

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

RODRIGO LUIZ GALLO FERNANDES

**ANÁLISE GEOLÓGICA E AMBIENTAL DOS
PROCESSOS EROSIVOS EM APARECIDA DE
GOIÂNIA (GO)**

SÃO CARLOS-SP
2023

RODRIGO LUIZ GALLO FERNANDES

**ANÁLISE GEOLÓGICA E AMBIENTAL DOS PROCESSOS EROSIVOS EM APARECIDA DE
GOIÂNIA (GO)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientação: Profa. Dra. Marcilene Dantas Ferreira

Coorientação: Prof. Dr. Érico Masiero

São Carlos-SP
2023

Fernandes, Rodrigo Luiz Gallo

Análise Geológica e Ambiental dos Processos Erosivos
em Aparecida de Goiânia (GO) / Rodrigo Luiz Gallo
Fernandes -- 2023.

166f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São
Carlos, campus São Carlos, São Carlos

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Ronildo Santos Prado - CRB/8 7325



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Rodrigo Luiz Gallo Fernandes, realizada em 06/06/2023.

Comissão Julgadora:

Profa. Dra. Marcilene Dantas Ferreira (UFSCar)

Profa. Dra. Cláudia Marisse dos Santos Rotta (UFSCar)

Profa. Dra. Paola Bruno Arab (UFG)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a Deus por me dar forças, paz, plenitude, e me guiar nessa trilha até aqui.

À minha esposa, Vivian Athaydes Canello Fernandes, um agradecimento especial. Ela quem foi meu farol nos momentos mais escuros dessa jornada. Minha companheira, amiga, esposa, conselheira, me mostrou que o caminho é árduo, mas vitorioso e recompensatório.

Também ao meu filho, Benício Canello Gallo Fernandes, que, apesar de tão jovem e criança, foi minha fonte de inspiração e força, entendendo todos os momentos em que ficamos separados.

À Prof. Dra. Marcilene Dantas Ferreira, pela orientação, paciência, trocas de ideias e todas as horas gastas para a conclusão deste trabalho.

À Prof. Dra. Cláudia Marisse dos Santos Rotta, que por diversas vezes me socorreu em momentos difíceis, com calma e paciência, me guiou nesse caminho, por vezes tortuoso, por vezes complicado.

Ao Serviço Geológico do Brasil, pela oportunidade e parceria, pelo fornecimento dos dados necessários para a realização desta dissertação e pela liberação para a conclusão do estudo.

À Defesa Civil de Aparecida de Goiânia, ali representada por Juliano Cardoso, Marivânia, Priscila e Hayanne, por todas as informações prestadas e trabalhos de campo realizados em parceria.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, pela oportunidade, excelentes aulas e professores ali presentes.

“Portanto, quem ouve estas minhas palavras e as pratica é como um homem prudente que construiu a sua casa sobre a rocha. Caiu a chuva, transbordaram os rios, sopraram os ventos e deram contra aquela casa, e ela não caiu, porque tinha seus alicerces na rocha. Mas quem ouve estas minhas palavras e não as pratica é como um insensato que construiu a sua casa sobre a areia. Caiu a chuva, transbordaram os rios, sopraram os ventos e deram contra aquela casa, e ela caiu. E foi grande a sua queda.”

(Mateus, versículo 7, 24-27)

RESUMO

As concepções do planejamento territorial urbano compreendem o comportamento do solo e a dinâmica das águas fluviais e pluviais na proposição de medidas para a preservação do meio ambiente e controle dos impactos negativos na ocupação urbana. As erosões podem ser consideradas as principais consequências do mau uso e entendimento da ocupação urbana, principalmente em núcleos urbanos, causando problemas como assoreamento das drenagens, baixa qualidade das águas, perda de terreno, entre outros. O objetivo principal deste estudo foi o levantamento geológico ambiental dos problemas erosivos no município de Aparecida de Goiânia (GO), especificamente, realizando-se as análises espacial e temporal dos processos erosivos, mapa de inventário dos processos erosivos, caracterização geológico ambiental da área de estudo, uso e ocupação do município e análise da legislação pertinente ao estudo. Metodologicamente, foram realizados levantamentos bibliográficos, fotointerpretação, monitoramento das erosões e caracterização dos materiais geológicos. Para o inventário das feições erosivas, foram utilizados dados de estudos já realizados anteriormente e fotointerpretação. O monitoramento das erosões selecionadas foi realizado entre o período de abril de 2022 e fevereiro de 2023, além dos registros fotográficos e caracterização dos materiais geológicos. Com relação à legislação, apesar de o município apresentar leis severas para a ocupação lindeira a córregos e nascentes, notou-se uma falta de fiscalização por parte do poder público que impeça a ocupação nessas áreas. O estudo mostrou que as feições erosivas se apresentam sobre materiais bem intemperizados de xistos, que dão origem a saprólitos facilmente erodíveis. A análise dos inventários de feições erosivas permitiu verificar que o comportamento dos processos erosivos variou ao longo dos anos, conforme a evolução da urbanização. O aumento da impermeabilização e ocupação territorial, que ocorreu sem a instalação de infraestruturas básicas necessárias, levou a uma alteração no desenvolvimento dos processos erosivos, observada a partir do ano de 2017. Concluiu-se que a dinâmica dos processos erosivos do município foi adequadamente caracterizada, sobretudo quanto à sua relação com o processo de urbanização. Por outro lado, percebeu-se uma dificuldade de reverter esse cenário, que pode ocorrer em função de questões técnicas e/ou políticas, uma vez que as intervenções municipais para controle e recuperação dos processos erosivos têm se mostrado ineficientes.

Palavras-chave: Erosão. Ocupação desordenada. Legislação ambiental. Aparecida de Goiânia.

ABSTRACT

The conceptions of urban territorial planning encompass the behavior of the soil, the dynamics of fluvial and rainfall waters, and the proposition of measures for environmental preservation and control of negative impacts on urban occupation. Erosion can be considered the main consequence of misuse and misunderstanding of urban occupation, especially in urban centers, causing problems such as drainage siltation, poor water quality, land loss, among others. The main objective of this study was the environmental geological survey of erosive problems in the municipality of Aparecida de Goiânia, in the state of Goiás, Brazil. Specifically, spatial and temporal analysis of erosive processes, inventory mapping of erosive processes, environmental geological characterization of the study area, land use and occupation in the municipality, and analysis of relevant legislation were conducted. Methodologically, literature surveys, photointerpretation, erosion monitoring, and geological material characterization were performed. Existing data from previous studies and photointerpretation were used for the inventory of erosive features. Monitoring of selected erosions was carried out from April 2022 to February 2023, along with photographic records and geological material characterization. Regarding legislation, despite the municipality having strict laws regarding occupation near streams and springs, a lack of enforcement by the public authorities was noticed, allowing occupation in these areas. The study showed that erosive features occur on highly weathered shale materials, which give rise to easily erodible saprolites. The analysis of erosive feature inventories revealed that the behavior of erosive processes varied over the years, in accordance with urbanization evolution. The increase in impermeability and territorial occupation, which occurred without the installation of necessary basic infrastructure, led to a change in the development of erosive processes, observed from the year 2017. It was concluded that the dynamics of erosive processes in the municipality were adequately characterized, especially regarding its relationship with the urbanization process. On the other hand, there was a difficulty in reversing this situation, which may be due to technical and/or political issues, as municipal interventions for erosion control and recovery have proved to be ineffective.

Keywords: Erosion. Disorderly occupation. Environmental legislation. Aparecida de Goiânia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Erosão <i>splash</i>	22
Figura 2 - A- Erosão em sulco BR-060, 2006; B- Ravina formada em rua não pavimentada, Anápolis, 2019; C- Voçoroca atingindo rua, Rancharia-SP, 2015; D- Formação de <i>piping</i> em voçoroca, Anápolis	25
Figura 3 - Ficha de cadastro de erosões	38
Figura 4 - Poço de infiltração e seus sistemas integrados	40
Figura 5 - Obras de drenagem com aplicação na prevenção e controle de erosão: (A) exemplo de estruturas de microdrenagem; (B) exemplo de macrodrenagem	41
Figura 6 - Obras de estabilização com aplicação na prevenção e controle de erosão	42
Figura 7 - Figura ilustrativa do método de estaqueamento para monitoramento de erosões ...	43
Figura 8 - Localização da área de estudo	45
Figura 9 - Fluxograma de trabalho	47
Figura 10 - Evolução da área urbanizada de Aparecida de Goiânia entre os anos de 1985 e 2023	53
Figura 11 - Mapa de uso e ocupação de Aparecida de Goiânia (GO), para os anos de 2000, 2011 e 2021	56
Figura 12 - Mapa geológico de Aparecida de Goiânia (GO)	59
Figura 13 - Mapa pedológico de Aparecida de Goiânia (GO)	60
Figura 14 - Carta de declividade de Aparecida de Goiânia (GO)	62
Figura 15 - Mapa geomorfológico de Aparecida de Goiânia (GO).....	63
Figura 16 - Carta de suscetibilidade à erosão de Aparecida de Goiânia (GO).....	65
Figura 17 - Inventário das feições erosivas do ano de 2005, cadastradas por Ferreira de Oliveira (2005), sobre imagem de satélite do ano de 2023	66
Figura 18 - Inventário das feições erosivas do ano de 2017, cadastradas por Fernandes <i>et al.</i> (2017), sobre imagem de satélite do ano de 2023	67
Figura 19 - Inventário das feições erosivas do ano de 2023.....	68
Figura 20 - Análise da distribuição espacial das feições erosivas em relação à mancha urbana. A) Inventários de feições erosivas do ano de 2005 e mancha urbana do ano de 2000;	69
Figura 21 - Mapa indicando o inventário erosivo do município de Aparecida de Goiânia (GO) entre os anos de 2005, 2017 e 2023.....	72
Figura 22 - Inventário das feições erosivas dos anos de 2005, 2017 e 2023 em relação à Carta de suscetibilidade à erosão de Aparecida de Goiânia (2012)	73

Figura 23 - Análise da evolução temporal da feição erosiva 18, cadastrada por Ferreira de Oliveira (2005). A) Feição erosiva em 2005; B) Feição erosiva em 2007; C) Feição erosiva em 2008; D) Feição erosiva em 2009; E) Feição erosiva em 2012; F) Imagem da área obtida através da ferramenta <i>Street view</i> , do ano de 2021.....	77
Figura 24 - Análise da evolução temporal da feição erosiva 4, cadastrada por Fernandes <i>et al.</i> (2017)	81
Figura 25 - Análise da evolução temporal da feição erosiva denominada 19 por Ferreira de Oliveira (2005) e 15 por Fernandes <i>et al.</i> (2017)	84
Figura 26 - Análise da evolução temporal da feição erosiva denominada 19 por Ferreira de Oliveira (2005) e 15 por Fernandes <i>et al.</i> (2017)	85
Figura 27 - Fotos da erosão denominada 19 por Ferreira de Oliveira (2005) e 15 por Fernandes <i>et al.</i> (2017), localizada entre as ruas 3 e Marabá, datada de janeiro de 2023	86
Figura 28 - Erosões localizadas no Córrego Almeida no ano de 2007.....	87
Figura 29 - Análise da evolução temporal das feições 014, 040 e 041, cadastradas por Fernandes <i>et al.</i> (2017), e das feições 1 e 3, cadastradas em 2023, próximas a um canal de drenagem inserido na área de estudo	90
Figura 30 - Análise da evolução temporal das feições 014, 040 e 041, cadastradas por Fernandes <i>et al.</i> (2017), e das feições 1 e 3, cadastradas em 2023, próximas a um canal de drenagem inserido na área de estudo	91
Figura 31 - Inventário das feições erosivas existentes na sub-bacia hidrográfica do Córrego Almeida, para o ano de 2005, de acordo com Ferreira de Oliveira (2005), sobre imagem de satélite do ano de 2023	92
Figura 32 - Inventário das feições erosivas existentes na sub-bacia hidrográfica do Córrego Almeida, para o ano de 2017, de acordo com Fernandes <i>et al.</i> (2017), sobre imagem de satélite do ano de 2023	93
Figura 33 - Inventário das feições erosivas existentes na sub-bacia hidrográfica do Córrego Almeida, para o ano de 2021, de acordo com a Defesa Civil do Município de Aparecida de Goiânia (GO), sobre imagem de satélite do ano de 2023	94
Figura 34 - Inventário das feições erosivas existentes na sub-bacia hidrográfica do Córrego Almeida, para os anos de 2005, 2017 e 2021, conforme dados de Ferreira de Oliveira (2005), Fernandes <i>et al.</i> (2017) e Defesa Civil do Município de Aparecida de Goiânia (GO), sobre imagem de satélite do ano de 2023.....	95
Figura 35 - Inventário das feições erosivas existentes na sub-bacia hidrográfica do Córrego Almeida, para o ano de 2023, sobre imagem de satélite do ano de 2023.....	96
Figura 36 - Mosaico das erosões cadastradas na bacia, com o sentido dos focos erosivos, sobre imagem de satélite do ano de 2023.....	99
Figura 37 - Análise da distribuição espacial das erosões cadastradas na sub-bacia hidrográfica do Córrego Almeida, no ano de 2023, em relação aos mapas de geologia e pedologia, de	

Ferreira de Oliveira (2005), ao mapa de geomorfologia, de Fernandes, Pinho e Castro (2021), e à carta de suscetibilidade à erosão, de Aparecida de Goiânia (2012).....	101
Figura 38 - Identificação das quatro feições erosivas que foram monitoradas e permitiram a caracterização dos materiais geológico-geotécnicos <i>in situ</i>	102
Figura 39 - Posicionamento das estacas instaladas na erosão 01 (Avenida Toledo) em fevereiro de 2022	104
Figura 40 - Destaque para a instalação das estacas em campo, nas margens da erosão 01....	104
Figura 41 - Perfil dos materiais geológicos expostos na parede da erosão 01	106
Figura 42 - Vista panorâmica do perfil dos materiais geológicos da erosão 01, com destaque para os pontos de <i>piping</i>	106
Figura 43 - Posicionamento das estacas de monitoramento na erosão 02 (Rua Luís XV <i>versus</i> Rua 10), com destaque para o eixo de crescimento prévio e atual (após aplicação de técnica de controle da erosão).....	107
Figura 44 - Presença de resíduos de construção civil dispostos na cabeceira da erosão 02 ...	107
Figura 45 - Destaque para a instalação das estacas em campo, nas margens da erosão 02....	108
Figura 46 - Área próxima à Rua 11 para onde a erosão 02 está avançando	109
Figura 47 - Perfil dos materiais geológicos expostos na parede da erosão 02 (Rua Luís XV <i>versus</i> Rua 10)	110
Figura 48 - <i>Piping</i> identificado na erosão 02	110
Figura 49 - Posicionamento das estacas de monitoramento na Erosão 08 (Rua X41D), com destaque para o sentido de crescimento da erosão	111
Figura 50 - Trecho da erosão 08.....	112
Figura 51 - Esquema ilustrativo da obra de desvio do Córrego Almeida, com o objetivo de evitar o crescimento da erosão 08	112
Figura 52 - Aterramento da margem da erosão 08 com resíduos de construção civil.....	113
Figura 53 - Perfil dos materiais geológicos associados à erosão 08.....	114
Figura 54 - Posicionamento das estacas na erosão 12 (Avenida Jataí), com destaque para seu sentido de crescimento.....	115
Figura 55 - Detalhes da erosão 12	115
Figura 56 - Resíduos de construção civil decorrentes da demolição de casas próximas à erosão 12	116
Figura 57 - Parede da erosão a partir da qual foram realizadas a identificação e a análise tátil-visual dos materiais geológicos	117
Figura 58 - Perfil dos materiais geológicos associados à erosão 12, com destaque para a ocorrência de <i>piping</i> no sopé do talude	118

Figura 59 - Área de preservação permanente antes da Lei Complementar nº 2.250, de 30 de janeiro de 2002 125

Figura 60 - Área de preservação permanente após a Lei Complementar nº 2.250, de 30 de janeiro de 2002 125

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Mapas e cartas prévias utilizados para caracterização geológico-geotécnica da área de estudo	49
Tabela 2 - Urbanização na cidade de Aparecida de Goiânia entre os anos de 1985 e 2023	55
Tabela 3 - Área ocupada pelos diferentes tipos de uso e ocupação identificados no município de Aparecida de Goiânia (GO) para os anos de 2000, 2011 e 2021	55
Tabela 4 - Características gerais dos solos	61
Tabela 5 - Características gerais dos padrões de relevo	63
Tabela 6 - Evolução das feições erosivas cadastradas no ano de 2005 por Ferreira de Oliveira (2005) até o ano de 2023	74
Tabela 7 - Evolução das feições erosivas cadastradas no ano de 2017 por Fernandes <i>et al.</i> (2017) até o ano de 2023	78
Tabela 8 - Principais características das erosões de 1 a 13 (Figura 33) verificadas em campo	98
Tabela 9 - Localização das quatro feições erosivas selecionadas para monitoramento	103
Tabela 10 - Dados do monitoramento da erosão 01	104
Tabela 11 - Dados do monitoramento da erosão 02	108
Tabela 12 - Dados do monitoramento da erosão 08	113
Tabela 13 - Dados do monitoramento da erosão 12	116

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
3 JUSTIFICATIVA	18
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
4.1 EROSÃO	20
4.2 FATORES CONDICIONANTES DA EROSÃO HÍDRICA	27
4.2.1 Chuva	28
4.2.2 Cobertura vegetal	29
4.2.3 Relevo	29
4.2.4 Solo	30
4.2.5 Fatores antrópicos	31
4.3 EROSÕES URBANAS.....	32
4.4 TRABALHOS ANTERIORES.....	34
4.5 TÉCNICAS DE CONTROLE E RECUPERAÇÃO DE EROSÕES EM ÁREAS URBANAS	36
4.5.1 Cadastramento das erosões	37
4.5.2 Revegetação	38
4.5.3 Obras civis de drenagens	39
4.5.4 Obras de estabilização	41
4.6 MONITORAMENTO POR ESTACAS	42
5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	44
6 METODOLOGIA	46
6.1 ETAPAS RELACIONADAS À ÁREA TOTAL DE ESTUDO	48
6.2 ETAPAS RELACIONADAS À ÁREA DE ESTUDO DETALHADO.....	49
6.3 ETAPA RELACIONADA A ASPECTOS LEGAIS.....	51
6.4 ANÁLISES FINAIS	51
7 APRESENTAÇÃO E ANÁLISES DOS RESULTADOS	52
7.1 ÁREA DE ESTUDO TOTAL: MUNICÍPIO DE APARECIDA DE GOIÂNIA (GO) .	52
7.1.1 Uso e ocupação	52

7.1.2 Caracterização geológico-geotécnica.....	57
7.1.2.1 Geologia	57
7.1.2.2 Pedologia	59
7.1.2.3 Relevo.....	62
7.1.2.4 Suscetibilidade à erosão.....	64
7.1.3 Inventário dos processos erosivos.....	65
7.2 ÁREA DE ESTUDO EM DETALHE: SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DOS	
CÓRREGOS ALMEIDA E PIPA.....	92
7.2.1 Inventário das feições erosivas.....	92
7.2.2 Caracterização das feições erosivas.....	96
7.2.3 Análise integrada dos dados do meio físico	100
7.2.4 Monitoramento das feições erosivas e caracterização <i>in situ</i> dos materiais	
geológicos	102
7.2.4.1 Erosão 01 – Avenida Toledo	103
7.2.4.2 Erosão 02 – Rua Luís XV <i>versus</i> Rua 10	106
7.2.4.3 Erosão 08 – Rua X41D.....	111
7.2.4.4 Erosão 12 – Avenida Jataí	114
7.3 LEGISLAÇÃO	118
7.4 ANÁLISES FINAIS	125
8 CONCLUSÃO.....	128
REFERÊNCIAS	130
APÊNDICE 1	138
APÊNDICE 2	141

1 INTRODUÇÃO

Na concepção do planejamento para ocupação do solo urbano, compreender a dinâmica do meio físico é o primeiro passo para propor medidas para preservação do meio ambiente e para contenção e controle de impactos negativos nos núcleos urbanos. A falta de entendimento dessa questão gera diversas consequências, sendo uma delas as erosões. As erosões em núcleos urbanos causam diversos problemas, como assoreamento das drenagens, baixa qualidade das águas, perda de terreno, perda dos valores imobiliários, entre outros.

