disponível em: <https://geoportal.sedf.df.gov.br/>. Acesso em: 10 fev. 2024.

GOOGLE MAPS. **Processos erosivos às margens da Rodovia DF-250**. 2023a. <https://www.google.com/maps>. Acesso em: 15 abr. 2023.

GOOGLE MAPS: **Voçoroca às margens da Rodovia BR-040 (GO)**. 2023b. Disponível em: <https://www.google.com/maps>. Acesso em: 20 fev. 2023.

GRANDI, G.; HUERTAS, D. Dos primórdios à institucionalização do rodoviarismo no Brasil (1893-1945). **Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro**, v. 184, n. 491, p. 17-54, 2023.

GUERRA, A. J. T. **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasilis, 2005.

GUERRA, A. J. T.; FULLEN, M. A.; BEZERRA, J. F. R.; JORGE, M. do C. O. Gully erosion and land degradation in Brazil: a case study from São Luís Municipality, Maranhão State. **Ravine lands: greening for livelihood and environmental security**, p. 195-216, 2018.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. do C. O.; RANGEL, L. de A.; BEZERRA, J. F. R.; LOUREIRO, H. A. S.; GARRITANO, F. do N. Erosão dos solos, diferentes abordagens e técnicas aplicadas em voçorocas e erosão em trilhas. **William Morris Davis Revista de Geomorfologia**, v. 1, n. 1, p. 75-117, 2020.

HUERTAS, D. M. Quando governar é abrir estradas: o processo de construção histórica do rodoviarismo em São Paulo. **História (São Paulo)**, v. 41, p. e2022042, 2022.

INFANTI JÚNIOR, N.; FORNASARI FILHO, N. Processos de dinâmica superficial. **Geologia de Engenharia. São Paulo: ABGE**, p. 131-152, 1998.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo: Bacia do Peixe/Paranapanema**. São Paulo: IPT, 1986. v.2 (Relatório Técnico 24.739).

LAL, R. Soil degradation by erosion. **Land degradation & development**, v. 12, n. 6, p. 519-539, 2001.

LAURANCE, W. F.; CLEMENTS, G. R.; SLOAN, S.; O'CONNELL, C. S.; MUELLER, N. D.; GOOSEM, M.; VENTER, O.; EDWARDS, D. P.; PHALAN, B.; BALMFORD, A.; VAN DER REE, R.; ARREA, I. B. A global strategy for road building. **Nature**, v. 513, n. 7517, p. 229-232, 2014. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature13717>. Acesso em: 23 jul. 2024.

LEMOS, P. C.; FERREIRA, E. Análise da relação das áreas de forte risco a erosão com os fragmentos de vegetação nativa arbórea na área de influência da UHE-Funil. *In*: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11., 2003. **Anais [...]**. 2003. p. 1323-1329.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. da. Estimativa da produção hídrica superficial do Cerrado brasileiro. **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**, Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 61-72, 2005.

LOPES, C. Y. C. **Transporte De Produtos Agrícolas E A Otimização De Seus Resultados**. Assis: Fundação Educacional do Município de Assis-FEMA, 2015. Disponível em: <https://cepein.femanet.com.br>. Disponível em: <https://cepein.femanet.com.br/bdigital/arqtccs/1211390278.pdf>.

MARTINS, E. de S.; BAPTISTA, G. M. M. Compartimentação geomorfológica e sistemas morfodinâmicos do Distrito Federal. **IEMA/SEMATEC/UnB**, v. 1, p. 89-137, 1998.

MITIDIERO, N. P. **Comentários ao Código de Trânsito Brasileiro**. 2. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2005.

MOLINERO, G. R. **Modelagem De Previsão De Evolução De Processos Erosivos**. 2007. Tese (Doutorado em Geotecnia)- Universidade de Brasília - UnB, Brasília-DF, 2007.

MOLINERO JUNIOR, J. A. **Estudo geotécnico dos solos de erosões resultantes de intervenções em rodovias**. 2010. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharias)- Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

MONTGOMERY, D. R. Soil erosion and agricultural sustainability. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, n. 33, p. 13268-13272, 2007.

NOGAMI, J. S.; VILLIBOR, D. F. **Pavimentação de baixo custo com solos lateríticos**. 1995.

NOVAES PINTO, M. Caracterização geomorfológica do Distrito Federal. **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília. Editora UnB, v. 2, p. 285-320, 1994.

OLIVEIRA, B. E. N. de. **Mapeamento, identificação e análise dos fatores relacionados aos processos erosivos do Distrito Federal (DF): Ênfase nas Voçorocas**. 2011. Dissertação (Mestrado e Engenharia Florestal)- Universidade de Brasília - UnB, Brasília,DF, 2011.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Agenda 2030 Para o Desenvolvimento Sustentável**. Brasília, DF: ONU, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em: 27 set. 2024.