Os processos erosivos constituem uma forma natural de modelagem do relevo e atuam de modo conjugado aos processos pedogenéticos e, sobre condições naturais, esses dois processos atuam equilibradamente. Quando se dá o rompimento desse equilíbrio pelo homem, origina-se a erosão acelerada ou erosão antrópica (CAMAPUM DE CARVALHO; SALES; SOUZA, 2006).

Para Wang *et al.* (2018), as consequências diretas da erosão do solo podem afetar gravemente a economia, o meio ambiente e a saúde humana, não apenas na área local, mas também em áreas a favor do vento. Os mesmos autores afirmam que:

Do ponto de vista econômico, pode causar acidentes de trânsito e fechamento de aeroportos, prejudicam as culturas alimentares e levam a grandes perdas financeiras. Do ponto de vista ambiental, partículas de poeira que carregam muitos poluentes são soprados para a atmosfera, resultando em má qualidade do ar e do ponto de vista da saúde humana, as tempestades de poeira fazem com que muitas pessoas se sintam desconfortáveis, o que os leva a ir a hospitais para tratar o sistema ocular e respiratório associado as doenças causadas por essa poeira. (WANG *et al.*, 2018, p. 2).

A erosão, quando ocorre em áreas urbanas, associa-se a problemas socioeconômicos, tais como a interdição de ruas e retirada de moradores, e a problemas ambientais, muitas vezes provocando o assoreamento de rios e córregos, além de outros danos incalculáveis. Nesse contexto, o principal objetivo do controle da erosão urbana é manter a integridade física das cidades. Ações aplicadas logo no início do desenvolvimento dos processos erosivos permitem que sejam facilmente controlados; ao passo que, em maiores proporções, são de difícil solução e envolvem alto custo (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995).

A cidade de Aparecida de Goiânia, segunda cidade mais populosa de Goiás, faz parte da região metropolitana de Goiânia, estando em franco desenvolvimento. Possui aproximadamente 45% do seu território ocupado por área urbana e 99% da população residente nessa área, tendo passado por um rápido processo de urbanização, sem as devidas

implantações das infraestruturas básicas necessárias de um município, tais como saneamento básico, asfaltamentos e sistemas de drenagens eficientes.

Devido à ausência das infraestruturas básicas, o município desenvolveu um processo constante de focos erosivos ao longo de seus canais de drenagens, e esses focos de porte variados evoluíram devido à intensa ocupação urbana à beira dos córregos e rios, além da alta taxa de impermeabilização e desordenamento territorial. Muitas das feições erosivas passam por processos de recuperação distintos, mas, em grande parte, o resultado esperado não foi alcançado.

Nesse contexto, esta dissertação teve como objetivo o levantamento geológico ambiental dos problemas erosivos apresentados no município de Aparecida de Goiânia, onde especificamente foi realizado o estudo da sub-bacia hidrográfica do córrego Almeida, afetada historicamente por erosões de grande porte, posicionadas marginalmente ao canal de drenagem. Este trabalho buscou não apenas a caracterização desses processos, mas também seu desenvolvimento durante os períodos analisados.

2 OBJETIVOS

O objetivo do estudo foi realizar o levantamento, a integração e a interpretação geológico-ambiental, através da análise integrada dos dados existentes, dos problemas erosivos apresentados no município de Aparecida de Goiânia, em específico o estudo da sub-bacia hidrográfica do córrego Almeida.

Os objetivos específicos foram: análise espacial e temporal dos processos erosivos; elaboração de mapa de inventário; caracterização geológico-ambiental da área de estudo; caracterização do uso e da ocupação do município; e levantamento e análise da legislação pertinente ao tema do estudo. A partir dos resultados apresentados, pretendeu-se entender a real dinâmica erosiva do município de Aparecida de Goiânia.

3 JUSTIFICATIVA

As erosões urbanas são responsáveis por perdas patrimoniais, e por vezes até humanas, quando não são prevenidas ou quando já se encontram instaladas e não são controladas.

As consequências do desenvolvimento de processos erosivos em áreas urbanas vão desde o alto custo para o erário público, quando da recuperação das áreas atingidas; o acometimento da população residente, que em muitos casos possui baixo rendimento financeiro e social; além dos problemas ambientais, tais como a perda da qualidade do solo, perda da vegetação local e o consequente assoreamento das drenagens afetadas. Entretanto, estes processos podem ser evitados, e para isso, a ocupação de bacias urbanas e áreas lindeiras a córregos e rios devem ser precedidas de planejamento adequado por parte dos gestores públicos (GUERRA e BOTELHO, 2014; OLIVEIRA e BRITO, 1998; OLIVEIRA e MONTICELI, 2018; TOMINAGA, SANTORO e AMARAL, 2012; TUCCI, PORTO e Barros, 1995).

O atual cenário do município de Aparecida de Goiânia é de franco crescimento populacional e industrial e tem se dado de forma desordenada, sem uma gestão territorial adequada, e com a ocupação de terrenos impróprios. Esse município é banhado por uma série de canais de drenagem que percorrem sua área urbana e apresenta diversos pontos acometidos por erosões de grande porte, como reflexo de sua dinâmica hídrica e territorial.

De acordo com Ferreira de Oliveira (2005), Aparecida de Goiânia apresenta um número de focos erosivos muito grande, constituindo riscos efetivos para a população. Aguiar (2009, p. 84) concluiu que:

À medida que a ocupação urbana da bacia do córrego Granada, esta com aproximadamente 15 km², localizando-se e estando totalmente inserida na parte central do município de Aparecida de Goiânia, se expandia, sobre os fundos de vale existentes, não havia a ocupação total dos loteamentos abertos, além do fato de existirem ruas não pavimentadas, encostas elevadas e canais abertos. Como consequência, no período das chuvas, ocorria a aceleração do fluxo hídrico superficial, levando à abertura dos primeiros sulcos que poderiam evoluir até voçorocas. Todas essas alterações impensadas no ambiente natural produziram mudanças na dinâmica do ciclo hidrológico natural.

Apesar de existirem diversos estudos sobre as erosões do município de Aparecida de Goiânia, todos eles apresentam ações paliativas e soluções generalizadas para a resolução dos problemas apontados. Sendo assim, é de suma importância compreender a dinâmica do meio físico de forma integrada e sua resposta frente às intervenções antrópicas, para assim sugerir ações mais eficientes para os problemas erosivos do município. Tais ações se fazem

necessárias para o completo entendimento dos processos erosivos instalados no município, suas causas, consequências e formas de controle.

Nesse sentido, pretendeu-se que o estudo, tanto do município quanto da microbacia hidrográfica selecionada, forneça resultados que possam ser reaplicados em toda a cidade, onde os problemas erosivos possam ser controlados e suprimidos.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 EROSÃO

Segundo Zachar (1982), a palavra erosão é de origem latina, sendo derivada do verbo *erodere* – corroer (*rodere* – roer). Os problemas da erosão fluvial e sua contribuição para a modelagem da superfície da Terra foram bem compreendidos no final do século XIX. O mesmo autor classifica a erosão em função de seus diferentes agentes, como água, gelo (glaciares), vento, neve, detritos, plantas (raízes), animais e ação antrópica.

O conceito também foi assim definido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT, 1986) como o processo de desagregação e remoção de partículas do solo ou de fragmentos e partículas de rochas pela ação combinada da gravidade com água, vento, gelo e/ou organismos (plantas e animais). Para Ayres (1936), a água, o vento e o gelo são as três forças mais ativas como agentes erosivos.

A erosão mais importante para a formação da superfície terrestre é a hídrica. De acordo com Zachar (1982), é englobada pela ação das gotas da chuva, pela ação da água pluvial, por águas subterrâneas e águas não pluviais (águas marinhas).

O processo erosivo causado por águas pluviais tem abrangência em quase toda a superfície terrestre, consistindo em desagregação, transporte e deposição do solo, especialmente em locais com clima tropical, com índices pluviométricos elevados, já que em muitas dessas áreas as chuvas se concentram em certas estações do ano (GUERRA e BOTELHO, 2014; LAL e BOBBY, 2018).

Poesen (2018) afirma que a erosão do solo é um processo geomorfológico que destaca partículas do solo, fragmentos de rocha, agregados do solo e matéria orgânica de sua localização primária e, em seguida, transporta-os para outro local por vários processos. Segundo esse autor:

Estes incluem processos erosivos naturais, ou seja, chuva, escoamento superficial, avalanches de neve, vento e gravidade, processos biológicos, por exemplo, queda de árvores, pisoteio de animais, escavação de animais, e processos induzidos pelo homem, como preparo do solo, colheita, nivelamento de terrenos, pedreiras, mineração, escavações para infraestruturas e construção civil, abertura de crateras explosivas e escavação de trincheiras. (POESEN, 2018, p. 65, tradução nossa).

Camapum de Carvalho, Sales e Souza (2006) afirmam que os processos erosivos constituem uma forma natural de modelagem do relevo atuando de modo conjugado a

processos pedogenéticos e, em condições naturais, atuam de forma equilibrada, denominando-se assim a erosão natural ou geológica. Para os mesmos autores:

Quando se dá o rompimento deste equilíbrio devido à interferência do homem e não é permitido ao solo a recuperação natural, origina-se a erosão acelerada ou erosão antrópica.

Grande parte dos processos erosivos ocorrem de modo direto e como consequência da intervenção antrópica no meio ambiente, sendo que, no meio urbano, as práticas inadequadas como impermeabilização superficial excessiva com concentração do fluxo e lançamentos inapropriados das drenagens de águas pluviais favorecem a formação das erosões. (CAMAPUM DE CARVALHO *et al.*, 2006, p. 42).

Conforme apontam os pesquisadores Kheiralla e Siddeg:

Os fatores responsáveis pela erosão são o clima, a topografia, o solo, o uso do solo e as práticas de gestão do solo. O controle e a prevenção da erosão dependem de estratégias apropriadas para a conservação territoriais, e práticas inadequadas do uso do solo aceleram o processo erosivo. A erosão do solo reduz sua profundidade, a capacidade de retenção de água e os nutrientes, além de causar efeitos externos como poluição da água. (KHEIRALLA; SIDDEG, 2015, p. 1, tradução nossa).

De acordo com Camapum de Carvalho, Sales e Souza (2006), o processo erosivo depende de fatores externos, como o potencial de erosividade da chuva, as condições de infiltração e escoamento superficial e a declividade e o comprimento do talude ou da encosta, e ainda de fatores internos, como gradiente crítico, desagregabilidade e erodibilidade do solo.

Segundo Guerra e Botelho (2014), o processo inicial da erosão hídrica é chamado de *splash*. Para os autores:

O processo de *splash* se dá no momento em que as gotas da chuva começam a tocar o solo, onde ocorre a ruptura dos agregados que selam a camada do topo do solo. Essa ruptura dos agregados provoca um preenchimento dos poros da superfície do solo, selando-o e conseqüentemente diminuindo sua porosidade, o que aumenta o escoamento das águas. O processo de *splash* pode variar a depender da resistência do solo ao impacto das gotas de chuva, como também a própria energia cinética das gotas. (GUERRA; BOTELHO, 2014, p. 18-19).

Esse mesmo processo de *splash* é chamado, por Fendrich *et al.* (1997), de erosão por embate, em que a erosão decorre da energia do impacto das gotas de chuva de encontro ao solo, que desintegra parcialmente os agregados naturais, libertam as partículas finas e as projetam no ar (Figura 1). Esses mesmos autores definem que erosão laminar se caracteriza pelo desgaste laminar causado pelas enxurradas que deslizam como um lençol, que desgastam a superfície do solo de forma suave e uniforme em toda a sua extensão.

Figura 1 - Erosão *splash*

Fonte: DAEE/IPT (1990).

Segundo Tucci, Porto e Barros (1995), quando as precipitações superam a capacidade de infiltração, inicia-se o escoamento superficial que, devido a forças trativas, produz a erosão superficial em camadas delgadas, de forma difusa, por toda uma área. Essa erosão é chamada de erosão laminar e ocorre quando a água escoar uniformemente pela superfície do terreno, carregando as partículas sem formar canais definidos. De acordo com Ayres (1936), a erosão laminar ocorre logo depois do início da chuva, quando o excesso de água começa a escoar pela encosta, carregando solo e matéria orgânica.

Já Camapum de Carvalho, Sales e Souza (2006) afirmam, assim como Tucci, Porto e Barros (1995), que a erosão superficial surge do escoamento da água que não se infiltra. Camapum de Carvalho, Sales e Souza (2006, p. 46) afirmam que:

A erosão superficial está associada ao transporte, seja das partículas ou agregados desprendidos do maciço pelo impacto das gotas de chuva, ou seja, das partículas ou agregados arrancados pela força trativa desenvolvida entre a água e o solo, sendo que o poder erosivo da água em movimento e sua capacidade de transporte dependem da densidade e da velocidade de escoamento, bem como da espessura da lâmina de água e principalmente da inclinação da vertente ou relevo. Ocorre também que a interferência na infiltração está ligada a intensidade do evento chuvoso, a proximidade da superfície freática, o grau de compactação e a porosidade do solo, além da vegetação e da topografia.

A partir do momento em que o volume de chuva e de escoamento superficial aumentam, este último passa a se movimentar de forma concentrada sobre o terreno, dentro de canais, formando assim a erosão linear, que pode ser classificada em sulcos, ravinas ou voçorocas, de acordo com a profundidade do canal formado.

Segundo Zachar (1982), a uniformidade do fluxo depende diretamente da inclinação da vertente: quanto maior a declividade, menores as áreas com possibilidade de acumulação

de água e, por conseguinte, maior uniformidade do fluxo, sendo, porém, de fundamental importância o aspecto geomorfológico da área.

À medida que o fluxo se torna concentrado em canais pequenos, sua profundidade aumenta e a velocidade diminui. Nesse estágio de evolução do escoamento superficial, a concentração de sedimentos no interior do fluxo linear faz com que haja um forte atrito entre essas partículas e o fundo dos canais (GUERRA; BOTELHO, 2014).

Segundo Salles, Camapum de Carvalho e Mascarenhas (2017), na erosão em sulcos o desprendimento de partículas se dá principalmente pela energia do fluxo superficial e não pelo impacto das gotas de chuvas, como na erosão laminar. Forma incisões nas superfícies perpendiculares, as curvas de níveis, e apresenta profundidades máximas de 50 cm.

A erosão superficial depende de fatores externos, como cobertura do solo, declividade do terreno e clima, e de fatores internos, como tipo de solo, estrutura e umidade (CAMAPUM DE CARVALHO *et al.*, 2006). O processo de erosão linear se caracteriza por uma concentração do fluxo superficial no qual o maior poder erosivo leva à formação de feições lineares, tais como sulcos, ravinas ou voçorocas, na medida em que se aprofunda no terreno (SANTOS, 1997). Segundo Camapum de Carvalho, Lima e Mortari (2001), sulcos são pequenos canais, de até 10 cm de profundidade, gerados pela concentração do escoamento superficial. O aumento da concentração da água em determinados sulcos faz com que esses evoluam para ravinas ou voçorocas.

De acordo com Guerra e Botelho (2014), ravinas e voçorocas podem ser consideradas como incisões que resultam da tendência de sistemas naturais a atingir um estado de equilíbrio entre energia disponível e eficiência do sistema em dissipar energia.

Para Jaafari *et al.* (2022), as ravinas são tipicamente diferenciadas de outras formas de erosão do solo pela rápida remoção da camada superficial do solo e perdas significativas de solo sotoposto que podem comprometer a sustentabilidade de muitos serviços ecossistêmicos.

Já Mtembu (2021) define voçoroca como uma severa forma de erosão do solo causada pela água, envolvendo a remoção do solo em canais por escoamento concentrado na superfície, como no subsolo. O mesmo autor define que áreas afetadas por voçorocas não são apropriadas para agricultura.

O que diversos autores discutem na literatura nacional ou internacional é como distinguir uma ravina de uma voçoroca. Em geral, a definição é feita em caráter dimensional, em que ravinas seriam incisões de até 50 centímetros de largura e profundidade e, acima disso, essas incisões seriam chamadas de voçorocas (GUERRA e CUNHA, 1998; GUERRA e BOTELHO, 2014).

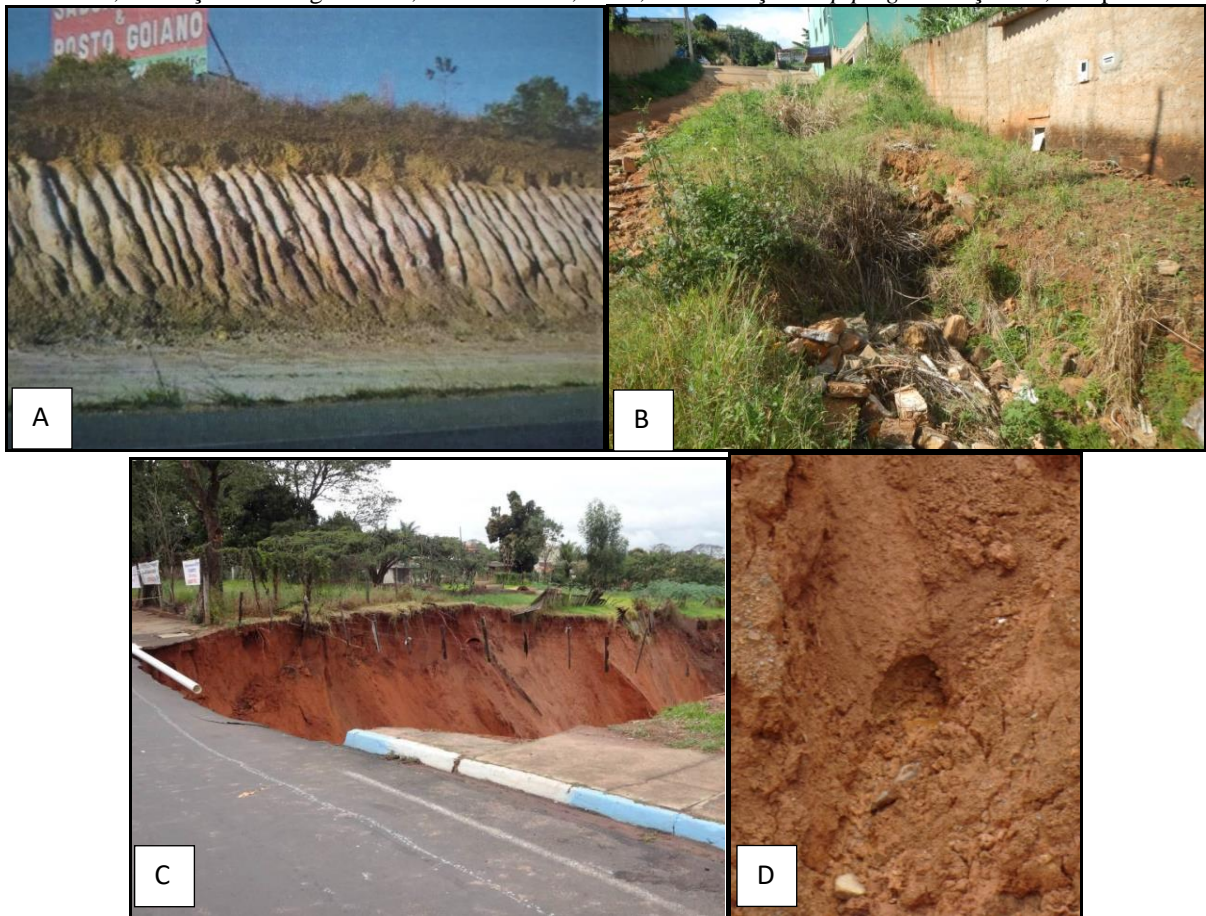
Para Ferreira (2004, p. 9-11):

A erosão em sulco se apresenta como pequenas incisões na superfície terrestre em forma de filetes muito rasos, com profundidade e largura inferior a 50 cm. Ravinamento são formados essencialmente pelo escoamento da água superficial, provocando o desprendimento das partículas do solo e movimento de massa devido ao abatimento dos taludes com forma retilínea alongada, estreita e profundidade acima de 50 cm, com raras ramificações e sem atingir o lençol freático. Já as voçorocas se caracterizam por ter um cabeceira e diferentes ressaltos ao longo de seu curso. São consideradas erosões aceleradas, e correspondem a passagem gradual do processo de ravinamento até atingir o lençol freático, com o aparecimento de surgências de água.

As figuras 2A, 2B e 2C apresentam exemplos de sulco, ravina e voçoroca, respectivamente. Outra erosão linear conhecida é o *piping*, representada pela figura 2D. Para Oliveira e Monticeli (2018, p. 231):

Piping se dá pelo arraste das partículas de solo ou sedimentos do interior do maciço, por força da concentração das linhas de fluxo em regime turbulento ao longo de descontinuidade (lineamento estrutural, contato interestratos, ou mesmo vazios deixados por atividades biológicas). O *piping* pode ser conhecido como erosão interna regressiva, e provoca a remoção de partículas do interior do solo, formando os chamados tubos vazios que provocam colapsos e deslizamentos laterais do terreno, alargando as voçorocas ou criando novos ramos.

Figura 2 - A- Erosão em sulco BR-060, 2006; B- Ravina formada em rua não pavimentada, Anápolis, 2019; C- Voçoroca atingindo rua, Rancharia-SP, 2015; D- Formação de *piping* em voçoroca, Anápolis



Fonte: A- Camapum de Carvalho, Sales e Souza (2006); B- Fernandes e Pinho (2019a); C- Ottoni, Rosin e Foloni (2018); D- Fernandes e Peixoto (2014).

Bernatek-Jakiel e Poesen (2018) afirmam que o *piping* ocorre em diferentes tipos de solos, sendo intenso em diversas profundidades dentro de um perfil de solo, isto é, na interface solo-solo, e também na interface solo-rocha e, por ser subterrâneo, é de difícil detecção e controle, graças a razões técnicas e financeiras.

Fendrich *et al.* (1997, p. 40) nomeiam o fenômeno do *piping* como:

Erosão subterrânea, afirmando que, quando as águas que se infiltram encontram uma camada impermeável, as águas correm lateralmente sobre essa camada aflorando nas encostas, provocando solapamentos ou desbarrancamentos. Com os aumentos constantes do fluxo subterrâneo, tem-se um aumento proporcional da sua velocidade de escoamento. Os veios de água do subsolo sofrem assim um aumento de pressão, devido ao maior fluxo e também pelo aumento do gradiente, desagregando as partículas mais soltas do solo, surgindo assim as rupturas internas, com o desmonte dos maciços saturados, que pelo efeito da gravidade caem no pé do talude.

As erosões de borda de reservatório são erosões que podem ser causadas tanto por fatores naturais, como chuvas, tipo de solo (que depende da rocha-mãe da qual esse solo foi

originado) e cobertura vegetal, quanto pela ação antrópica, através da ocupação e/ou uso indevido/inapropriado do solo. Segundo Salles, Camapum de Carvalho e Mascarenhas (2017), às voçorocas lineares e do tipo anfiteatro, que ocorrem nas bordas de reservatórios, podem se associar os fenômenos do *piping* e eluviação ou esqueletização do solo, devido a variações no nível de água do reservatório.

Podemos entender então que os principais processos envolvidos nas erosões em margens de reservatórios são os escorregamentos e os solapamentos, estes entendidos como uma associação entre a erosão da base dos taludes com a posterior queda das porções superiores (OLIVEIRA; MONTICELI, 2018).

Oliveira e Monticeli (2018, p. 251) definem os fatores influentes nas erosões de borda de reservatórios como:

Fatores intrínsecos e extrínsecos aos maciços que circundam os reservatórios. Os fatores intrínsecos podem ser as características e propriedades geológicas, geotécnicas, hidráulicas e estruturais dos maciços, as formas do relevo, a declividade das margens e a posição relativa do nível de água subterrânea da encosta das margens, este último muito importante devido à variação do nível de água poder provocar a aceleração dos processos de ravinamento e voçorocamento. Já dentro dos fatores extrínsecos, o destaque se dá à magnitude das ondas no reservatório.

Diversos fatores podem influenciar o comportamento das margens dos reservatórios, dentre eles, podemos citar as condições geológicas, geomorfológicas, hidrogeológicas, mecânicas de formação de ondas, condições de operação do reservatório, uso e ocupação no entorno do reservatório (SALES; CAMAPUM DE CARVALHO; MASCARENHAS, 2017).

Brasil (2018, p. 15-17) define erosão costeira como:

Processo natural que provoca a redução das praias e o recuo das dunas e das falésias. Ela molda a costa pela ação das ondas, das correntes e do vento. A erosão costeira pode variar no tempo onde ocorrem processos rápidos e visíveis que alteram a costa em poucos meses ou anos, ou em um período de tempo mais longo (décadas, por exemplo). As erosões costeiras podem ser naturais (aumento do nível do mar, a intensificação de tempestades, a subsidência tectônica e as alterações nas bacias hidrográficas), antrópica (subsidência do solo, a retirada de areia para atividades humanas e a construção de barragens) ou a interação dos dois tipos, a partir do aumento de altura e energia das ondas que chegam à costa, a intensidade da erosão, a redução no aporte de sedimentos e alterações drásticas no balanço sedimentar.

Tucci, Porto e Barros (1995, p. 350-351) determinam que erosões marginais:

São aquelas formadas nas margens dos córregos e rios devido ao aumento do volume de água dos mesmos. Estas podem ser decorrentes de eventos naturais, devido ao fenômeno de cheias, ou ser ocasionadas devido à ação antrópica em sua bacia hidrográfica. No caso da ação antrópica essa pode ser caracterizada por ações

de alteração das características naturais, seja pelo desmatamento, remoção das encostas, aumento das áreas impermeabilizadas ou criação de caminhos preferenciais pela construção de vias de acesso.

Uma condição normal é indicada pelo equilíbrio entre a taxa de erosão marginal e a taxa de deposição de sedimentos. Os problemas se iniciam quando a taxa de deposição se torna menor do que a taxa de erosão marginal. No momento em que as taxas de erosões marginais excedem a taxa de deposição de sedimentos, instalam-se as erosões marginais contínuas (GOSH; SAHU, 2019).

De acordo com Fendrich *et al.* (1997, p. 33):

A erosão marginal em córregos consiste essencialmente no desenvolvimento de pequenos canais, no qual o fluxo superficial se concentra. No caso de áreas urbanizadas, a diminuição da infiltração, devido a obras que diminuem a impermeabilização do solo, incrementam o escoamento superficial, alterando o regime de escoamento dos córregos, facilitando na maioria dos casos as erosões marginais.

Para Das *et al.* (2017), erosões marginais têm impactos econômicos a curto prazo, como perda de terras agrícolas, empregos e residências. Os impactos socioeconômicos incluem os efeitos diretos sobre as condições de vida das populações ribeirinhas. A mesma afirmação é vista em Khan, Nabia e Rahman (2018), na medida em que o efeito e a magnitude de erosões marginais trazem grande perda de recursos físicos e naturais e tornam a vida da população mais vulnerável.

4.2 FATORES CONDICIONANTES DA EROSÃO HÍDRICA

Dentre os tipos de erosão apresentados, os encontrados na área estudada compreendem processos erosivos hídricos lineares e marginais. Assim, justifica-se a necessidade de conhecer os condicionantes específicos desses processos.

De acordo com Jiu, Wu e Li (2019), é importante quantificar os impactos da erosão hídrica para desenvolver ações efetivas de conservação do solo e da água. O controle da erosão do solo pode refletir em como os padrões de uso e cobertura da terra são gerenciados e influenciados por políticas dirigidas a diferentes setores.

A ocorrência das erosões lineares é determinada por dois fatores ou condicionantes, os fatores antrópicos, como desmatamentos e uso ou ocupação de solo, e os fatores naturais, como intensidade e periodicidade das chuvas, cobertura vegetal, relevo, tipos de solo e substrato rochoso. No caso de erosões em ambientes urbanos, fatores como a concentração do

escoamento das águas superficiais através de caminhos preferenciais como ruas, redes de galerias pluviais e de esgotos, obras inadequadas para o controle da velocidade e do volume das águas e impermeabilização desenfreada estão entre os principais fatores das erosões urbanas (TOMINAGA, SANTORO e AMARAL, 2012; GUERRA e BOTELHO, 2014; OLIVEIRA e MONTICELI, 2018).

4.2.1 Chuva

A gota da chuva é o elemento inicial da erosão. Seu impacto provoca a fragmentação inicial do solo e, conseqüentemente, sua selagem. Sua ação erosiva é variável e depende da distribuição pluviométrica do evento chuvoso. Chuvas torrenciais de grande intensidade precedidas por período chuvoso anterior, provocando saturação dos solos, determinam eventos erosivos de grande velocidade de propagação (OLIVEIRA; BRITO, 1998). Em regiões de precipitação abundante e frequente, a formação de solos profundos geralmente é regular e esses são resistentes à erosão.

Sobre o fator chuva, Zachar (1982, p. 207, tradução nossa) diz: “chuvas de granizo têm grande importância para o início das erosões, já que apresentam um efeito severo na superfície do solo, devido à sua grande energia cinética, muitas vezes maior que de uma chuva”.

O mesmo autor afirma que as gotas de chuva criam uma seleção do material do solo, quando há o impacto dessas no solo. Uma parte desse processo de seleção é o mecanismo pelo qual as partículas finas do solo são forçadas pelo impacto das chuvas para as partes mais profundas do solo, levadas pela água da infiltração. Os poros e as cavidades do interior do solo se tornam mais lamacentos e, conseqüentemente, a infiltração do solo diminui (ZACHAR, 1982).

De acordo com Bandeira (2003), denomina-se erosividade da chuva a sua capacidade de provocar erosão, a qual depende do total de chuva, da intensidade, do momento e da energia cinética. Segundo Feres (2002), a erosividade depende da intensidade da ação antrópica inadequada e da energia dos agentes erosivos. Ainda de acordo com o autor, são exemplos dessa ação inadequada a retirada da cobertura vegetal, o manuseio impróprio do solo, pastagens com alto número de animais, abertura de valetas ortogonais com a conservação do solo.

4.2.2 Cobertura vegetal

Deve-se considerar a cobertura vegetal como o elemento mais importante na proteção do solo contra eventos erosivos. A cobertura vegetal age de diversas formas para impedir a ação dos eventos erosivos contra o solo, em primeiro lugar as folhagens das árvores funcionam como uma barreira para impedir a ação direta das gotas das chuvas contra o solo. A penetração das raízes provoca dutos, o que melhora a infiltração, e o aumento de matéria orgânica provoca uma melhoria na estrutura do solo e aumento na absorção, controle na energia de escoamento superficial devido ao atrito na superfície. (TOMINAGA, SANTORO e AMARAL, 2012; GUERRA e BOTELHO, 2014; OLIVEIRA e MONTICELI, 2018).

De acordo com Zachar (1982, p. 300, tradução nossa):

A vegetação tem vital importância na proteção do solo contra as erosões, protege o solo contra a ação das gotas das chuvas, aumenta a infiltração do solo e mantém sua rugosidade, reduz a velocidade de escoamento, liga mecanicamente o solo, melhora as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e diminui as flutuações microclimáticas nas camadas mais superficiais do solo.

Ayres (1936) afirma que a cobertura vegetal pode influenciar a conservação do solo de várias maneiras, como dispersão, interceptação e evaporação das águas das chuvas, graças ao efeito de transpiração e proteção do solo devido ao adensamento das matas, aumento da infiltração das águas devido às raízes, melhora na estrutura do solo devido ao acréscimo de matéria orgânica no solo, gerando a diminuição da taxa e velocidade de escoamento superficial.

Abonal *et al.* (2019), em seu trabalho, concluíram que, em locais com vegetação de grama vetiver, diminuiu a ação erosiva, sendo feita essa comparação com outros locais sem a implantação da vegetação. Essa ação pôde ser visualizada principalmente em locais com erosões marginais ativas.

Xu *et al.* (2023), utilizando técnicas de monitoramento por radar, indicaram que locais que mantinham a vegetação apresentaram uma taxa de erosão menor do que locais sem vegetação, principalmente em locais mais vulneráveis às ações erosivas.

4.2.3 Relevo

O relevo influencia a erosão pelos fatores de sua declividade, comprimento da rampa e o perfil das encostas. Os dois primeiros fatores (declividade e comprimento da rampa) atuam

diretamente sobre a velocidade do escoamento superficial, já que os terrenos com maiores declividades e rampas apresentam maiores velocidades de escoamento, e assim maiores capacidades erosivas (OLIVEIRA; BRITO, 1998). Porém, de acordo com Morgan (2005), em encostas muito íngremes a erosão pode diminuir, devido ao decréscimo de solo disponível para erodir.

Para Fendrich *et al.* (1997), as erosões ocorrem tanto em terrenos levemente ondulados como também naqueles de topografia acidentada, porém, influem muito na sua velocidade, formação e desenvolvimento os locais que apresentam maior densidade de drenagem, dada pela quantidade de talwegues, sulco e valetas.

Quanto à forma, Tominaga, Santoro e Amaral (2012) consideram que vertentes com formas côncavas, por serem concentradoras do escoamento superficial, são as mais estreitamente relacionadas à formação de voçorocas.

4.2.4 Solo

Com relação ao solo, podemos citar diversas variáveis como fatores que influenciam nos processos erosivos, entre eles, as propriedades físicas, como textura, estrutura, permeabilidade, profundidade e densidade, e as características químicas, biológicas e mineralógicas, na maior ou menor resistência à ação das águas. A essa resistência dá-se o nome de erodibilidade do solo (TOMINAGA, SANTORO e AMARAL, 2012; GUERRA e BOTELHO, 2014; OLIVEIRA e MONTICELI, 2018).

O tamanho das partículas influi na capacidade de infiltração de água do solo, o que interfere no potencial de escoamento superficial. Solos arenosos são potencialmente mais permeáveis, o que facilita a infiltração das águas, contudo, por possuírem baixa coesão, apresentam maior predisposição para erodibilidade (TOMINAGA, SANTORO e AMARAL, 2012; GUERRA e BOTELHO, 2014; OLIVEIRA e MONTICELI, 2018). Camapum de Carvalho, Sales e Souza (2006, p. 44) definem erodibilidade como:

A falta de capacidade de resistir aos processos erosivos e depende não só das características intrínsecas do solo, mas também de fatores subsidiários como ciclos de umedecimento e secagem, além da composição química da água presente, assim a forma mais comum de se analisar a erodibilidade dos solos é por meio de suas características físicas e químicas e de alguns condicionantes externos.

Jesus (2013) destaca que as principais características que podem influenciar a erodibilidade do solo são sua composição químico-mineralógica, presença de matéria

orgânica, textura, estrutura e umidade, já que essas características intervêm diretamente na estabilidade estrutural do solo e na sua permeabilidade.

Tominaga, Santoro e Amaral (2012), assim como Vilar e Prandi (1993), afirmam que solos arenosos em geral são mais erodidos do que solos argilosos, indicando que o conjunto das características dos solos, que em grande parte dependem da rocha de origem e de sua evolução ao longo do tempo, sob ação do clima e das formações vegetais, determina a suscetibilidade dos terrenos à erosão.

De acordo com Tominaga, Santoro e Amaral (2012), em solos pouco profundos, a água encontra uma barreira intransponível na rocha matriz, a qual, sendo impermeável, fará com que a água se acumule no perfil, saturando-o rapidamente e, conseqüentemente, aumentando o escoamento superficial e incrementando a ação erosiva da chuva. Solos heterogêneos apresentam texturas heterogêneas, apresentando variabilidade nas velocidades de infiltração.

4.2.5 Fatores antrópicos

O fator antrópico pode interferir na dinâmica natural dos córregos e rios, aumentando o volume e a velocidade das águas nas calhas, gerando assim erosões marginais. O uso e a ocupação desordenada dos loteamentos, através da alta taxa de impermeabilização do solo, contribuem para alta degradação deste, o que proporciona a perda de nutrientes e matéria orgânica, ocasionando também um elemento-chave para o aumento das erosões (TOMINAGA, SANTORO e AMARAL, 2012; GUERRA e BOTELHO, 2014; OLIVEIRA e MONTICELI, 2018; TUCCI, PORTO e BARROS, 1995).

Diversos autores concordam que as erosões se tornam mais agressivas nos setores de expansão das cidades no momento de abertura de novos loteamentos, na movimentação e exposição dos solos, devido à retirada da proteção da cobertura vegetal e de suas camadas superficiais do solo. Outro motivo para o aumento de erosões em ambientes urbanos é a ausência de infraestrutura básica, como asfaltamento, galerias pluviais, bocas de lobo, redes de drenagens adequadas, entre outros (TOMINAGA, SANTORO e AMARAL, 2012; GUERRA e BOTELHO, 2014; OLIVEIRA e MONTICELI, 2018; TUCCI, PORTO e BARROS, 1995).

4.3 EROSÕES URBANAS

O conceito de erosão urbana está intimamente ligado ao conceito de mudanças do ciclo hidrológico urbano. De acordo com Galvão (2008), modificações na cobertura do solo durante a urbanização produzem mudanças no tipo ou na magnitude dos processos de escoamento, sendo que o aumento do escoamento em tempestades leva a dificuldades no controle de drenagem, na manutenção dos canais, na recarga de águas subterrâneas e na qualidade da água dos córregos.

Para Mendes (2014, p. 4):

O acelerado processo de urbanização das cidades brasileiras, associado à falta de estrutura adequada nas áreas de expansão do perímetro urbano (novos loteamentos e conjuntos habitacionais), junto com áreas suscetíveis à instabilidade, configura uma situação a favor da evolução de processos erosivos. As consequências das ocupações em áreas instáveis criam graves problemas ambientais, ligados a perdas econômicas, que oneram o poder público e a sociedade.

No ambiente urbano a erosão pode ser desastrosa: deslizamentos de terra nas encostas dos morros resultam em milhares de vítimas e desabrigados, provocam o assoreamento dos rios e, além de gerar prejuízos, transmitem doenças contagiosas (BRITO, 2012).

Frequentemente as erosões urbanas são localizadas nas zonas periféricas, locais de intensa degradação ambiental e pouca engenharia urbana, onde se manifestam nas formas de sulcos ou ravinas. Nas cabeceiras de drenagens, encostas e anfiteatros, onde há o lançamento das águas pluviais pelas galerias mal dimensionadas e alguns casos sem obras de dispersão de energia, as erosões se apresentam nas formas de voçorocas.

Entre as principais causas do início das erosões, podemos citar loteamentos populares e conjuntos habitacionais que não contam com sistemas de drenagens pluviais, sistemas de drenagens ineficientes, sistemas viários com implantação inadequada, ruas perpendiculares às curvas de níveis, ausência de bocas de lobo e bueiros, expansão urbana descontrolada com aprovação de loteamentos e ausência de fiscalização do poder público sobre os novos empreendimentos (OLIVEIRA e MONTICELI, 2018; TUCCI, PORTO e BARROS, 1995).