PIMENTEL, D.; KOUNANG, N. Ecology of soil erosion in ecosystems. **Ecosystems**, v. 1, p. 416-426, 1998.

PIRES, R. R.; CARMO JUNIOR, G. N. da R. Processos erosivos em rodovias: uma revisão sistemática sobre os métodos de previsão e monitoramento. **E&S Engineering and Science**, v. 7, n. 4, p. 2-23, 2018.

POESEN, J.; NACHTERGAELE, J.; VERSTRAETEN, G.; VALENTIN, C. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. **Catena**, v. 50, n. 2-4, p. 91-133, 2003.

PRISMA CONSULTORIA. **Plano de Recuperação de Áreas Degradadas ou Alteradas - PRADA**. Duplicação, pavimentação e drenagem pluvial da Rodovia DF-250 - Trecho entre a DF-001 e a DF-456: Acesso a Sobradinho dos Melos. Brasília: DER-DF, 2021. Disponível em: <https://www.der.df.gov.br/licitacoes>. Acesso em: 27 set. 2023.

REATTO, A.; MARTINS, E. de S.; FARIAS, M. F. R.; SILVA, A. V. da; CARVALHO JUNIOR, O. A. de. Mapa pedológico digital-SIG atualizado do Distrito Federal escala 1: 100.000 e uma síntese do texto explicativo. Brasília, DF: EMBRAPA, 2004. (Documentos 120).

REIS, N. F. dos S. **Estrutura de Pavimentos Rodoviários**: Aplicação de método de dimensionamento. Dissertação (Mestrado)- Curso de Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2016.

RIDENTE JÚNIOR, J. L. **Análise da utilização de cartas geotécnicas em diferentes escalas para a gestão ambiental de rodovia em operação**. 2008. Tese (Doutorado em Geociências)- Universidade Estadual Paulista - UNESP, Rio Claro, SP, 2008.

SALOMÃO, F. X de T.; IWASA, O. Y. Erosão e a ocupação rural e urbana: Curso de geologia aplicada ao meio ambiente. **São Paulo: ABGE/IPT**, p. 31, 1995.

SALOMÃO, P. E. A.; SANTOS, J. A. G.; FERREIRA, R. de S.; GONÇALVES, B. B.; ROGÉRIO, S. Impactos ambientais gerados pela construção e operação de rodovias. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 10, p. e278101368-e278101368, 2019.

SOARES, José Paulo Rocha; MALVEIRA, Vanda Tereza Costa. **SEGURANÇA CONTRA O RISCO DE PIPING EM BARRAGENS DE TERRA ATRAVÉS DA DISTRIBUIÇÃO WEIBULL**. **Essentia-Revista de Cultura, Ciência e Tecnologia da UVA**, v. 21, n. 2, 2020.

SOESP – SEMENTES OESTE PAULISTA. *Uso de forrageiras no combate à erosão e assoreamento*, 2022. Disponível em: <https://sementesoesp.com.br/uso-de-forrageiras-no-combate-a-erosao-e-assoreamento/>. Acesso em: 25 abr. 2024.

SPELLERBERG, I. A. N. Ecological effects of roads and traffic: a literature review. **Global Ecology & Biogeography Letters**, v. 7, n. 5, p. 317-333, 1998.

VILAR, O. M.; PRANDI, E. C. Erosão dos solos. *In*: Abms/Eesc-Usp, 1993. **Anais [...]**. São Paulo: Abms/Eesc-Usp, 1993. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/000860711>. Acesso em: 23 jul. 2024.

TRINTA, Z. A. **Contribuição ao estudo das travessias urbanas de pequeno e médio porte por rodovias de longo curso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes)- Programas de Pós-graduação em Engenharia COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

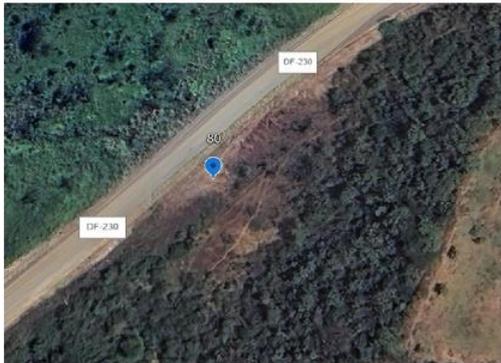
TRINTA, Z. A.; RIBEIRO, P. C. M. Análise da configuração viária das travessias urbanas. *In*: Congresso Rio de Transportes, 1., 2004. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Firjan, 2004.