Segundo Camapum de Carvalho, Sales e Souza (2006), o agravamento dos problemas erosivos está diretamente relacionado ao crescimento vertiginoso da população urbana, em um processo de rápida urbanização, sem planejamento ou com projetos e práticas de parcelamento do solo inadequados e ineficientes. Oliveira e Brito (1998, p. 277) citam que:

É de conhecimento geral que algumas obras de combate às erosões são ineficientes, por vezes destruídas em um curto período de tempo, por diversos fatores como subdimensionamento das estruturas hidráulicas, não consideração das águas subterrâneas, ausência de estruturas de drenagens urbanas adequadas, como dissipadores de energia no lançamento final, manutenção e conservação das obras instaladas.

De acordo com Wang *et al.* (2020), o controle da erosão é influenciado por fatores naturais e antrópicos, sendo que, em comparação aos fatores naturais, os fatores antrópicos são mais fáceis de serem controlados em curto prazo de tempo. A pobreza é uma das principais fontes de erosão devido ao uso excessivo de recursos naturais e à incapacidade de implementar medidas de conservação do solo. O desenvolvimento social e econômico pode encorajar os gestores públicos a aumentar o investimento no controle da erosão do solo.

O avanço das erosões em áreas urbanas ameaça diretamente a infraestrutura urbana instalada, com prejuízo em galerias pluviais, redes elétricas, praças, lagoas de tratamentos de efluentes, linhas de esgotos, vias asfálticas, entre outras construções de cunho civil, e indiretamente com desvio de tráfego nas ruas afetadas, redução patrimonial pela desvalorização imobiliária, redução ou paralisação de novos investimentos, constante preocupação da população residente ao redor das erosões e fator limitante da expansão urbana devido ao seu alto custo de correção. Além de serem vetores de doenças, a maioria das cidades usam as erosões como depósitos de entulhos, restos de construções civis e resíduos variados, o que resulta em um local de alto impacto ambiental (TOMINAGA, SANTORO e AMARAL, 2012; OLIVEIRA e MONTICELI, 2018; TUCCI, PORTO e BARROS, 1995; FENDRICH *et al.*, 1997).

De acordo com Jesus e Carvalho (2017, p. 14-15), é perceptível que:

Os danos ao meio ambiente oriundos dos processos erosivos lineares afetam a qualidade de vida e geram riscos para a saúde e para a própria vida, fazendo necessária a atuação preventiva e, em certos casos, mitigadora desses problemas por parte do poder público e é de fundamental importância que os vários profissionais que trabalham com a questão dos processos erosivos enxerguem a erosão de forma mais ampla e integradora, de modo a alcançar a cidadania e a dignidade dos moradores que convivem com esses processos.

De acordo com Tucci, Porto e Barros (1995), com a instalação das erosões em áreas urbanas, o aumento do carreamento de sedimentos para a bacia hidrográfica provoca o assoreamento dos canais com a redução da capacidade de escoamento de rios e córregos, incidindo no aumento e na frequência das áreas de inundações e enchentes, atingindo populações que vivem à beira desses locais.

De acordo com Mendes (2014), os processos erosivos no entorno do Condomínio Privê, no Distrito Federal, são o resultado histórico de uso e ocupação, que, desde seu início, com o desmatamento para a delimitação do perímetro do condomínio, a pavimentação de ruas e avenidas (gerando aumento de escoamento superficial) e uso de áreas próximas para extração de areias, gerou o quadro de degradação com uma grande voçoroca na margem do Ribeirão das Pedras, afluente da Barragem do Santo Antônio do Descoberto.

A sub-bacia do córrego Olho d'Água, em Goiânia, na última década passou por um intenso processo de urbanização em sua cabeceira e margem direita, devido à implantação de novos loteamentos, impulsionando a ocupação e retirada das faixas de vegetação nas áreas de proteção permanente (ROCHA *et al.*, 2018, p. 68). Analisando tecnicamente, ficou evidente que a carga de água proveniente das vias asfaltadas dos setores circundantes passou a ser direcionada para a calha do córrego, onde foram instalados sistemas de contenção de velocidade insuficientes ou mal dimensionados, o que levou ao surgimento e/ou intensificação dos processos erosivos (ROCHA *et al.*, 2018, p. 74). De acordo com os autores, foram encontrados resíduos sólidos dispostos de forma inadequada ao longo do córrego, o que contribuiu para a alteração de sua dinâmica hidráulica, aumentando o assoreamento.

4.4 TRABALHOS ANTERIORES

Há diversos trabalhos que se referem aos processos erosivos em Aparecida de Goiânia ao longo dos anos, podendo ser citados Ferreira de Oliveira (2005), Aguiar (2009), Rocha *et al.* (2018), Barbosa, Oliveira e Oliveira (2011) e Silva *et al.* (2019).

Ferreira de Oliveira (2005) afirma em seu trabalho que, em Aparecida de Goiânia, pode-se observar que as principais causas de possíveis desencadeamentos e evoluções dos processos erosivos são que a maioria dos loteamentos não possuem sistemas de drenagens pluviais ou possuem sistemas ineficientes, além de os sistemas viários terem implantação inadequada, com ruas perpendiculares às curvas de níveis, ausência de pavimentação, guias, sarjetas, bocas de lobo e bueiros. Esse município vivenciou uma rápida expansão urbana, de forma descontrolada, envolvendo a implantação de loteamentos em topos de morros, em locais como a Serra das Areias (FERREIRA DE OLIVEIRA, 2005, p. 10). Os processos erosivos instalados na sub-bacia do Córrego Santo Antônio tiveram como sua principal causa de aceleração o uso e a ocupação desordenada do solo, principalmente nas áreas impróprias para a ocupação. O município de Aparecida de Goiânia ainda carece de trabalhos efetivos de controle dos processos erosivos devido principalmente à falta de planejamento do uso do solo

urbano elaborado com base em estudos técnicos detalhados que possam subsidiar as obras de contenção que se fazem necessárias (FERREIRA DE OLIVEIRA, 2005, p. 194).

O autor supracitado contabilizou 60 feições erosivas na sub-bacia estudada, que possui uma área aproximada de 53,90% do município, abrangendo praticamente toda a área urbana, sendo essas erosões lineares classificadas como voçorocas, tanto em vertentes quanto associadas às cabeceiras de drenagens. O autor concluiu que todas essas erosões pertenciam ao mesmo substrato geológico, de micaxisto.

No quesito da morfologia, segundo estudos do Projeto do Zoneamento Ecológico-Econômico da Área do Aglomerado Urbano de Goiânia (1994) e observação de campo, apresentava 43 (quarenta e três) erosões situadas em fundo de vale, sendo 10 (dez) voçorocas e 33 (trinta e três) ravinas, indicando o predomínio deste tipo para esse local. Com relação ao tipo de solo, o autor identificou 53 erosões cadastradas sobre latossolos vermelho-escuros distróficos, 3 sobre gleissolos distróficos, 3 erosões sobre cambissolos distróficos e uma erosão cadastrada sobre neossolos litólicos distróficos.

Aguiar (2009) identificou 30 focos erosivos, entre sulcos, ravinas e voçorocas na sub-bacia do Córrego Granada, onde a maioria dos sulcos e ravinas estavam localizados em áreas com infraestrutura de drenagens pluviais ausentes. O autor observou que, em locais de empreendimentos industriais existentes na bacia, havia obras de engenharia no sentido de inibir a deflagração dos processos erosivos, ao contrário dos locais públicos, onde foram apontados os locais com maior frequência dos processos erosivos.

O estudo feito por Costa Filho (2016) identificou uma grande erosão na cabeceira da nascente do córrego Pipa, pertencente à bacia do Santo Antônio, onde havia o depósito de várias camadas de resíduos de construção civil. A degradação do local teve início concomitante à ocupação dos setores vizinhos à nascente, visto que nesses setores não houve construções de galerias pluviais suficientes para receber as águas das áreas impermeabilizadas.

Fernandes *et al.* (2017), em seu trabalho, cadastraram 65 processos erosivos de diversas escalas, identificando 3 tipos de processos erosivos, sendo o primeiro com a formação de sulcos, ravinas e voçorocas, o segundo sendo erosões por solapamento, com a formação de anfiteatros, alargamento do leito das drenagens envolvidas e, como consequência, o assoreamento dos canais, e o terceiro misto, onde ocorre a interação de ravinas e voçorocas com o solapamento das margens.

Para os mesmos autores:

O subdimensionamento dos bueiros é uma das principais causas dos processos erosivos mapeados, já a ocorrência de solapamentos é muito comum, sendo a causa principal o avanço das intervenções humanas em áreas indevidas, como fundos de vales e encostas, acompanhado pelo desmatamento da mata ciliar, que aliado com o aumento dos escoamentos superficiais provocaram uma sobrecarga no leito das drenagens, aumentando o fluxo de sedimentos e o redirecionamento do fluxo de água para as margens desprotegidas. (FERNANDES *et al.*, 2017, p. 50).

4.5 TÉCNICAS DE CONTROLE E RECUPERAÇÃO DE EROSÕES EM ÁREAS URBANAS

A aplicação de medidas eficientes para o controle de erosões urbanas é dependente não só do entendimento correto dos processos relacionados como também da dinâmica do funcionamento hídrico do terreno. De acordo com Guerra e Botelho (2014), os processos erosivos devem ser estudados com a utilização de diferentes abordagens, tanto as que buscam a quantificação das perdas de solo por erosão quanto as que buscam a avaliação qualitativa do comportamento erosivo do solo do terreno. Por outro lado, os processos erosivos laminares e lineares, por tratarem de processos com mecanismos e condicionantes diversos, devem ser tratados de forma distinta.

De acordo com Oliveira e Brito (1998), as medidas de prevenção dos problemas erosivos em áreas urbanas críticas passam pela necessidade de desenvolvimento de soluções normativas, em relação à legislação do parcelamento do solo urbano e ao código de obras, conforme as características do meio físico encontrado.

Tucci, Porto e Barros (1995) afirmam que os métodos de controle de erosões podem ser preventivos, que envolvem um trabalho de reconhecimento das características físicas da ocupação, uso e direção das formas de ocupação, ou corretivos, que envolvem a análise da situação atual da erosão e a concepção do projeto para solução do problema.

Camapum de Carvalho, Sales e Souza (2006, p. 428) afirmam que:

As formas de controles de uma erosão podem ser divididas em medidas preventivas e medidas corretivas. Medidas preventivas visam evitar que o agente causador da erosão se instale e inicie o processo erosivo. Medidas como preservação da vegetação e controle de águas pluviais são consideradas como medidas preventivas. Já as medidas corretivas são consideradas o conjunto de ações que são executadas após uma erosão já estar instalada. Essas medidas visam remediar os danos causados pela erosão, ou tentar cessar sua evolução, podendo assim ser divididas em medidas de estabilização e medidas de recuperação.

Como formas de medida do controle e recuperação de erosões urbanas podemos citar cadastramento das erosões, revegetação, obras civis de macrodrenagem e microdrenagem,

obras de retaludamento, entre outras (OLIVEIRA e MONTICELI, 2018; TOMINAGA, SANTORO e AMARAL, 2012).

4.5.1 Cadastramento das erosões

Primeira etapa para o estabelecimento de um plano orientativo, o cadastramento das erosões tem o objetivo de estabelecer o nível de criticidade das erosões, possibilitando a determinação daquelas que são prioritárias para a correção. Martins *et al.* (2006 *apud* BRITO, 2012) apontam que os cadastros dos processos erosivos proporcionam avanços no conhecimento dessas feições e suas relações, já que um dos objetivos dos cadastros também é destacar a dinâmica do processo erosivo.

Segundo Oliveira e Monticeli (2018), a área de entorno da erosão merece bastante atenção no momento do cadastramento, a montante é correspondente à área de contribuição principal das águas pluviais, as áreas laterais podem contribuir para o processo erosivo e a área a jusante apresenta as informações relativas ao transporte e à deposição das terras erodidas.

Na Figura 3 podemos ver um exemplo da ficha de cadastro de erosões utilizada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), apresentada por Fernandes *et al.* (2017).

Figura 3 - Ficha de cadastro de erosões

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES **CPRM**
Serviço Geológico do Brasil

DADOS DE LOCALIZAÇÃO

ID Data do Cadastro UF

Município Localidade

Numero do Setor de Risco Nome do Setor de Risco

Localização das Coordenadas GPS em Relação a Erosão

Montante Meio Jusante

UTM Sul UTM Oeste Altitude ZONA/FUSO UTM

DADOS DA FEIÇÃO EROSIVA

Tipologia da Erosão

Vooçoroca Ravina Sulco Fingerprint Erosão Marginal Reativação de cabeceira de drenagem Não determinada

Tipo de Talude

Natural Corte Aterro

Origem da Erosão

Antrópica Natural Indeterminada

Condição atual da Erosão

Ativa Inativa Não determinada

Sentido Longitudinal da Erosão

N-S E-W NE-SW NW-SE

Morfologia da Encosta/Talude

Côncava Convexa Retilínea Não determinada

Cobertura Vegetal

Rasteira Média/grande porte Não há cobertura

Granulometria do Material

Bloco	Areia	Areia-Siltoso	Areia-Argiloso	Silt-Arenoso	Silt-Argiloso	Silt	Argilo-arenoso
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Material Erodido

Solo transportado Solo residual Saprolita Rocha Não identificado

Uso e ocupação do Solo

Agricultura Pastagens Mata Nativa Silvicultura Área Edificada Solo Exposto

Presença de Resíduos

Sim Não

Presença de surgência

Sim Não

Área Profundidade

Observações do uso do solo

Observações da feição erosiva

Relação das fotos

Equipe executora

Outro

Equipe executora

Outro

Equipe executora

Outro

Fonte: Fernandes *et al.* (2017).

4.5.2 Revegetação

A cobertura vegetal é a principal defesa natural de um terreno contra a erosão, e seus principais efeitos são proteção contra o impacto direto das gotas das chuvas, dispersão e quebra da energia das águas de escoamento superficial, aumento da infiltração pela produção de poros no solo pela ação das raízes, aumento da retenção de água no solo pelo efeito da produção e incorporação de matéria orgânica e aumento da taxa de evapotranspiração (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1985; GUERRA e BOTELHO, 2014; ROTTA, 2012).

De acordo com Bandeira (2003), a vegetação interfere no aspecto mecânico e hidrológico, cabendo ressaltar que as malhas das raízes reforçam o solo, atuando como um agente estabilizador. Para a estabilização dos taludes das erosões, Tucci, Porto e Barros (1995) recomendam a utilização de plantios de gramíneas, ou intercalada com espécies de crescimentos rápido e lento.

4.5.3 Obras civis de drenagens

Sendo as mais complexas e também as mais onerosas, as obras civis de drenagens envolvem diversas esferas da engenharia, como hidráulica, civil, além da geologia e ambiental.

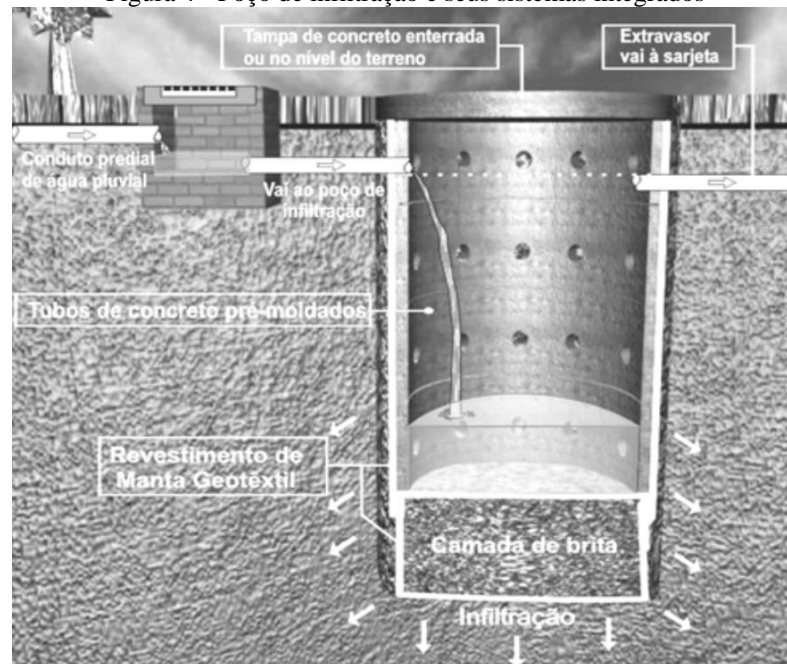
Para a correta realização do projeto e da obra dessas estruturas, de acordo com Oliveira e Monticeli (2018), alguns parâmetros devem ser considerados, como obtenção dos dados hidrológicos da bacia hidrográfica de contribuição para o dimensionamento das estruturas, levantamento topográfico em detalhe da área erodida e seus arredores, caracterização geotécnica de parâmetros, medidas de vazão do volume de águas subsuperficiais provenientes de surgências e elaboração do projeto básico de drenagem e de estabilidade de taludes. De acordo com Tucci, Porto e Barros (1995), as obras de drenagem podem ser divididas na microbacia e na macrobacia.

Camapum de Carvalho, Sales e Souza (2006, p. 439) definem que as obras na microdrenagem são:

Os conjuntos de obras de pequeno porte que conduzem ou recebem um volume ainda pequeno de águas pluviais, realizados na microbacia. Na microbacia podemos citar obras de asfaltamento e de sarjetas, bocas-de-lobo, e tubulações adequadas ao volume de água. Em casos onde a inclinação é alta, aumentando a velocidade das águas, recomenda-se o uso de poços de queda, galerias, canais abertos ou emissários e dissipadores de energia nas saídas de canalizações para evitar a formação de novas erosões. Sistemas de infiltração também podem ser aplicados na microdrenagem, uma vez que a infiltração de água no solo tem como objetivo manter o balanço hídrico da área, que pode ser solucionado mantendo a preservação de áreas verdes do local.

A Figura 4 ilustra esquematicamente um poço de infiltração e seu sistema.

Figura 4 - Poço de infiltração e seus sistemas integrados



Fonte: Reis, Oliveira e Sales (2008).

Já na macrobacia, as obras necessárias são obras do emissário, dissipadores de energia, que incluem bacias de mergulho (instrumentos que, ao contrário dos dissipadores de energia, não utilizam paramentos de choque para a diminuição da velocidade da água) e dissipadores de ressalto hidráulico, espigões, barragens de assoreamentos e bacia de acumulação (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995).

Segundo Tucci, Porto e Barros (1995), é importante salientar que, em casos de declividade natural do terreno, o volume de água pode iniciar um processo erosivo a jusante do lançamento, com rápida evolução para a montante, destruindo as obras do emissário.

De acordo com Camapum de Carvalho, Sales e Souza (2006, p. 441):

As obras de controle de erosão na macrodrenagem terão sucesso se forem perfeitamente dimensionadas. Obras subdimensionadas podem resultar no transbordamento frequente, o que pode acarretar em novos focos erosivos. Toda a obra da macrodrenagem deve se preocupar com sua extremidade final, devido ao grande volume de água no lançamento.

A Figura 5 apresenta exemplos de aplicação dessas estruturas, apresentados por Fernandes e Pinho (2019a e 2019b).

Figura 5 - Obras de drenagem com aplicação na prevenção e controle de erosão: (A) exemplo de estruturas de microdrenagem; (B) exemplo de macrodrenagem



Fonte: (A) Fernandes e Pinho (2019a), (B) Fernandes e Pinho (2019b).

4.5.4 Obras de estabilização

As obras de retaludamento, como qualquer outra obra de contenção de encosta, envolvem a estabilização da inclinação do talude, assim como técnicas de revegetação, aterramento, gabião e muro de arrimo. O retaludamento dos barrancos das erosões tem como finalidade tornar menores os declives, o que facilita o enraizamento das vegetações ali implantadas, e também reduzir a suscetibilidade de queda de materiais (VERDUM; VIEIRA; CANAPPELE, 2016).

De acordo com Tucci, Porto e Barros (1995), ainda existem tecnologias mais recentes, como cortinas atirantadas, paredes de diafragma e jateamento de concreto, para a estabilidade dos taludes. Todas essas ações necessitam da drenagem das águas do talude associadamente, sendo necessária a instalação de drenos.

O emprego de drenos é uma das ações mais importantes nas obras de recuperação de erosões (CAMAPUM DE CARVALHO; SALES; SOUZA, 2006). Os drenos são responsáveis pelo controle do afloramento do lençol freático, para que não continue provocando o carreamento de partículas na erosão (Figura 6).

Figura 6 - Obras de estabilização com aplicação na prevenção e controle de erosão



Fonte: Fernandes e Pinho (2019a ou b).

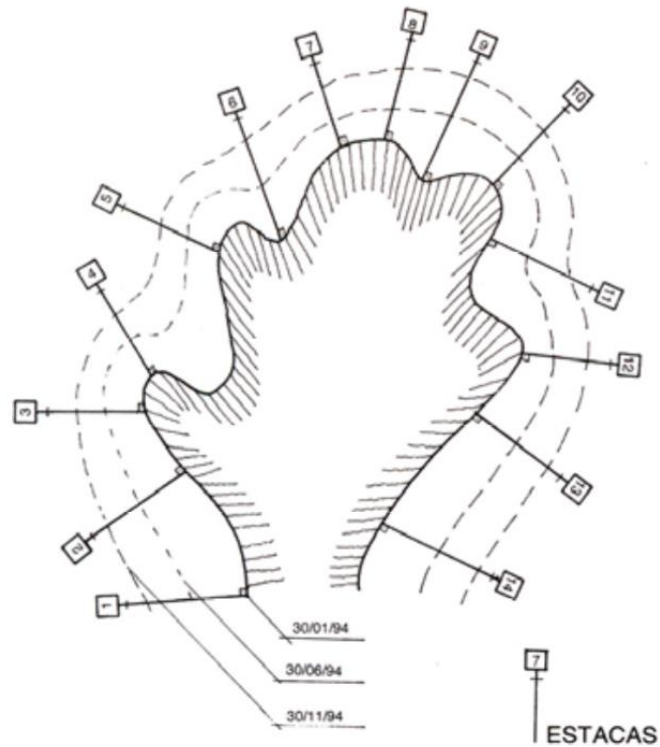
4.6 MONITORAMENTO POR ESTACAS

De acordo com Machado da Silva (2021), os monitoramentos de processos erosivos consistem em mensurações sistemáticas, em que é necessária a coleta de dados, em períodos preestabelecidos, ou não, de acordo com o estudo a ser realizado no processo erosivo.

Para Toy, Foster e Renard (2002), o monitoramento é utilizado para analisar como ocorre a evolução dos processos erosivos, permitindo, assim, posteriormente o controle e a recuperação deles. Tanto Toy, Foster e Renard (2002) como Guerra e Cunha (2015) dizem que a escolha do monitoramento deve ser aliada ao tipo do processo erosivo ocorrido no local, das escalas temporal e espacial de medição, da finalidade dos dados coletados e da disponibilidade de acompanhamento, dispondo de tempo, pessoal e recursos financeiros.

Para Guerra e Cunha (2015), estaqueamento é um método de monitoramento dos processos erosivos que consiste na colocação de estacas no solo, ao redor da erosão, com distâncias medidas inicialmente e verificadas em períodos preestabelecidos, ou após eventos chuvosos, medindo as distâncias entre as estacas e as bordas do rebordo erosivo (Figura 7).

Figura 7 - Figura ilustrativa do método de estaqueamento para monitoramento de erosões



Fonte: adaptada de Guerra (2005).

Os pinos de erosão são uma outra técnica barata e simples de se monitorar o processo erosivo, relacionado, nesse caso, ao escoamento superficial difuso, que provoca erosão em lençol (*sheet erosion*) (GUERRA, 2005).

5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo total compreende o município de Aparecida de Goiânia, que se insere na região metropolitana de Goiânia, estado de Goiás. Entretanto, dentro da área de estudo, foi selecionada uma sub-bacia hidrográfica, a sub-bacia do córrego Almeida, de aproximadamente 25 km², na qual foram realizados estudos mais detalhados, conforme apresenta a Figura 8. A delimitação da bacia de estudo foi realizada conforme a divisa do município e os córregos abrangentes da microbacia.

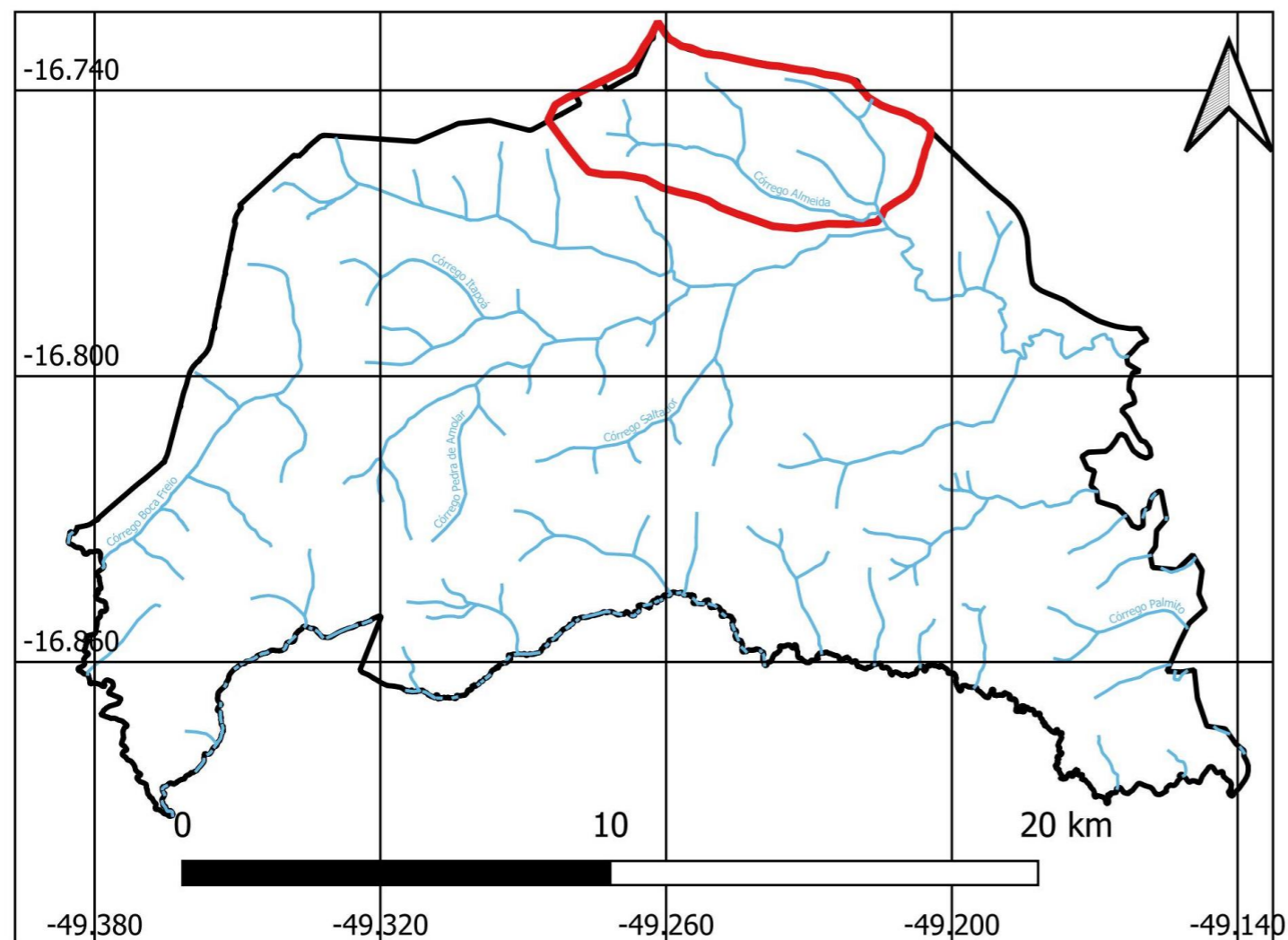
O município é banhado principalmente pelos rios Meia Ponte e Dourada, sendo seus principais córregos afluentes o Santo Antônio, Pipa, São Nicolau, Santa Rita, Saco Feio e da Mata (IBGE, 2022). Segundo Rodrigues (2005, p. 34):

A maior parte da rede hidrográfica do município de Aparecida de Goiânia apresenta um sentido de drenagem de oeste para leste, representado pelos córregos Santo Antônio e Lajes, sendo que parte da porção oeste é drenada para leste, através dos córregos da Mata e Rodeio, afluentes do Rio Dourados, sendo o Rio Meia Ponte o exutório de todo fluxo superficial. O controle estrutural é evidente na maior parte das drenagens, com exceção do baixo curso dos córregos Santo Antônio, das Lages e do Rio Meia Ponte. O padrão retilíneo não paralelo das drenagens é gerado em virtude da grande variação de direções das falhas e fraturas, enquanto os sistemas não retilíneos são marcados pelo padrão meandrante em zonas de baixa energia.

Segundo Ferreira de Oliveira (2005), o clima de Aparecida de Goiânia, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical úmido, com duas estações muito bem definidas: de março a setembro seco; de setembro até março quente com chuvas torrenciais. A temperatura média anual está próxima dos 21 °C, sendo que, no decorrer da primavera, essa média alcança os 26 °C. Em relação ao regime de chuvas, foi registrado que as médias mensais giram a aproximadamente 260 mm durante os meses de verão e no inverno 8 mm.

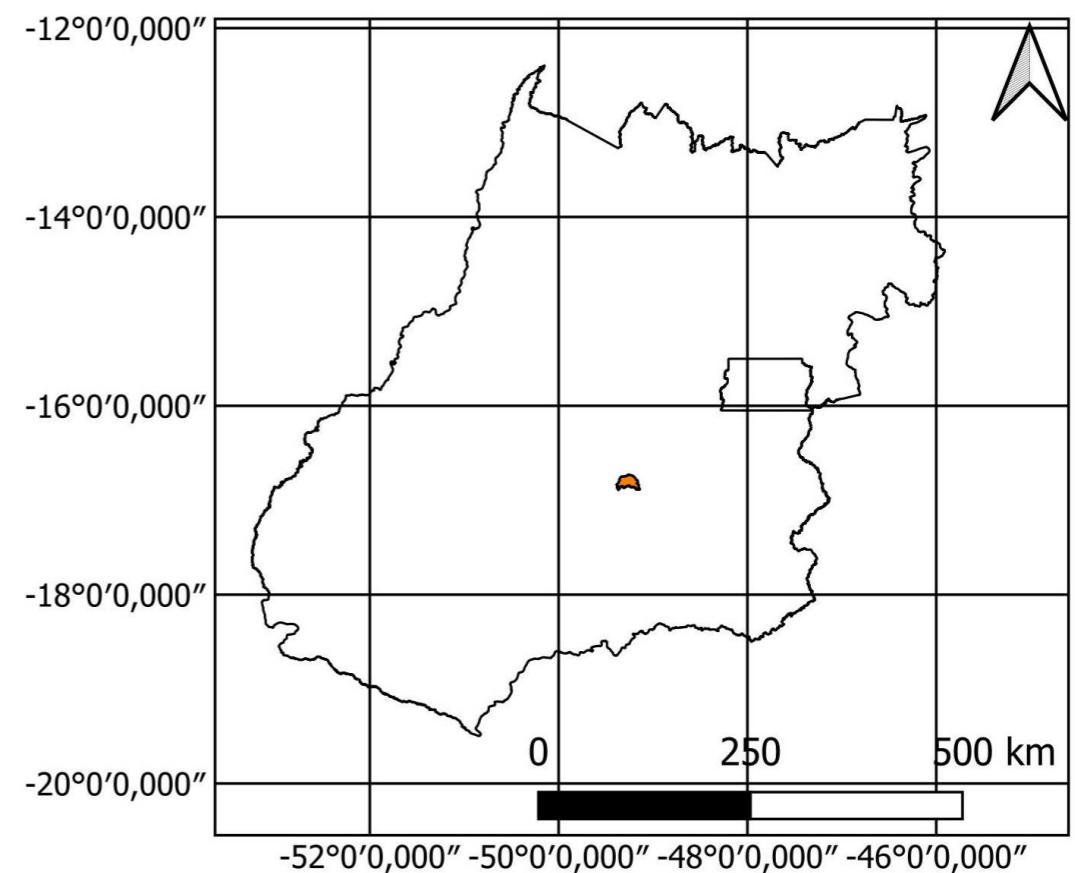
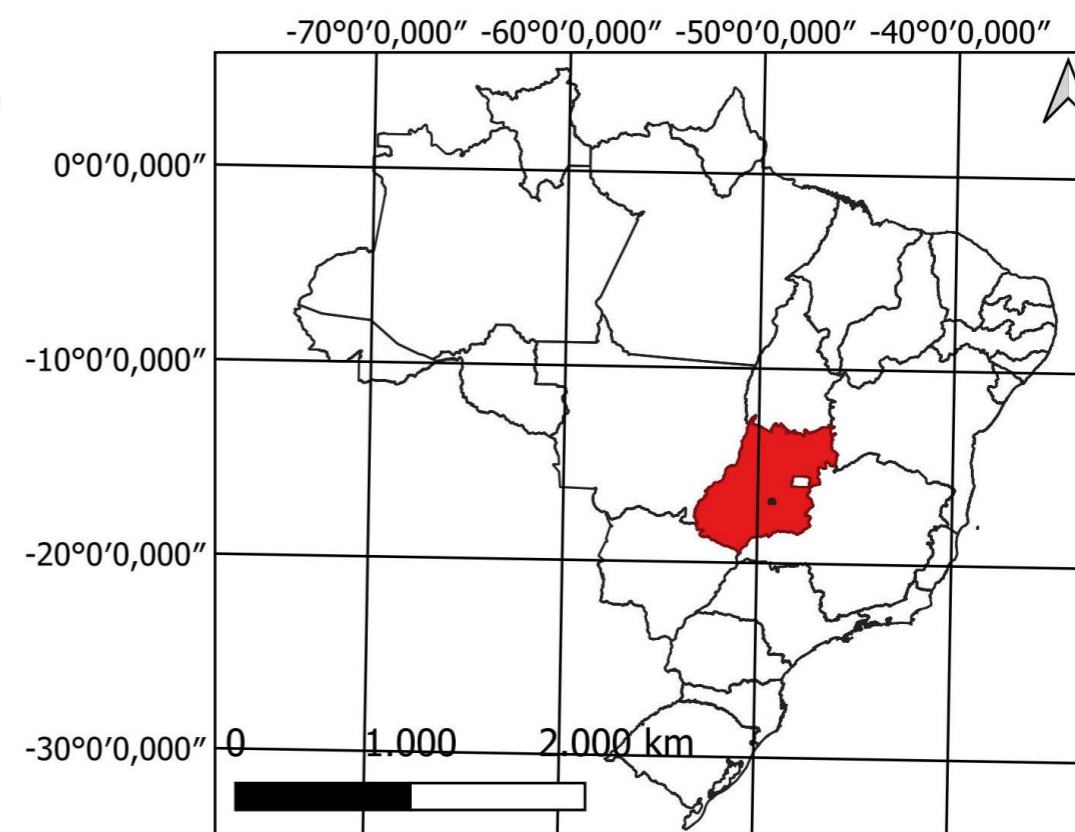
Figura 8 - Localização da área de estudo

Mapa de localização da bacia do estudo.



Legenda

- Brasil
- Goiás
- Aparecida de Goiânia
- Área de estudo - Aparecida de Goiânia
- Bacia de estudo em Detalhe
- Drenagens do município

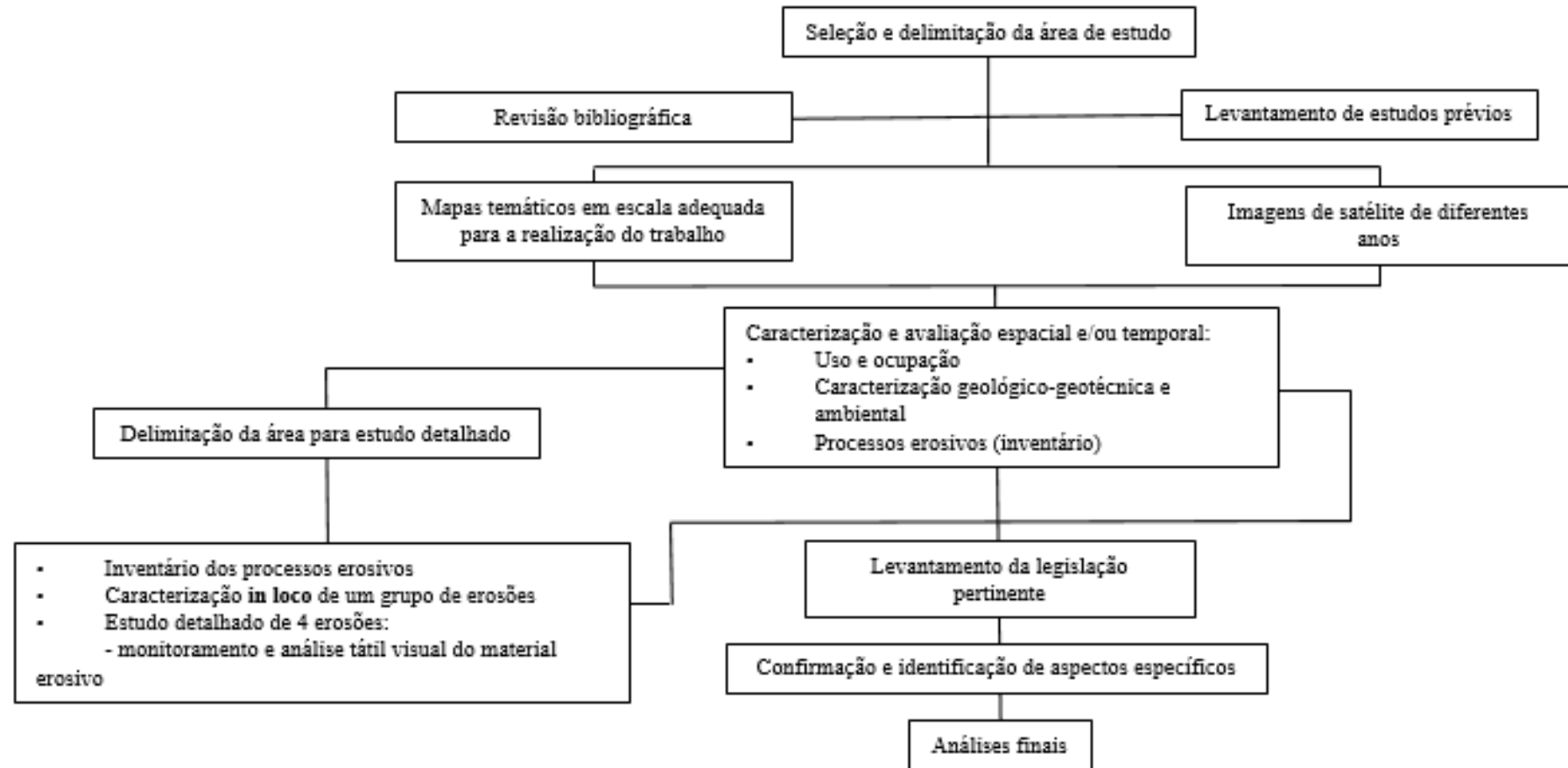


Fonte: elaborada pelo autor.