TROMBULAK, S. C.; FRISSELL, C. A. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. **Conservation biology**, v. 14, n. 1, p. 18-30, 2000.

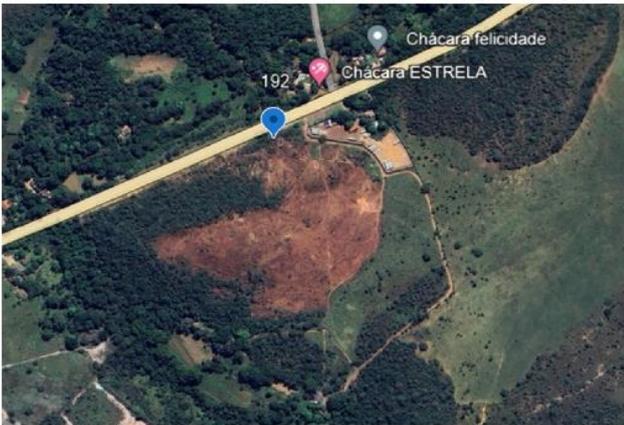
ZEE. Mapa 06: Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal. Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.zee.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/05/mapa-06-minuta-final.jpg>. Acesso em: 20 de julho de 2024.

ANEXO A- FICHAS

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES	
IDENTIFICAÇÃO	Nº 01 (1092)
1. Rodovia	DF-128
2. Coordenadas Geográficas	15°30'27"S 47°37'07"W
3. Data	10/07/2024
4. Tipo de observação	observação visual no mapa
CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS	
5. Tamanho	Estimativa do comprimento: 75 m
6. Forma	Tipo de erosão: Ravina Contornos: Regulares
7. Estado da vegetação	Existe cobertura vegetal e solo exposto Tipo de cobertura vegetal: Grama
8. Fatores contribuintes	Proximidade com áreas de drenagem: Não Intervenções humanas próximas: não Presença de infraestrutura: não
9. Medidas de contenção	Existência de barreiras físicas: Não Presença de sistemas de drenagem: Não Outras ações de contenção: não
10. Observações adicionais	erosao de pequeno tamanho
11. Classificação (leve, moderada ou severa)	Erosão Leve
FOTOS DO LOCAL	
	
	

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES	
IDENTIFICAÇÃO	Nº 02 (80)
1. Rodovia	DF-230
2. Coordenadas Geográficas	15°39'12"S 47°34'30"W
3. Data	03/07/2024
4. Tipo de observação	observação visual no mapa
CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS	
5. Tamanho	Estimativa do comprimento: 50 m
6. Forma	Tipo de erosão: Ravina Contornos: Irregulares
7. Estado da vegetação	Existe pouca cobertura vegetal Tipo de cobertura vegetal: pouca cobertura
8. Fatores contribuintes	Proximidade com áreas de drenagem: não Intervenções humanas próximas: não
9. Medidas de Contenção	Existência de barreiras físicas: não Presença de sistemas de drenagem: não Outras ações de contenção: não identificado
10. Observações adicionais	Qualquer outro detalhe relevante observado no local
11. Classificação (leve, moderada ou severa)	Erosão Leve
FOTOS DO LOCAL	
 	

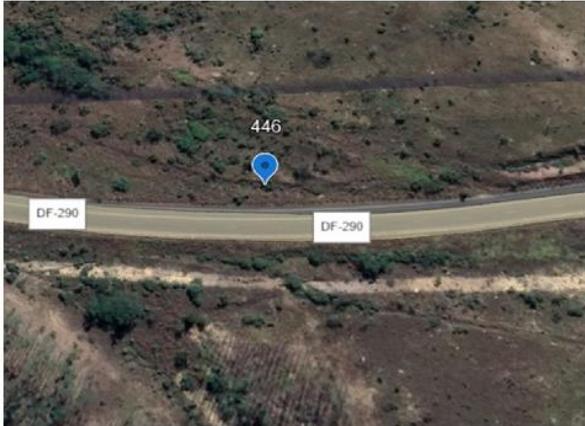
FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES (MODELO)	
IDENTIFICAÇÃO	Nº 03 (165)
1. Rodovia	DF-250
2. Coordenadas Geográficas	15°45'43"S 47°43'46"W
3. Data	10/07/2024
4. Tipo de observação	Visita in loco
CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS	
5. Tamanho	Estimativa do comprimento: 135 m
6. Forma	Tipo de erosão: ravina Contornos: Irregulares
7. Estado da vegetação	solo exposto com pouca cobertura vegetal
8. Fatores contribuintes	Proximidade com áreas de drenagem: Sim Intervenções humanas próximas: Construções da rodovia Presença de infraestrutura: bueiros
9. Medidas de Contenção	Existência de barreiras físicas: não Presença de sistemas de drenagem: não Outras ações de contenção: não identificado
10. Observações adicionais	Construção da rodovia provocou o processo erosivo. Área próxima a que vai ser recuperada a área degradada, porém essa área não foi contemplada no escopo da contratação
11. Classificação (leve, moderada ou severa)	Erosão Moderada
FOTOS DO LOCAL (MODELO)	
	
	

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES	
IDENTIFICAÇÃO	Nº 04 (192)
1. Rodovia	DF-280
2. Coordenadas Geográficas	15°56'00"S 48°12'55"W
3. Data	03/07/2024
4. Tipo de observação	observação visual no mapa
CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS	
5. Tamanho	Estimativa do comprimento: 165 metros
6. Forma	Tipo de erosão: Ravina Contornos: Irregulares
7. Estado da vegetação	solo exposto e sem cobertura vegetal
8. Fatores contribuintes	Proximidade com áreas de drenagem: não Intervenções humanas próximas: sim, corte de vegetação para exploração da área Presença de infraestrutura: não identificado
9. Medidas de Contenção	Existência de barreiras físicas: não Presença de sistemas de drenagem: não identificado Outras ações de contenção: não identificado
10. Observações adicionais	local com grande desmatamento e formação dos processos erosivos
11. Classificação (leve, moderada ou severa)	Erosão moderada
FOTOS DO LOCAL	
 	

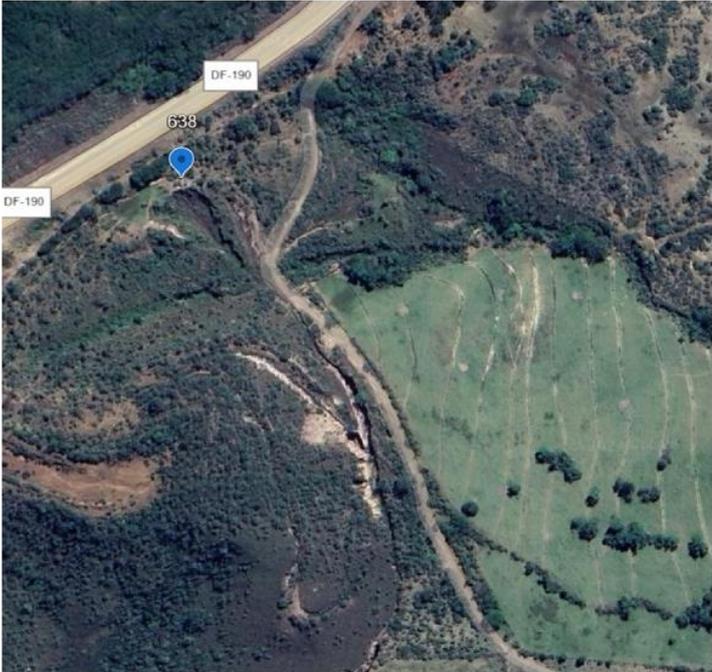
FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES	
IDENTIFICAÇÃO	Nº 05 (335)
1. Rodovia	DF-290
2. Coordenadas Geográficas	16°00'27"S 48°07'19"W
3. Data	03/07/2024
4. Tipo de observação	observação visual no mapa
CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS	
5. Tamanho	Estimativa do comprimento: 130 metros
6. Forma	Tipo de erosão: Ravina rasa Contornos: Irregulares
7. Estado da vegetação	Solo exposto sem cobertura vegetal
8. Fatores contribuintes	Proximidade com áreas de drenagem: não Intervenções humanas próximas: rodovia Presença de infraestrutura: não identificado
9. Medidas de Contenção	Existência de barreiras físicas: não Presença de sistemas de drenagem: não identificado Outras ações de contenção: não
10. Observações adicionais	nada identificado
11. Classificação (leve, moderada ou severa)	Erosão leve
FOTOS DO LOCAL	
	