6 METODOLOGIA

O desenvolvimento do estudo envolveu uma sequência de etapas que abrangeram tanto atividades de escritório quanto atividades de campo, que serviram de base para o resultado final. As etapas foram também diferenciadas em relação à área de estudo, havendo aquelas que abordaram a totalidade do município, enquanto outras foram realizadas apenas para a área de estudo detalhado. As etapas estão sumarizadas na Figura 9.

Figura 9 - Fluxograma de trabalho



Fonte: elaborada pelo autor.

6.1 ETAPAS RELACIONADAS À ÁREA TOTAL DE ESTUDO

Esse estudo teve início com a seleção e delimitação da área, que compreendeu o município de Aparecida de Goiânia (GO), considerando-se a delimitação do IBGE, em escala 1:250.000. A partir dessa definição, foram realizados os levantamentos bibliográficos pertinentes ao tema estudado, como também o levantamento de dados e estudos prévios sobre a área de estudo, tais como os de Ferreira de Oliveira (2005), Aguiar (2009), Costa Filho (2016) e Fernandes *et al.* (2017), que tratam de processos erosivos na cidade de Aparecida de Goiânia.

A partir dos materiais supracitados, foram desenvolvidas as próximas etapas de escritório, que tiveram como objetivo principal caracterizar o município de Aparecida de Goiânia quanto a aspectos específicos, tanto espacialmente quanto temporalmente.

Para a caracterização do uso e da ocupação, usou-se como base os mapas de MapBiomas, além de fotointerpretação das imagens históricas de satélite disponíveis. A metodologia de classificação do MapBiomas é um sistema hierárquico com combinação de classes de cobertura e uso da terra. No nível 1, existem seis classes: floresta; formação não florestal; agropecuária; área não vegetada; água; e não observada. No nível 2, há 16 classes que também possuem uma combinação de classes. A classe floresta nível 1 é dividida em quatro subclasses: formação florestal; formação cerrado; mangue; e vegetação arborizada de restinga.

A formação natural não florestal é dividida em zona húmida, formação de pastagem, salar, afloramento rochoso, outras formações não florestais, e a nova classe vegetação herbácea de restinga; cultivo em pastagens, agricultura, plantio florestal e mosaico de usos; a área sem vegetação é dividida em praia, duna e mancha de areia, área urbana, mineração e outras áreas sem vegetação; água engloba rio, lago e oceano, e aquicultura. As classes de agricultura descem para os níveis 3 e 4. Agricultura foi subdividida em culturas temporárias e culturas perenes. A classe de colheita temporária é dividida em soja, cana-de-açúcar, arroz, algodão e outras culturas temporárias. Já a cultura perene é detalhada nas classes café, citrinos e outros culturas perenes. Para o trabalho, o nível de classificação das classes alcançou apenas o nível 1.

Para o mapa da área urbanizada, utilizou-se imagens históricas de satélite, dos anos de 1985, 2000, 2011 e 2023, disponíveis através do software Google Earth, e através de fotointerpretação foi realizado o mapeamento das áreas que possuíam urbanização instalada

no ano específico analisado. O processo de fotointerpretação foi realizado com o auxílio do programa QGIS, versão 3.28.6.

A caracterização geológico-geotécnica e ambiental, por sua vez, teve como base diferentes mapas, conforme apresenta a Tabela 1, assim como informações provenientes de bancos de dados, estudos prévios, e mesmo das atividades de fotointerpretação. O objetivo dessa etapa era caracterizar os aspectos condicionantes dos processos erosivos presentes na área de estudo.

Tabela 1 - Mapas e cartas prévias utilizados para caracterização geológico-geotécnica da área de estudo

Mapa ou Carta	Autor	Escala
Geológico	Ferreira de Oliveira (2005)	1:100.000
Pedológico	Ferreira de Oliveira (2005)	1:100.000
Declividade	Fernandes, Pinho e Castro (2021)	Gerada a partir do MDE Alos Palsar de 12,5 m de resolução
Geomorfológico	Fernandes, Pinho e Castro (2021)	1:45:000
Suscetibilidade à erosão	Aparecida de Goiânia (2021)	1:100.000

Fonte: elaborada pelo autor.

As feições erosivas existentes também foram avaliadas de forma detalhada. A partir dos inventários das feições erosivas elaborados por Ferreira de Oliveira (2005) e Fernandes *et al.* (2017) para os anos de 2005 e 2017, respectivamente, de dados prévios, utilizando-se o cadastro dos focos erosivos levantados pelos autores citados, e da fotointerpretação, foi realizado um levantamento da dinâmica erosiva de Aparecida de Goiânia, por meio da distribuição espacial e temporal das feições erosivas de grande porte, confrontadas com imagens históricas de satélites. Com base nesses dados, elaborou-se um novo inventário das feições erosivas para o ano de 2023.

De modo a avaliar a influência da mancha urbana no desenvolvimento dos processos erosivos, comparou-se o inventário do ano de 2005 com a mancha urbana do ano de 2000; o inventário de 2017, com a mancha urbana de 2011; e o inventário de 2023, com a mancha urbana de 2023.

6.2 ETAPAS RELACIONADAS À ÁREA DE ESTUDO DETALHADO

A partir dos resultados obtidos para a área de estudo total, foi selecionada uma sub-bacia hidrográfica, na qual seriam realizados estudos mais detalhados dos processos erosivos, envolvendo etapas de campo. Essa área foi escolhida devido ao seu histórico de processos

erosivos de grande porte, posicionados marginalmente ao canal de drenagem, e às diversas tentativas de controle e recuperação deles, a fim de que os estudos detalhados possam ser replicados para todo o município.

Inicialmente, a sub-bacia hidrográfica foi delimitada com base no mapa topográfico 1:100.000, considerando a delimitação do IBGE para a divisa municipal e a bacia e seus divisores topográficos. As diferentes atividades realizadas na sub-bacia foram a elaboração de um inventário dos processos erosivos, a caracterização *in situ* de um grupo de erosões e o estudo detalhado de 4 focos erosivos representativos a toda sub-bacia. O estudo detalhado envolveu o monitoramento do avanço erosivo no local e a análise tátil-visual dos materiais geológicos.

O inventário das feições erosivas foi elaborado a partir de cadastros mais antigos, realizados por Ferreira de Oliveira (2005), Fernandes *et al.* (2017) e pela Defesa Civil de Aparecida de Goiânia, datados dos anos de 2005, 2017 e 2021, respectivamente, e de resultados de fotointerpretação de imagens de satélite, para o ano de 2023.

Em continuidade, em campo foram visitados os pontos erosivos que permitiam acesso, com o objetivo de confirmar resultados obtidos pela fotointerpretação. Nessa etapa, foi utilizada uma ficha de cadastro de erosão adaptada dos trabalhos de Fernandes *et al.* (2017) e Oliveira e Monticeli (2018), com o objetivo de tornar o levantamento de informações em campo mais objetivo e eficiente, incluindo a realização de registro fotográfico (Apêndice 1).

Para o monitoramento das erosões selecionadas, adaptou-se a metodologia de Silva, Souza e Zani (2007), Guerra e Botelho (2014), entre outros, que dispõem sobre como o estaqueamento deve ser realizado para melhor compreensão do avanço erosivo. Para o estudo em questão, nas erosões selecionadas, estabeleceu-se que as estacas seriam inseridas nos pontos que apresentassem maior potencial de crescimentos das erosões, uma vez que não era viável instalar estacas em todo o seu contorno.

As estacas foram posicionadas a uma distância plausível para a medição, e, durante as etapas de medições, caso necessário, novas estacas seriam alocadas em pontos específicos para avaliação do crescimento do foco erosivo. As etapas de medições foram realizadas em períodos distintos, que atendessem ao escopo do trabalho. Para tal, decidiu-se por realizar as medições no fim e no início dos períodos chuvosos, nos meses de abril e setembro de 2022, e janeiro/fevereiro de 2023. Durante toda a fase de monitoramento, foi realizado também o registro fotográfico dos focos erosivos e locais adjacentes para o entendimento da dinâmica erosiva.

A identificação e a caracterização dos materiais geológicos ocorreram a partir das paredes das erosões, uma vez que nessas camadas mais profundas encontravam-se expostas. Nessa etapa, adotou-se a realização de análises tátil-visuais dos materiais geológicos, conforme os preceitos da geotecnia, diferenciando-os quanto ao grau de alteração e granulometria. Para tal classificação, o autor se baseou no trabalho de Vaz (1996).

6.3 ETAPA RELACIONADA A ASPECTOS LEGAIS

Uma vez que a ocupação urbana deve ser desenvolvida de forma adequada, respeitando-se os aspectos ambientais, além dos sociais e econômicos, é importante conhecer normas e aspectos legais que regularizem o seu desenvolvimento. Sendo assim, realizou-se um levantamento das legislações federais, estaduais e municipais acerca da ocupação em áreas marginais, preservação ambiental e uso do solo. O Plano Diretor do município de Aparecida de Goiânia, datado de 2016, também foi consultado, assim como outras normativas julgadas pertinentes.

6.4 ANÁLISES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, foi possível compreender melhor a dinâmica dos processos erosivos na área de estudo, suas causas, desenvolvimento e consequências.

7 APRESENTAÇÃO E ANÁLISES DOS RESULTADOS

7.1 ÁREA DE ESTUDO TOTAL: MUNICÍPIO DE APARECIDA DE GOIÂNIA (GO)

7.1.1 Uso e ocupação

O município de Aparecida de Goiânia foi emancipado em 14 de novembro de 1963, após ter sido distrito de Goialândia, este criado em 1958. Após esses eventos, houve uma explosão demográfica, devido à construção da nova capital do estado, Goiânia, em 1932, a construção da capital federal, Brasília, em 1956, e a política de desenvolvimento do Centro-Oeste, denominada de Marcha para o Oeste, que se iniciou em 1930 (LUCIANO; RIBEIRO; PELÁ, 2014). Segundo Safadi (2017), em 1990, Aparecida de Goiânia possuía 178.483 habitantes, 336.392 em 2000, e 455.675 em 2010, chegando ao atual número em 2022 (601.844 habitantes). Esse expressivo crescimento populacional se justifica exatamente pela forma como se deu a expansão urbana de Goiânia, a qual se manteve em franco desenvolvimento para o sul, tendo na cidade de Aparecida de Goiânia o seu eixo.

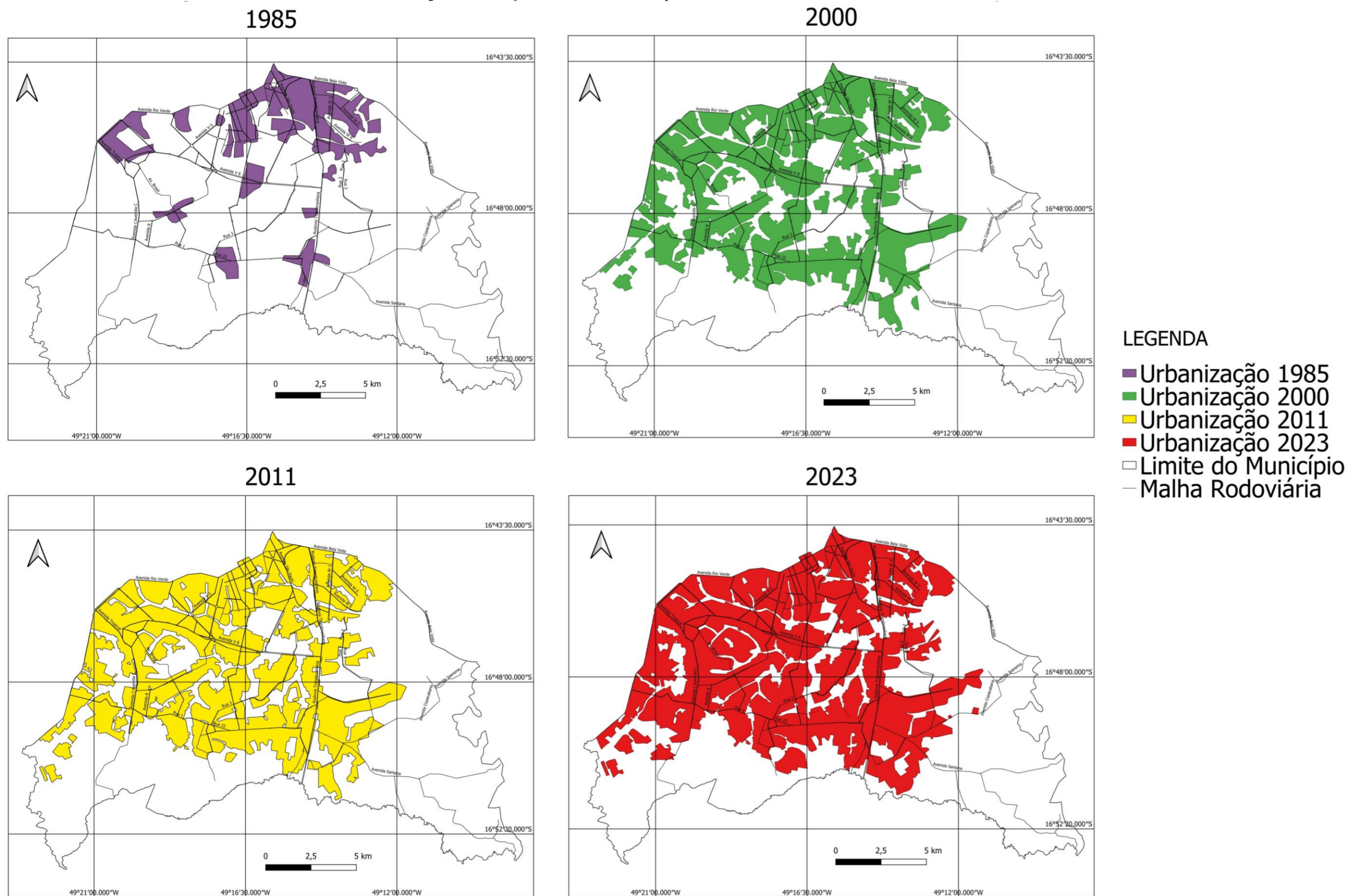
Diferentemente da maioria das cidades brasileiras, em que a expansão urbana se dá do centro para a periferia, Aparecida de Goiânia expandiu-se de forma contrária. De acordo com Ferreira de Oliveira (2005), da fundação aos dias de hoje, podemos afirmar que o município cresceu de forma desordenada, principalmente pela aceleração dos loteamentos feitos pela prefeitura, principalmente na década de 1970, dando margem a um esfacelamento desprovido de equipamentos urbanos necessários.

Para Silva Martins (2013, p. 339-341), o contexto de crescimento de Aparecida de Goiânia se dá em 4 fases distintas:

A primeira, se inicia nos anos 70, com uma intensa aprovação de loteamentos e grande retirada de cobertura vegetal natural para usos do solo na pecuária e agricultura. Na década de 80, a mancha urbana se mostrou espraiada em direção ao norte do município, em direção à capital Goiânia, e na década de 90, a ocupação se deu nos espaços vazios aos ocupados na década de 80. A década de 90 foi marcada pelo aumento da demanda populacional e, por consequência, aumento na demanda por infraestrutura e serviços no município. Já na década de 2000, essa demanda é atendida, com ocupação dos espaços já loteados, crescimento para sul do município e diminuição da cobertura vegetal natural, principalmente na região das Serra das Areias e matas ciliares.

A Figura 10 demonstra a evolução da ocupação urbana nos anos de 1985, 2000, 2011 e 2023.

Figura 10 - Evolução da área urbanizada de Aparecida de Goiânia entre os anos de 1985 e 2023



Fonte: elaborada pelo autor.

Como visualizado na Figura 10, no ano de 1985, o total da área ocupada pela urbanização no município era de 32,60 km², e em 2000, a área urbanizada ocupava um total de 108,010 km², sendo um total de 36,9% de todo o município. Em 15 anos, o município sofreu um grande acréscimo em sua área urbanizada, com um aumento de 231,31% (Tabela 2), sendo esse crescimento localizado na divisa da cidade de Goiânia e ao longo dos grandes eixos rodoviários, como a rodovia Transbrasiliana (BR-153), Anel Rodoviário (Avenida V8), eixo da Avenida Brasil e eixo da Avenida Independência. O crescimento do município de Aparecida de Goiânia nos anos citados está diretamente ligado ao crescimento de Goiânia.

De acordo com Silva Martins (2013), no início da década de 1970, houve a aprovação da lei municipal que controlava com vigor a aprovação dos lotes na cidade de Goiânia, influenciando o aumento dos loteamentos na divisa com Aparecida, devido à sua proximidade à capital e ao baixo custo dos lotes, sendo que as décadas de 1980 e 1990 são marcadas pelo grande aumento populacional.

Santos (2008, p. 88) afirma que:

Aparecida de Goiânia torna-se um aglomerado urbano, juntamente com a capital, na década de 1980 com a criação da lei nº 8956 que estabelece o Aglomerado Urbano de Goiânia, sendo esse período, um período de crescimento abrupto do município, com grande expansão de loteamentos e vertiginoso aumento populacional (de 43.405 em 1980 para 178.483 em 1991). A década de 1990 é marcada pela reorganização do espaço urbano, correspondendo ao período de implantação do Distrito Municipal Industrial de Aparecida de Goiânia – DIMAG, Distrito Agroindustrial de Aparecida de Goiânia – DAIAG, Polo Empresarial Goiás, Cidade Empresarial e Distrito Industrial de Aparecida de Goiânia, é também o período de criação dos condomínios horizontais fechados no município, reavivamento do centro histórico, criação de polo de serviços e empregos na BR 153 e Santa Luzia.

Para o ano de 2011, o aumento da área urbanizada foi de 10% (de 2000 para 2011), passando a ocupar 40,4% (118,365 km²) de todo o território aparecidense. No ano de 2023, a urbanização passou a ocupar 47,8% (140,026 km²) do território, tendo um aumento de 18% entre os anos de 2011 e 2023. O aumento entre os anos de 2000 e 2023 foi de 29,6% de ocupação (de 108,010 km² para 140,026 km²). A urbanização da década de 2000 a 2010 foi através da ocupação dos vazios urbanos ao longo dos eixos rodoviários do anel Rodoviário (Avenida V8) e avenida Santana. Já para a década seguinte (2011 até a presente data), a ocupação avançou para os restantes dos lotes vazios nos grandes centros já criados e para as áreas rurais mais distantes da capital (Tabela 2).

Tabela 2 - Urbanização na cidade de Aparecida de Goiânia entre os anos de 1985 e 2023

Ano analisado	Urbanização total (km²)	Urbanização em relação à área total do município (%)	Aumento da urbanização entre os períodos analisados (%)
1985	32,6	11,13%	-
2000	108,01	36,90%	231,31
2011	118,365	40,40%	10,00%
2023	140,026	47,80%	18,00%

Fonte: elaborada pelo autor.

Para o levantamento do uso e da ocupação do município, utilizou-se MapBiomas (2023) (Figura 11). Na Tabela 3 é possível visualizar as porcentagens relativas a cada tipo de uso e ocupação, apresentados na Figura 11.