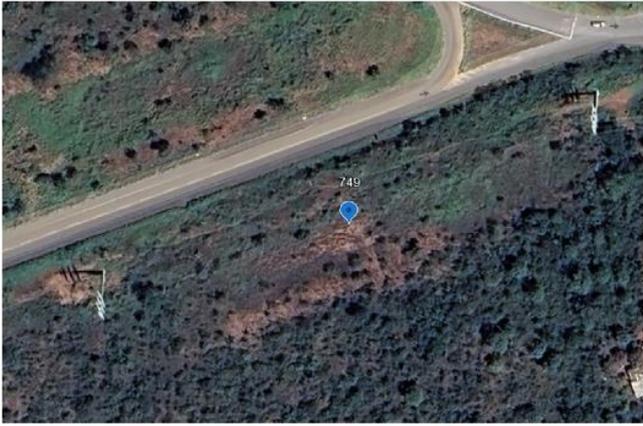
FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES	
IDENTIFICAÇÃO	Nº 06 (427)
1. Rodovia	DF-205
2. Coordenadas Geográficas	15°32'25"S 47°50'12"W
3. Data	10/07/2024
4. Tipo de observação	observação visual no mapa
CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS	
5. Tamanho	Estimativa do comprimento: 65 m
6. Forma	Tipo de erosão: erosão de talude
7. Estado da vegetação	Existe cobertura vegetal e também solo exposto Tipo de cobertura vegetal: Arbustos Densidade da vegetação: Escassa
8. Fatores contribuintes	Proximidade com áreas de drenagem: Não Intervenções humanas próximas: não
9. Medidas de Contenção	Existência de barreiras físicas: Não Presença de sistemas de drenagem: Não
10. Observações adicionais	erosão no talude provocadas pela construção da rodovia
11. Classificação (leve, moderada ou severa)	Erosão Leve
FOTOS DO LOCAL	
	
	

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES	
IDENTIFICAÇÃO	N°07 (445)
1. Rodovia	DF-290
2. Coordenadas Geográficas	16°01'48"S 48°14'49"W
3. Data	03/07/2024
4. Tipo de observação	observação visual no mapa
CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS	
5. Tamanho	Estimativa do comprimento: 181 metros
6. Forma	Tipo de erosão: Ravina rasa Contornos: Irregulares
7. Estado da vegetação	Existe cobertura vegetal e também bastante solo exposto Tipo de cobertura vegetal: arbusto de pequeno porte
8. Fatores contribuintes	Proximidade com áreas de drenagem: não Intervenções humanas próximas: rodovia Presença de infraestrutura: não identificado
9. Medidas de Contenção	Existência de barreiras físicas: não Presença de sistemas de drenagem: não identificado Outras ações de contenção: não
10. Observações adicionais	Qualquer outro detalhe relevante observado no local
11. Classificação (leve, moderada ou severa)	Erosão leve
FOTOS DO LOCAL	
 	

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES	
IDENTIFICAÇÃO	N° 08 (446)
1. Rodovia	DF-290
2. Coordenadas Geográficas	16°01'53"S 48°14'12"W
3. Data	03/07/2024
4. Tipo de observação	observação visual no mapa
CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS	
5. Tamanho	Estimativa do comprimento: 60 metros
6. Forma	Tipo de erosão: Ravina rasa Contornos: Irregulares
7. Estado da vegetação	Existe cobertura vegetal Tipo de cobertura vegetal: gramíneas
8. Fatores contribuintes	Proximidade com áreas de drenagem: não Intervenções humanas próximas: rodovia Presença de infraestrutura: não identificado
9. Medidas de Contenção	Existência de barreiras físicas: não Presença de sistemas de drenagem: não identificado Outras ações de contenção: não
10. Observações adicionais	nada identificado
11. Classificação (leve, moderada ou severa)	Erosão leve
FOTOS DO LOCAL	
	

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES	
IDENTIFICAÇÃO	Nº 09 (552)
1. Rodovia	DF-140
2. Coordenadas Geográficas	15°56'20"S 47°49'34"W
3. Data	25/06/2024
4. Tipo de observação	observação visual no mapa
CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS	
5. Tamanho	Estimativa do comprimento: 100 m
6. Forma	Tipo de erosão: Ravina Contornos: Regulares
7. Estado da vegetação	solo exposto
8. Fatores contribuintes	Proximidade com áreas de drenagem: Não Intervenções humanas próximas: sim Presença de infraestrutura: Não identificado
9. Medidas de Contenção	Existência de barreiras físicas: não Presença de sistemas de drenagem: não Outras ações de contenção: não identificado
10. Observações adicionais	construção da rodovia provavelmente ocasionou essa intervenção
11. Classificação (leve, moderada ou severa)	Erosão Leve
FOTOS DO LOCAL	
	
	

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES	
IDENTIFICAÇÃO	Nº 10 (638)
1. Rodovia	DF-190
2. Coordenadas Geográficas	15°50'10"S 48°13'12"W
3. Data	04/07/2024
4. Tipo de observação	observação visual no mapa
CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS	
5. Tamanho	Estimativa do comprimento: 180 metros
6. Forma	Tipo de erosão: Ravina de grande extensão Contornos: Irregulares
7. Estado da vegetação	solo exposto e também cobertura vegetal com gramíneas
8. Fatores contribuintes	Proximidade com áreas de drenagem: não Intervenções humanas próximas: si Presença de infraestrutura: não identificado
9. Medidas de Contenção	Existência de barreiras físicas: não Presença de sistemas de drenagem: não identificado Outras ações de contenção: não identificado
10. Observações adicionais	local com uma ravina grande e a parte mais avançada encontra-se longe da faixa d domínio da rodovia DF-190
11. Classificação (leve, moderada ou severa)	Erosão moderada
FOTOS DO LOCAL (MODELO)	
	

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES	
IDENTIFICAÇÃO	Nº 11 (749)
1. Rodovia	DF-440 e VC-263
2. Coordenadas Geográficas	15°43'29"S 47°46'54"W
3. Data	03/06/2024
4. Tipo de observação	observação visual no mapa
CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS	
5. Tamanho	Estimativa do comprimento, largura e profundidade em metros
6. Forma	Tipo de erosão: Ravina Contornos: Regulares
7. Estado da vegetação	Existe cobertura vegetal Tipo de cobertura vegetal: Grama Densidade da vegetação: Moderada
8. Fatores contribuintes	Proximidade com áreas de drenagem: Não Intervenções humanas próximas: Construções Presença de infraestrutura: não identificado
9. Medidas de Contenção	Existência de barreiras físicas: não Presença de sistemas de drenagem: não
10. Observações adicionais	Qualquer outro detalhe relevante observado no local
11. Classificação (leve, moderada ou severa)	Erosão Leve
FOTOS DO LOCAL	
 	

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES	
IDENTIFICAÇÃO	Nº 12 (791)
1. Rodovia	DF-250
2. Coordenadas Geográficas	15°41'47"S 47°27'56"W
3. Data	10/07/2024
4. Tipo de observação	observação visual no mapa
CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS	
5. Tamanho	Estimativa do comprimento: 50m
6. Forma	Tipo de erosão: Ravina
7. Estado da vegetação	Existe cobertura vegetal
8. Fatores contribuintes	Proximidade com áreas de drenagem: Não
9. Medidas de Contenção	Existência de barreiras físicas: Não
10. Observações adicionais	Formação leve de processos erosivos
11. Classificação (leve, moderada ou severa)	Erosão Leve
FOTOS DO LOCAL	
	

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES	
IDENTIFICAÇÃO	Nº 13 (882)
1. Rodovia	DF-150
2. Coordenadas Geográficas	15°37'31"S 47°51'27"W
3. Data	10/07/2024
4. Tipo de observação	Visita in loco
CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS	
5. Tamanho	comprimento aproximado de 75 m
6. Forma	Tipo de erosão: Voçorocas Contornos: Irregulares
7. Estado da vegetação	Existe cobertura vegetal e a maior parte é solo exposto
8. Fatores contribuintes	Proximidade com áreas de drenagem: não Intervenções humanas próximas: sim
9. Medidas de Contenção	Existência de barreiras físicas: Não Presença de sistemas de drenagem: Não Outras ações de contenção: não tem
10. Observações adicionais	A presença de uma área que parece ser de mineração pode ter contribuído significativamente para o problema. Além disso, a urbanização ao lado pode ter contribuído com a impermeabilização do solo, remoção de vegetação e alteração da drenagem natural.
11. Classificação (leve, moderada ou severa)	Erosão Severa
FOTOS DO LOCAL	
	

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES	
IDENTIFICAÇÃO	Nº 14 (884)
1. Rodovia	DF-150
2. Coordenadas Geográficas	15°37'32"S 47°51'25"W
3. Data	
4. Tipo de observação	Visita in loco
CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS	
5. Tamanho	comprimento aproximado de 300 m
6. Forma	Tipo de erosão: Voçorocas Contornos: Irregulares
7. Estado da vegetação	Existe cobertura vegetal e a maior parte é solo exposto
9. Fatores contribuintes	Proximidade com áreas de drenagem: sim Intervenções humanas próximas: sim
10. Medidas de Contenção	Existência de barreiras físicas: Não Presença de sistemas de drenagem: Não Outras ações de contenção: não tem
11. Observações adicionais	A presença de uma área que parece ser de mineração pode ter contribuído significativamente para o problema. Além disso, a urbanização ao lado pode ter contribuído com a impermeabilização do solo, remoção de vegetação e alteração da drenagem natural.
11. Classificação (leve, moderada ou severa)	Erosão Severa
FOTOS DO LOCAL	
  	