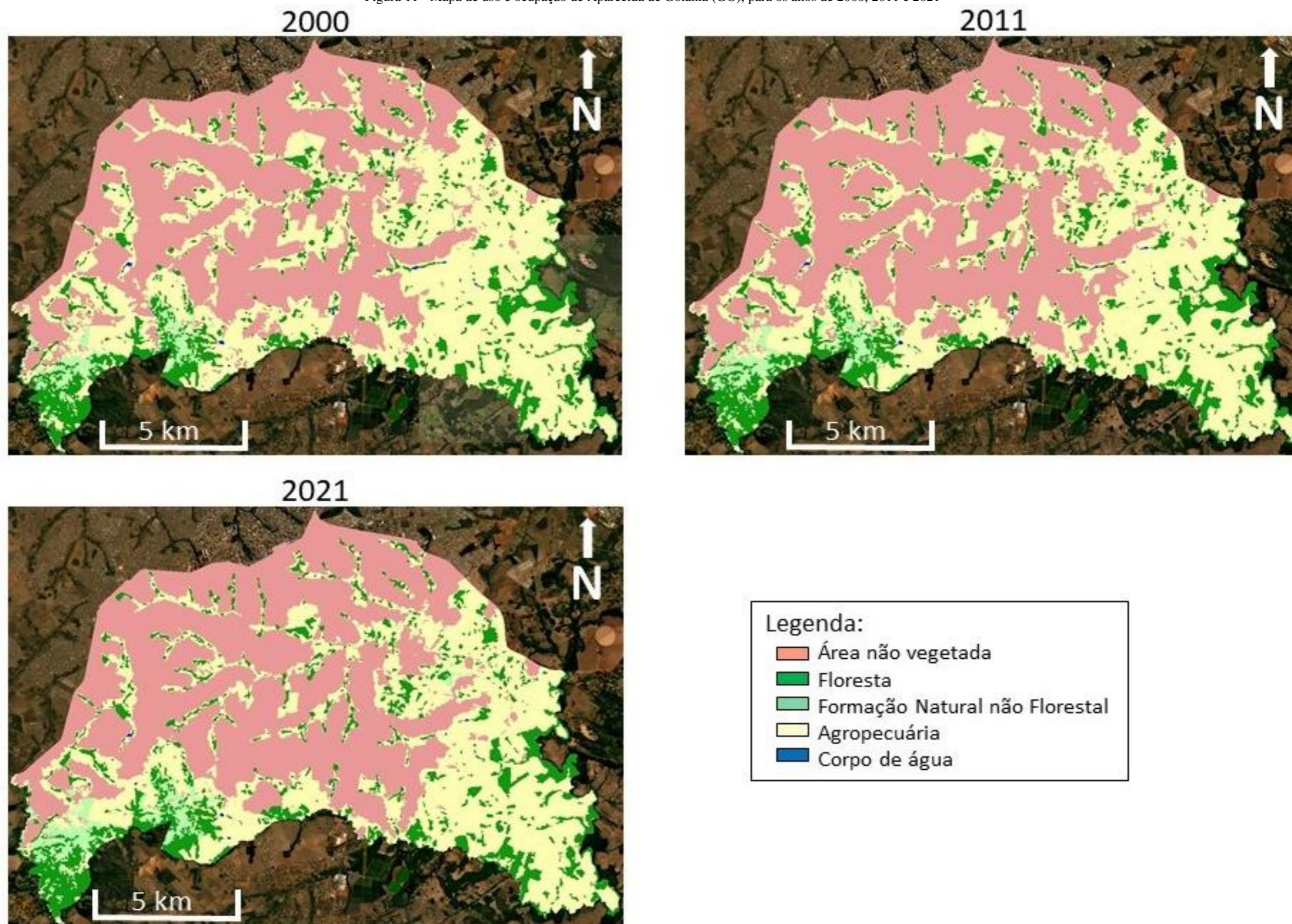
Segundo os valores apresentados, verificou-se que o aumento de áreas não vegetadas é diretamente proporcional à diminuição das áreas agrícolas (com área igual a 43,02% no ano de 2000, alterada para 49,03% no ano de 2021, para as áreas não vegetadas, e diminuição de 42,47%, no ano de 2000, para 35,22%, no ano de 2021, para as áreas usadas para agricultura). No período analisado, notou-se que o município manteve a porcentagem de suas áreas de preservação, tanto de áreas florestais como áreas consideradas de formação natural, porém não florestais.

Tabela 3 - Área ocupada pelos diferentes tipos de uso e ocupação identificados no município de Aparecida de Goiânia (GO) para os anos de 2000, 2011 e 2021

Tipo de ocupação	Área ocupada pelos tipos de uso e ocupação		
	2000	2011	2021
Área não vegetada	43,02%	46,95%	49,03%
Floresta	12,33%	12,98%	12,79%
Formação natural não floresta	2,08%	2,72%	2,92%
Agropecuária	42,47%	37,22%	35,22%
Corpo de água	0,10%	0,13%	0,04%

Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 11 - Mapa de uso e ocupação de Aparecida de Goiânia (GO), para os anos de 2000, 2011 e 2021



Fonte: adaptada de MapBiomias (2023).

Os valores apresentados pela Tabela 3 indicam pequenas divergências nas porcentagens para as áreas urbanizadas (Figura 10) e áreas não vegetadas (Figura 11), uma vez que, para a elaboração do mapa de área urbanizada (Figura 10), levou-se em conta apenas os locais com construções e urbanização, enquanto o MapBiomias (2023) (Figura 11), leva em consideração para a elaboração dos locais não vegetados, áreas com significativa densidade de edificações e vias, incluindo áreas livres de construções e infraestrutura.

7.1.2 Caracterização geológico-geotécnica

7.1.2.1 Geologia

A geologia do município de Aparecida de Goiânia é integralmente representada por um conjunto de rochas metamórficas, pertencentes ao Grupo Araxá (LACERDA FILHO; REZENDE; SILVA, 1999). São rochas formadas há cerca de 1 bilhão de anos por complexos processos geológicos. Inicialmente, sedimentos argilosos e arenosos foram depositados em ambientes de mares rasos a profundos, sedimentados e posteriormente submetidos a elevadas pressões e temperaturas, que resultaram em metamorfismo que modificou os sedimentos originais, constituindo uma mudança gradual dos minerais preexistentes e a sua transformação em novos.

Na região do município, o Grupo Araxá é caracterizado por xistos e quartzitos (MARINI, 1984; FUCK *et al.*, 1993 e 2000; PIMENTEL, 1992 e 1995 *apud* RODRIGUES, 2005).

Navarro, Zanardo e Conceição (2013, p. 9), sobre os xistos do Grupo Araxá, dizem que:

A Unidade Xistosa é a mais expressiva na área, se constituindo por uma sequência de granada-muscovita-biotita-xisto, granada-biotita xisto, granada-muscovita-biotita-quartzo xisto e granada-biotita-quartzo xisto, normalmente ricos em veios e/ou lentes de quartzo, deformados, localmente concordantes e distribuídos de forma homogênea. Essas rochas por vezes são feldspáticas, chegando a constituir paragnaisses. As rochas dessa unidade são leucocráticas a mesocráticas, apresentam textura lepidoblástica a granolepidoblástica e granulação fina a média.

Já com relação aos quartzitos, Navarro, Zanardo e Conceição (2013, p. 9) afirmam:

A Unidade Quartzítica constitui uma faixa orientada na direção E-W. Essa unidade é constituída por uma associação de quartzito puro e micáceo, com ou sem granada e cianita (quartzitos micáceos e mica-quartzo xistos), intercalados por granada-

muscovita/biotita xisto. Estratigraficamente, da base para o topo, essa sequência é constituída por muscovita-quartzo xisto, granada-muscovita/biotita xisto e muscovita quartzito.

Por serem mais facilmente alterados pelos agentes do intemperismo, os xistos ocupam as áreas rebaixadas do relevo e afloram, principalmente, na forma de lajedos nos principais córregos da área em estudo. Nas demais áreas, essas rochas encontram-se recobertas por mantos de solos. Os quartzitos, por serem mais resistentes ao intemperismo, ocorrem nas áreas topograficamente mais elevadas, representadas pela Serra da Areia (MARINI, 1984; FUCK *et al.*, 1993 e 2000; PIMENTEL, 1992 e 1995 *apud* RODRIGUES, 2005).

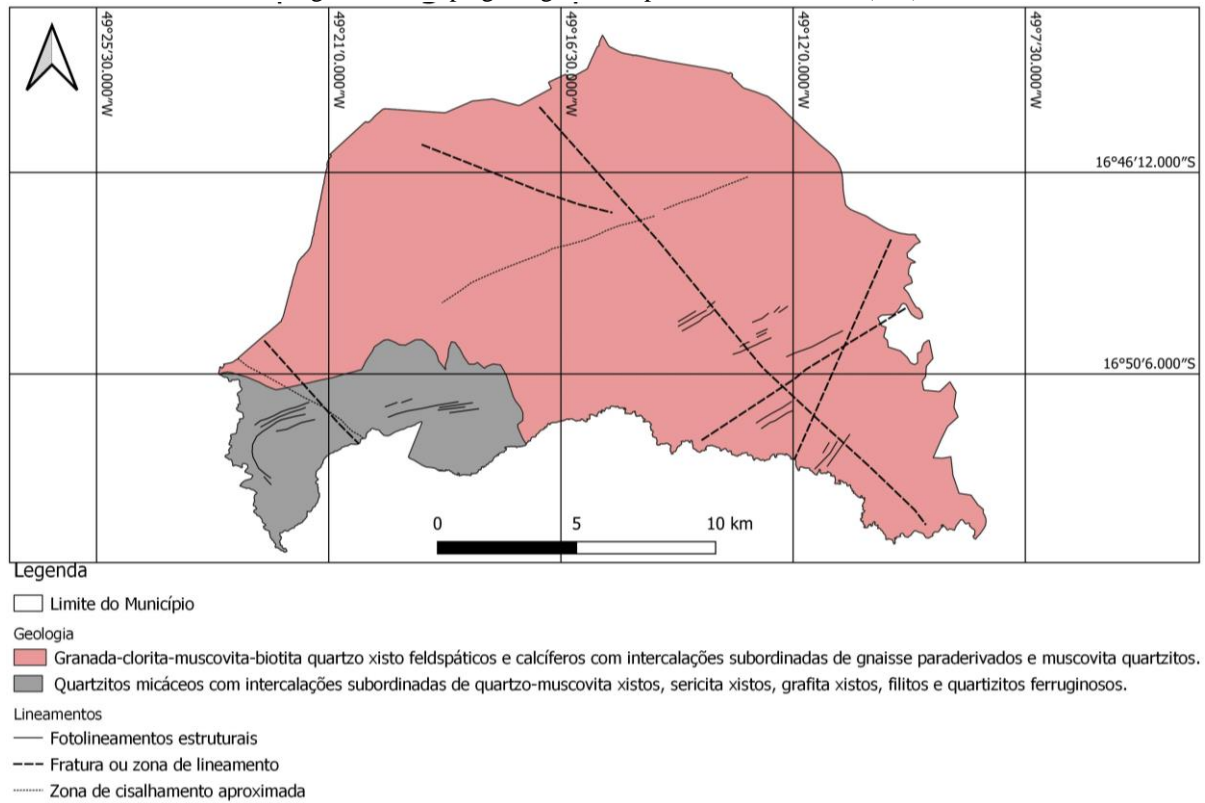
No caso da geologia estrutural e o metamorfismo, Navarro, Zanardo e Conceição (2013, p. 11) citam que:

A principal estrutura regional é a foliação Sn, de direção geral E-W e mergulhos de 20° a 40° para sul na região de Mairipotaba – Cromínia, e direção NW-SW, com mergulhos de 20° a 40° para W na região de Rochedo – Morrinhos. Os indicadores cinemáticos associados à lineação de estiramento indicam transporte de topo para leste. As associações minerais relacionadas ao pico metamórfico nos metassedimentos do Grupo Araxá são típicas da fácies anfíbolito médio a superior caracterizada por: biotita + plagioclásio + granada + anfíbolio; biotita + plagioclásio + granada; granada + plagioclásio + biotita + (estauroлита) + (cianita), (cianita) + biotita + plagioclásio + granada, todas contendo quartzo e muscovita, sendo rutilo e ilmenita os principais óxidos associados. No Grupo Araxá, o retrometamorfismo é de caráter regional e caracterizado por: crescimento de clorita sobre biotita e granada, por vezes substituindo boa parte dos grãos; grandes grãos de muscovita dispostos de forma aleatória sobre a foliação principal; saussuritização do plagioclásio; nas rochas ultramáficas, associação de serpentina + talco + clorita, clorita + talco. O pico metamórfico registrado das rochas do Grupo Araxá é correlacionável à fase deformacional Dn (regional). As associações mineralógicas retrometamórficas, geradas sin- tardi-desenvolvimento da Sn, evidenciam variação das condições metamórficas da fácies anfíbolito para a fácies xisto verde.

O estudo estatístico de medidas das estruturas planares indicou que, no município, as direções das fraturas seguem o padrão regional, com ampla similaridade com o modelo observado nas regiões do Distrito Federal (CAMPOS e FREITAS-SILVA, 1998 *apud* RODRIGUES, 2005) e de Goiânia (CAMPOS *et al.*, 2003 *apud* RODRIGUES, 2005).

A espacialização das rochas encontradas no município de Aparecida de Goiânia, assim como a orientação dos falhamentos encontrados, podem ser visualizados na Figura 12.

Figura 12 - Mapa geológico de Aparecida de Goiânia (GO)

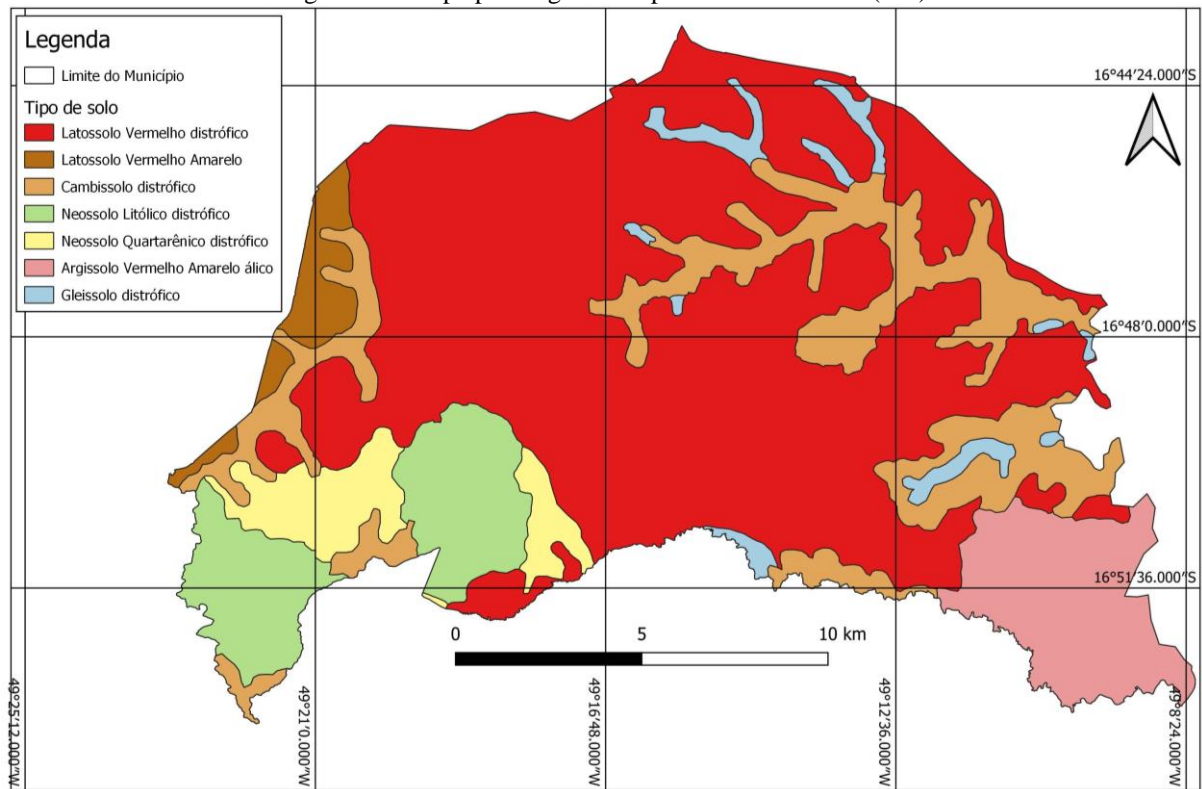


Fonte: simplificada de Ferreira de Oliveira (2005) – Escala 1:100.000.

7.1.2.2 Pedologia

Conforme visualizado na Figura 13, Aparecida de Goiânia possui cinco grupos de solos, sendo estes latossolos (subordens latossolo vermelho e latossolo vermelho-amarelo), neossolos (subordens neossolos quartzarênicos, neossolos litólicos), cambiosolos, argissolos e gleissolos.

Figura 13 - Mapa pedológico de Aparecida de Goiânia (GO)



Fonte: simplificada de Ferreira de Oliveira (2005) – Escala 1:100.000.

Ferreira de Oliveira (2005) afirma que os latossolos apresentam baixa erodibilidade. No município de Aparecida de Goiânia, o latossolo vermelho-amarelo se apresenta distrófico concrecionário e não concrecionário com textura argilosa, e o latossolo vermelho-escuro se apresenta distrófico com textura argilosa, e solos petroplínticos distróficos Tb com textura argilosa, sendo que esses solos, em geral, não são suscetíveis à erosão linear e são bons para a implantação de usos urbanos, desde que bem planejados.

Os cambissolos são solos constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, desde que em qualquer dos casos não satisfaçam os requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes vertissolos, chernossolos, plintossolos e organossolos.

Os neossolos litólicos têm como a sua principal característica sua grande diversificação morfológica, sendo também heterogêneos em seus atributos químicos, físicos e mineralógicos (OLIVEIRA; JACOMINE; CAMARGO, 1992).

A Tabela 4 apresenta as características gerais dos solos segundo Santos (2018).

Tabela 4 - Características gerais dos solos

Tipo de solo	Características gerais dos solos
Latosolos	Solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial. São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos como resultado de energéticas transformações no material constitutivo. Os solos são virtualmente destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo e têm capacidade de troca de cátions da fração argila baixa. Variam de fortemente a bem drenados, embora ocorram solos que têm cores pálidas, de drenagem moderada ou até mesmo imperfeitamente drenada, o que é indicativo de formação em condições atuais ou pretéritas com um certo grau de gleização. São normalmente muito profundos, sendo a espessura do <i>solum</i> raramente inferior a 1 m. Têm sequência de horizontes A, B, C com pouca diferenciação de sub-horizontes e transições usualmente difusas ou graduais. De um modo geral, os teores da fração argila no <i>solum</i> aumentam gradativamente com a profundidade ou permanecem constantes ao longo do perfil. A cerosidade, se presente, é pouca e fraca.
Cambissolos	Devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas, as características desses solos variam muito de um local para outro. Assim, a classe comporta desde solos fortemente até imperfeitamente drenados, de rasos a profundos, de cor bruno ou bruno-amarelada até vermelho-escuro, de alta a baixa saturação por bases e atividade química da fração argila. O horizonte B incipiente (Bi) tem textura francoarenosa ou mais argilosa, e o <i>solum</i> geralmente apresenta teores uniformes de argila, podendo ocorrer ligeiro decréscimo ou um pequeno incremento de argila do A para o Bi. Cambissolos háplicos são os solos não enquadrados em outras categorias dos cambissolos (Hísticos, Húmicos e Flúvicos).
Neossolos	Os neossolos litólicos distróficos são solos fortemente suscetíveis aos processos erosivos, em virtude de sua reduzida profundidade efetiva e da forma de relevo das áreas em que ocorrem. Devido a condições topográficas, pouca profundidade efetiva, impedimentos físicos e forte suscetibilidade à erosão, deve-se evitar sua utilização agrícola, preservando-os em condições naturais. Os neossolos quartzarênico distróficos são solos pouco desenvolvidos, profundos, oriundos de sedimentos arenoquartzosos não consolidados ou de arenitos. São essencialmente quartzosos, tendo, nas frações areia grossa e areia fina, 95% ou mais de quartzo, calcedônia e opala e praticamente ausência de minerais primários alteráveis (menos resistentes ao intemperismo).
Argissolos	Esses compreendem solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou atividade alta desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter aluminoso. O horizonte B textural (Bt) encontra-se imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial. Grande parte desses solos apresentam um incremento no teor de argila do horizonte superficial para o horizonte B com ou sem decréscimo nos horizontes subjacentes. A transição entre os horizontes A e Bt é usualmente clara, abrupta ou gradual.
Gleissolos	Solos constituídos por material mineral com horizonte glei iniciando-se dentro dos primeiros 50 cm a partir da superfície do solo, ou a profundidade maior que 50 cm e menor ou igual a 150 cm desde que imediatamente abaixo de horizonte A ou E ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos organossolos. Não apresentam horizonte vértico em posição diagnóstica para vertissolos ou textura exclusivamente areia ou areia franca em todos os horizontes até a profundidade de 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico ou lítico fragmentário. Horizonte plânico, horizonte plíntico, horizonte concrecionário ou horizonte litoplíntico, se presentes, devem estar à profundidade maior que 200 cm a partir da superfície do solo.