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES	
IDENTIFICAÇÃO	Nº 15 (887)
1. Rodovia	DF-150
2. Coordenadas Geográficas	15°37'44"S 47°51'27"W
3. Data	
4. Tipo de observação	Visita in loco
CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS	
5. Tamanho	comprimento aproximado de 98 m
6. Forma	Tipo de erosão: Voçorocas Contornos: Irregulares
7. Estado da vegetação	Existe cobertura vegetal e solo exposto Tipo de cobertura vegetal: Grama e arbustos Densidade da vegetação: Moderada Saúde da vegetação: Saudável
8. Fatores contribuintes	Proximidade com áreas de drenagem: Não Intervenções humanas próximas: Não
9. Medidas de Contenção	Existência de barreiras físicas: Não Presença de sistemas de drenagem: Não Outras ações de contenção: não tem
10. Observações adicionais	Processo erosivo grande que vai até a rodovia
11. Classificação (leve, moderada ou severa)	Erosão moderada
FOTOS DO LOCAL	
	

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES	
IDENTIFICAÇÃO	Nº 16 (888)
1. Rodovia	DF-150
2. Coordenadas Geográficas	15°37'44"S 47°51'27"W
3. Data	
4. Tipo de observação	Visita in loco
CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS	
5. Tamanho	comprimento aproximado de 28 m
6. Forma	Tipo de erosão: Ravinas Contornos: Irregulares
7. Estado da vegetação	Existe cobertura vegetal e solo exposto Tipo de cobertura vegetal: Grama e arbustos Densidade da vegetação: Moderada Saúde da vegetação: Saudável
8. Fatores contribuintes	Proximidade com áreas de drenagem: Não Intervenções humanas próximas: Não
9. Medidas de Contenção	Existência de barreiras físicas: Não Presença de sistemas de drenagem: Não Outras ações de contenção: não tem
10. Observações adicionais	Algumas ravinas, área de desmatamento pode ter provocado o processo erosivo
11. Classificação (leve, moderada ou severa)	Erosão severa
FOTOS DO LOCAL	
	

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES	
IDENTIFICAÇÃO	Nº 17 (987)
1. Rodovia	DF-150
2. Coordenadas Geográficas	15°37'59"S 47°51'21"W
3. Data	10/07/2024
4. Tipo de observação	visita in loco
CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS	
5. Tamanho	comprimento aproximado de 179 m
6. Forma	Tipo de erosão: Ravina Contornos: Irregulares
7. Estado da vegetação	Existe cobertura vegetal e solo exposto Tipo de cobertura vegetal: Arbustos e Árvores Densidade da vegetação: Moderada Saúde da vegetação: Saudável
8. Fatores contribuintes	Proximidade com áreas de drenagem: Não Intervenções humanas próximas: Construções, corte de vegetação, etc.
9. Medidas de Contenção	Existência de barreiras físicas: Não Presença de sistemas de drenagem: Não Outras ações de contenção: Não
10. Observações adicionais	A presença de uma área que parece ser de mineração pode ter contribuído significativamente para o problema. Além disso, a urbanização ao lado pode ter contribuído com a impermeabilização do solo, remoção de vegetação e alteração da drenagem natural.
11. Classificação (leve, moderada ou severa)	Erosão severa
FOTOS DO LOCAL	
	
	

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES	
IDENTIFICAÇÃO	Nº 18 (900)
1. Rodovia	DF-150
2. Coordenadas Geográficas	15°37'50"S 47°51'27"W
3. Data	
4. Tipo de observação	Visita in loco
CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS	
5. Tamanho	comprimento aproximado de 28 m
6. Forma	Tipo de erosão: Ravina Contornos: Irregulares
7. Estado da vegetação	Existe cobertura vegetal Tipo de cobertura vegetal: Grama Densidade da vegetação: Moderada Saúde da vegetação: Saudável
9. Fatores contribuintes	Proximidade com áreas de drenagem: Não Intervenções humanas próximas: Construções
10. Medidas de Contenção	Existência de barreiras físicas: Não Presença de sistemas de drenagem: Não Outras ações de contenção: não tem
11. Observações adicionais	Pequena proporção as margens da rodovia, com bastante vegetação
FOTOS DO LOCAL	
	

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES	
IDENTIFICAÇÃO	Nº 19 (921)
1. Rodovia	DF-100
2. Coordenadas Geográficas	15°38'11"S 47°21'13"W
3. Data	15/07/2024
4. Tipo de observação	observação visual no mapa
CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS	
5. Tamanho	Estimativa do comprimento: 25 m
6. Forma	Tipo de erosão: Ravina Contornos: Irregulares
7. Estado da vegetação	Existe cobertura vegetal e também solo exposto
8. Fatores contribuintes	Proximidade com áreas de drenagem: Não Intervenções humanas próximas: não Presença de infraestrutura: Não
9. Medidas de Contenção	Existência de barreiras físicas: Não Presença de sistemas de drenagem: Não
10. Observações adicionais	erosão de talude devido a construção da rodovia e também erosão em área próxima devido ao desmatamento da vegetação
11. Classificação (leve, moderada ou severa)	Erosão Leve
FOTOS DO LOCAL	
	

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES (MODELO)	
IDENTIFICAÇÃO	Nº 20 (1047)
1. Rodovia	DF-205
2. Coordenadas Geográficas	15°32'34"S 47°50'11"W
3. Data	10/07/2024
4. Tipo de observação	Visita in loco
CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS	
5. Tamanho	Estimativa do comprimento: 60 m
6. Forma	Tipo de erosão: Ravina Contornos: Irregulares
7. Estado da vegetação	Existe cobertura vegetal Tipo de cobertura vegetal: Arbustos Densidade da vegetação: Escassa
8. Fatores contribuintes	Proximidade com áreas de drenagem: Não Intervenções humanas próximas: não Presença de infraestrutura: não
9. Medidas de Contenção	Existência de barreiras físicas: não Presença de sistemas de drenagem: não Outras ações de contenção: Descrição de ações já tomadas
10. Observações adicionais	erosão no talude provocadas pela construção da rodovia
11. Classificação (leve, moderada ou severa)	Erosão Moderada
FOTOS DO LOCAL	
  <p>10 de jul. de 2024 14:57:44 15.5425S 47.8364W DF-205 Sociedade Brasília Distrito Federal</p>	
	

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES (MODELO)	
IDENTIFICAÇÃO	Nº 21 (1062)
1. Rodovia	DF-205
2. Coordenadas Geográficas	15°31'44"S 47°46'45"W
3. Data	10/06/2024
4. Tipo de observação	observação visual no mapa
CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS	
5. Tamanho	Estimativa do comprimento: 120 m
6. Forma	Tipo de erosão: Ravina
7. Estado da vegetação	solo exposto
8. Fatores contribuintes	Proximidade com áreas de drenagem: Não Intervenções humanas próximas: não Presença de infraestrutura: não
9. Medidas de Contenção	Existência de barreiras físicas: Não Presença de sistemas de drenagem: Não Outras ações de contenção: não identificado
10. Observações adicionais	
11. Classificação (leve, moderada ou severa)	Erosão Leve
FOTOS DO LOCAL (MODELO)	
 	

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES (MODELO)	
IDENTIFICAÇÃO	Nº 22 (29)
1. Rodovia	DF-205
2. Coordenadas Geográficas	15°32'41"S 47°50'08"W
3. Data	10/07/2024
4. Tipo de observação	Visita in loco
CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS	
5. Tamanho	Estimativa do comprimento: 91 m
6. Forma	Tipo de erosão: Ravina Contornos: Irregulares
7. Estado da vegetação	Existe cobertura vegetal também solo exposto
8. Fatores contribuintes	Proximidade com áreas de drenagem: Não Intervenções humanas próximas: não Presença de infraestrutura: Tubulações, bueiros, etc.
9. Medidas de Contenção	Existência de barreiras físicas: Não Presença de sistemas de drenagem: Não e Outras ações de contenção: não identificado
10. Observações adicionais	Área com retirada de vegetação próximo a rodovia
11. Classificação (leve, moderada ou severa)	Erosão Moderada
FOTOS DO LOCAL (MODELO)	
 	

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES	
IDENTIFICAÇÃO	Nº 23 (32)
1. Rodovia	DF-205
2. Coordenadas Geográficas	15°34'46"S 47°51'15"W
3. Data	03/06/2024
4. Tipo de observação	Visita in loco
CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS	
5. Tamanho	Estimativa do comprimento: 203 m
6. Forma	Tipo de erosão: Ravina Contornos: Regulares
7. Estado da vegetação	Existe cobertura vegetal e solo exposto
8. Fatores contribuintes	Proximidade com áreas de drenagem: Sim Intervenções humanas próximas: Construções Presença de infraestrutura: não identificado
9. Medidas de Contenção	Existência de barreiras físicas: não Presença de sistemas de drenagem: não Outras ações de contenção: não identificado
10. Observações adicionais	Visita in loco só que ruim de registro fotográfico, observou-se que há realmente uma erosão, só que bem difícil de fotografar pois há muita cobertura vegetal antes da erosão
11. Classificação (leve, moderada ou severa)	Erosão leve
FOTOS DO LOCAL	
 