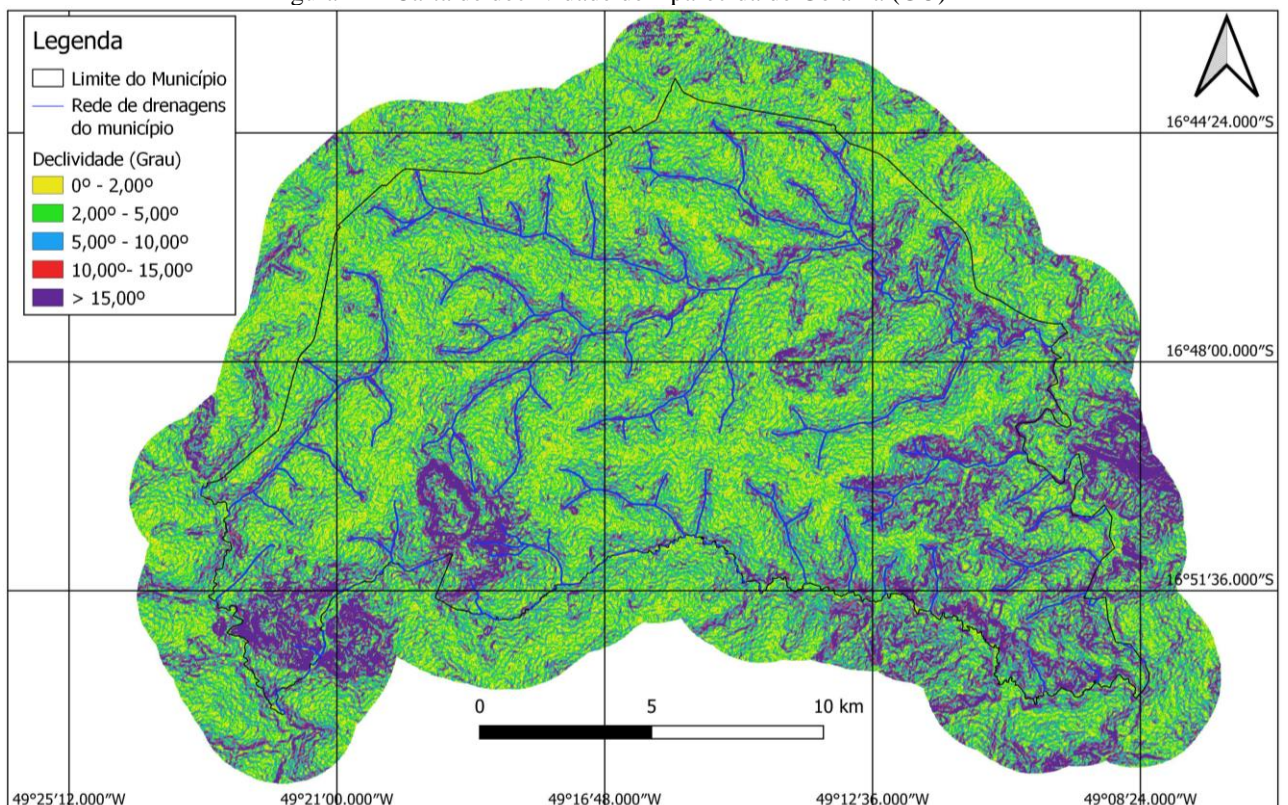
Fonte: Santos (2018).

7.1.2.3 Relevo

A carta de declividade do município de Aparecida de Goiânia foi adaptada de Fernandes, Pinho e Castro (2021), conforme figura 14 abaixo. Ao observamos a carta, nota-se que o município de Aparecida de Goiânia apresenta relevo relativamente plano, com poucas áreas mais acidentadas. Os trechos mais declivosos se encontram na região sudoeste do município, conhecida como Serra das Areias. Outro ponto importante a salientar é que maiores valores de declividade são observados no entorno dos canais de drenagem.

Na área, o grau de declividade apresentou valores em média até 5°, indicando um relevo mais suave por todo o local. Os maiores valores observados, acima de 5° de declividade, foram encontrados nas cabeceiras das drenagens e margens dos córregos, com um aumento da concentração desses valores a jusante das nascentes.

Figura 14 - Carta de declividade de Aparecida de Goiânia (GO)

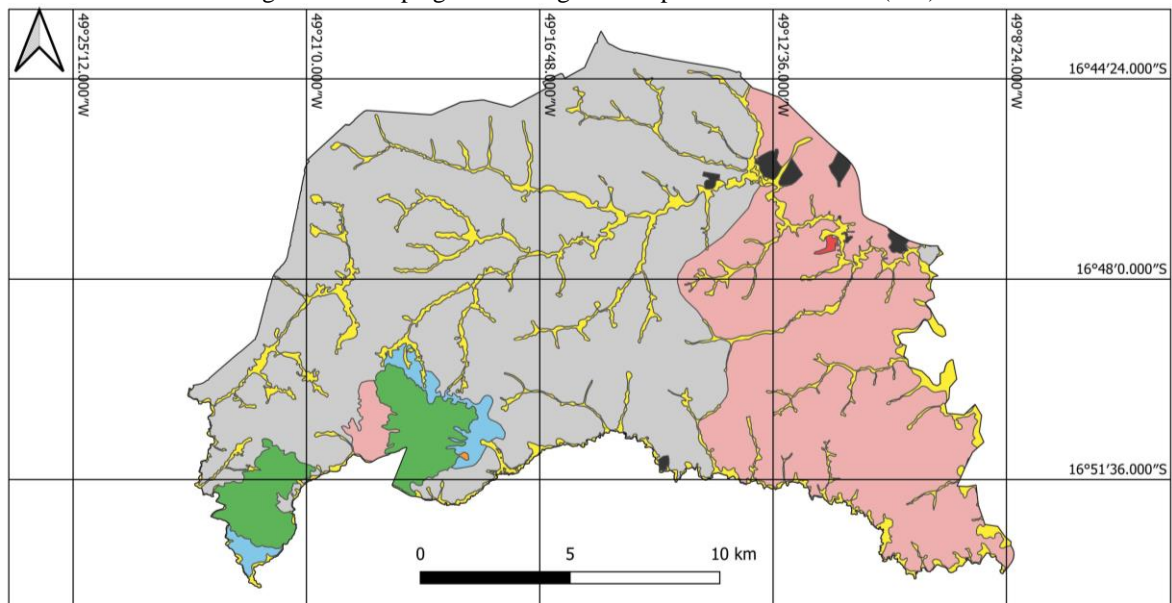


Fonte: adaptada de Fernandes, Pinho e Castro (2021).

De acordo com Moraes (2014), a compartimentação morfológica dos terrenos é obtida a partir da avaliação empírica dos diversos conjuntos de formas e padrões de relevo posicionados em diferentes níveis topográficos, por meio de observações de campo e análise de sensores remotos.

Segundo a Figura 15, o município de Aparecida de Goiânia está assentado sobre 6 padrões de relevo de formação natural e 2 padrões de relevo de formação antrópica. Os relevos de formação natural são as planícies de inundação, as colinas, os morros altos, os morros baixos, as superfícies aplainadas conservadas e as superfícies aplainadas retocadas ou degradadas. Os relevos de formação antrópica são os depósitos tecnogênicos (aterros sanitários) e formações tecnogênicas (terrenos alterados pela atividade de mineração).

Figura 15 - Mapa geomorfológico de Aparecida de Goiânia (GO)



Legenda

Padrões de relevo

Planícies de Inundação (várzeas)

Colinas

Depósitos Tecnogênicos (aterros sanitários)

Formações Tecnogênicas (terrenos alterados pela atividade de mineração)

Morros Altos

Morros baixos

Superfícies Aplainadas Conservadas

Superfícies Aplainadas Retocadas ou Degradadas

Bacia de estudo

Fonte: adaptada de Fernandes, Pinho e Castro (2021) – Escala 1:45.000.

A Tabela 5 apresenta as características de cada padrão de relevo ocorrido na cidade de Aparecida de Goiânia, de acordo com Moraes (2014).

Tabela 5 - Características gerais dos padrões de relevo

Padrão de relevo	Características gerais do padrão de relevo
Planícies aluvionares	São superfícies sub-horizontais constituídas de depósitos arenosos ou arenoargilosos a argilosos, bem selecionados, situados nos fundos de vales. As planícies aluvionares apresentam gradientes extremamente suaves e convergentes em direção aos cursos d'água principais. Terrenos imperfeitamente drenados nas planícies de inundação, sendo periodicamente inundáveis.

Colinas	Relevos de degradação, com vertentes convexas ou convexo-côncavas e topos amplos, de morfologia alongada ou arredondada, com vertentes de gradiente suave e baixas amplitudes de relevo inferiores a 50 metros. Esses relevos apresentam baixa a média densidade de drenagem com padrão predominantemente dendrítico. Esporadicamente podem apresentar processos de erosão laminar.
Morros baixos	Relevos típicos do domínio de mares de morros, constituído de colinas dissecadas, com vertentes convexo-côncavas e topos arredondados, com vertentes de gradiente suave a moderado, apresentando moderada densidade de drenagem com padrão dendrítico ou subdendrítico. Ocorrências de processos de erosão laminar e linear acelerada.
Morros altos	Relevos de geometria convexo-côncava, francamente dissecados e com topos arredondados ou aguçados, apresentando sedimentação de colúvios, alúvios e, subordinadamente, depósitos de tálus. Caracteriza-se por um relevo movimentado com vertentes de gradientes médios a elevados e topos arredondados a aguçados. Atuação frequente de processos de erosão laminar e linear acelerada (sulcos e ravinas) e ocorrência esporádica de processos de movimentos de massa.
Superfícies aplainadas conservadas	Relevos de aplainamento, sendo as superfícies aplainadas conservadas promovidas pelo arrasamento geral dos terrenos, representando, em linhas gerais, grandes extensões das depressões interplanálticas do território brasileiro, com eventuais processos de laterização, onde, em Aparecida de Goiânia, o desenvolvimento de solos rasos e pedregosos prevalecem e processos de erosão laminar podem ser significativos.
Superfícies aplainadas retocadas ou degradadas	Superfícies aplainadas retocadas ou degradadas são as superfícies promovidas pelo arrasamento geral dos terrenos e posterior retomada erosiva proporcionada pela incisão suave de uma rede de drenagem incipiente.

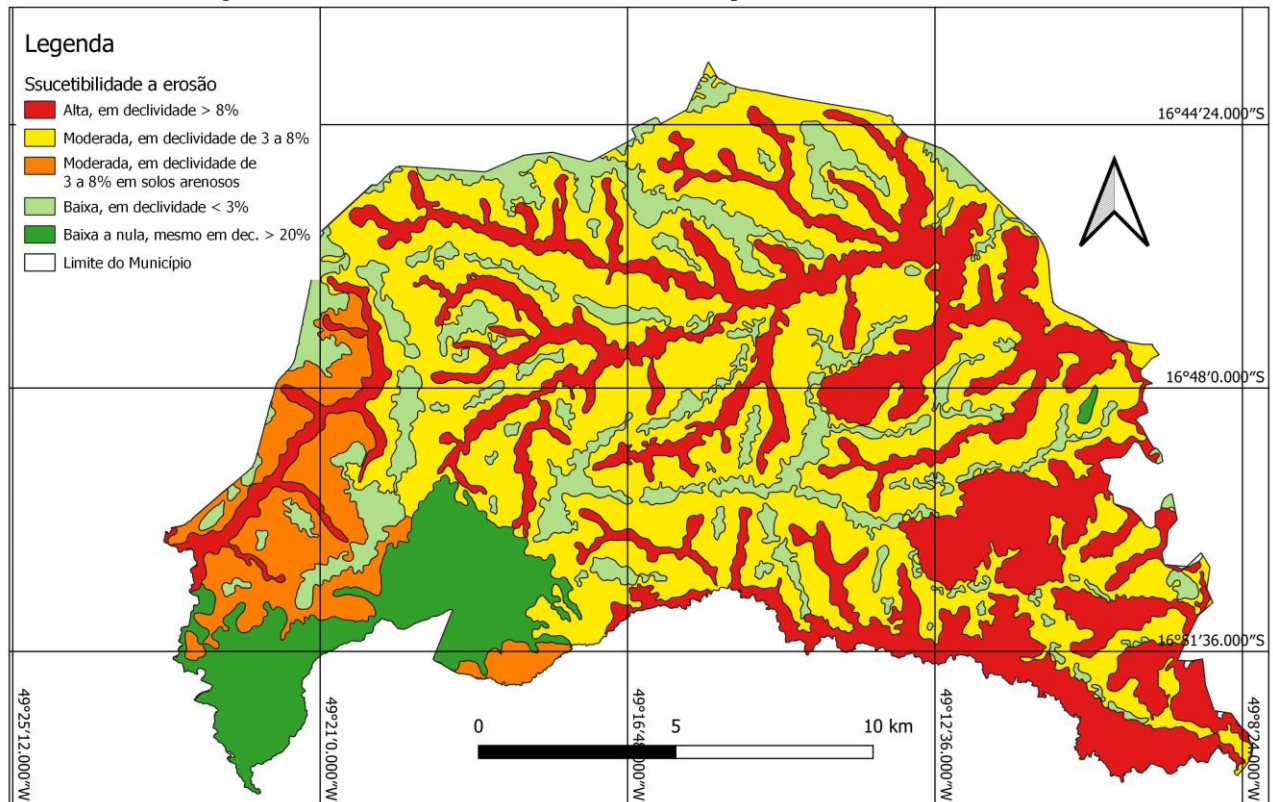
Fonte: Moraes (2014).

7.1.2.4 Suscetibilidade à erosão

A carta de suscetibilidade à erosão apresentada neste trabalho foi adaptada da Carta de Risco de Aparecida de Goiânia, de 2012. Na carta de suscetibilidade à erosão, foram identificadas cinco unidades, ou áreas suscetíveis à erosão, sendo: **1-** áreas com suscetibilidade erosiva baixa a nula, mesmo que apresentem declividades maiores que 20%; **2-** áreas com suscetibilidade erosiva baixa, com declividades entre 0 e 3%; **3-** áreas com suscetibilidade erosiva moderada, com declividades entre 3 e 8%; **4-** áreas com suscetibilidade erosiva moderada a alta, com declividades entre 3 e 8%, em zonas de ocorrência e predominância de solos quartzoarênicos; e **5-** áreas com suscetibilidade erosiva alta, com declividades maiores que 8%, fundos de vales, ou mesmo planas onde haja ocorrência de solos arenosos e colúviais de qualquer natureza (Figura 16). Para a referida

classificação, Aparecida de Goiânia (2012) relacionou as coberturas pedológicas, o substrato rochoso e a declividade do município.

Figura 16 - Carta de suscetibilidade à erosão de Aparecida de Goiânia (GO)



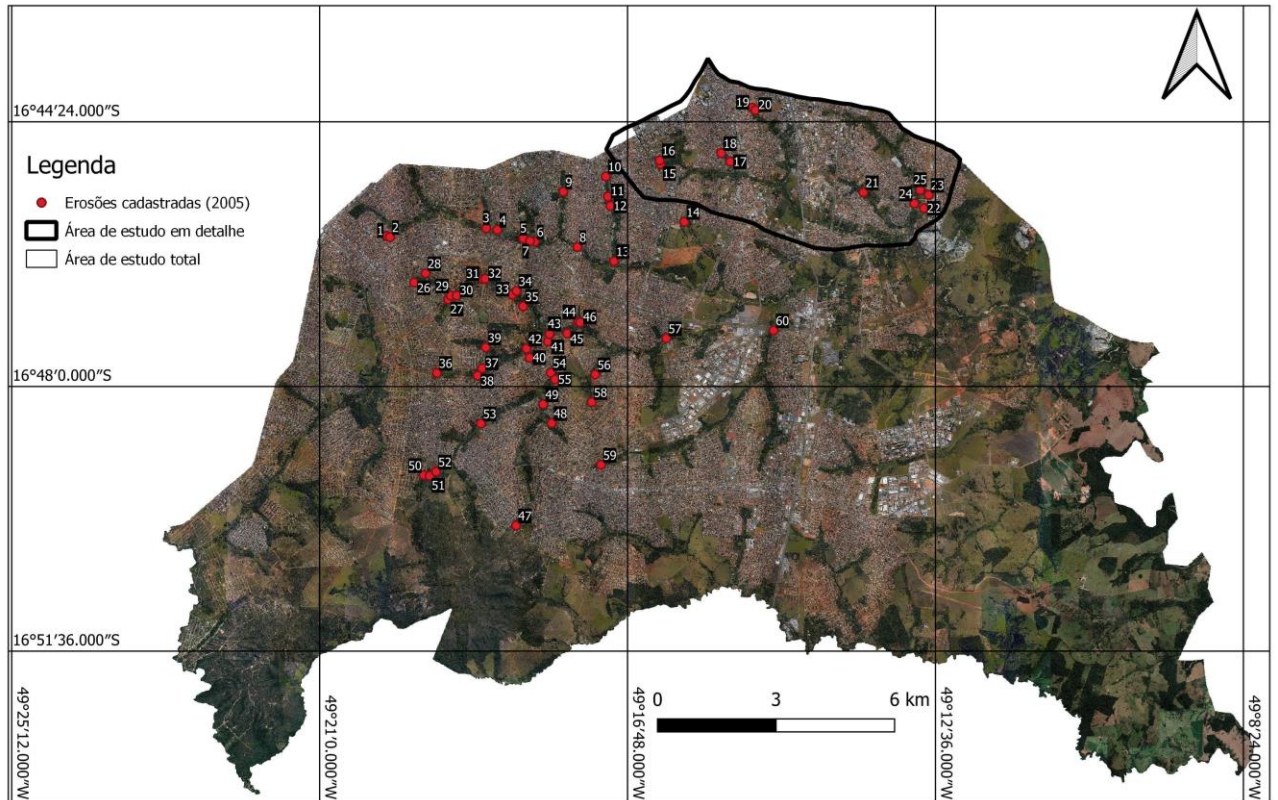
Fonte: adaptada de Aparecida de Goiânia (2012) – Escala 1:100.000.

7.1.3 Inventário dos processos erosivos

Para o entendimento da dinâmica erosiva de Aparecida de Goiânia, foi realizado o levantamento das feições erosivas lineares identificadas. Para tanto, foram utilizados dados de trabalhos anteriores, como Ferreira de Oliveira (2005) e Fernandes *et al.* (2017).

Ferreira de Oliveira (2005) realizou seu estudo sobre os processos erosivos na sub-bacia hidrográfica do Córrego Santo Antônio, que se insere no município de Aparecida de Goiânia. Em seu trabalho, o autor cadastrou 60 erosões ativas (ravinas e voçorocas) para o ano de 2005. As erosões cadastradas pelo autor, sobrepostas à imagem de satélite do ano de 2023 que abrange todo o município de Aparecida de Goiânia, podem ser visualizadas na Figura 17.

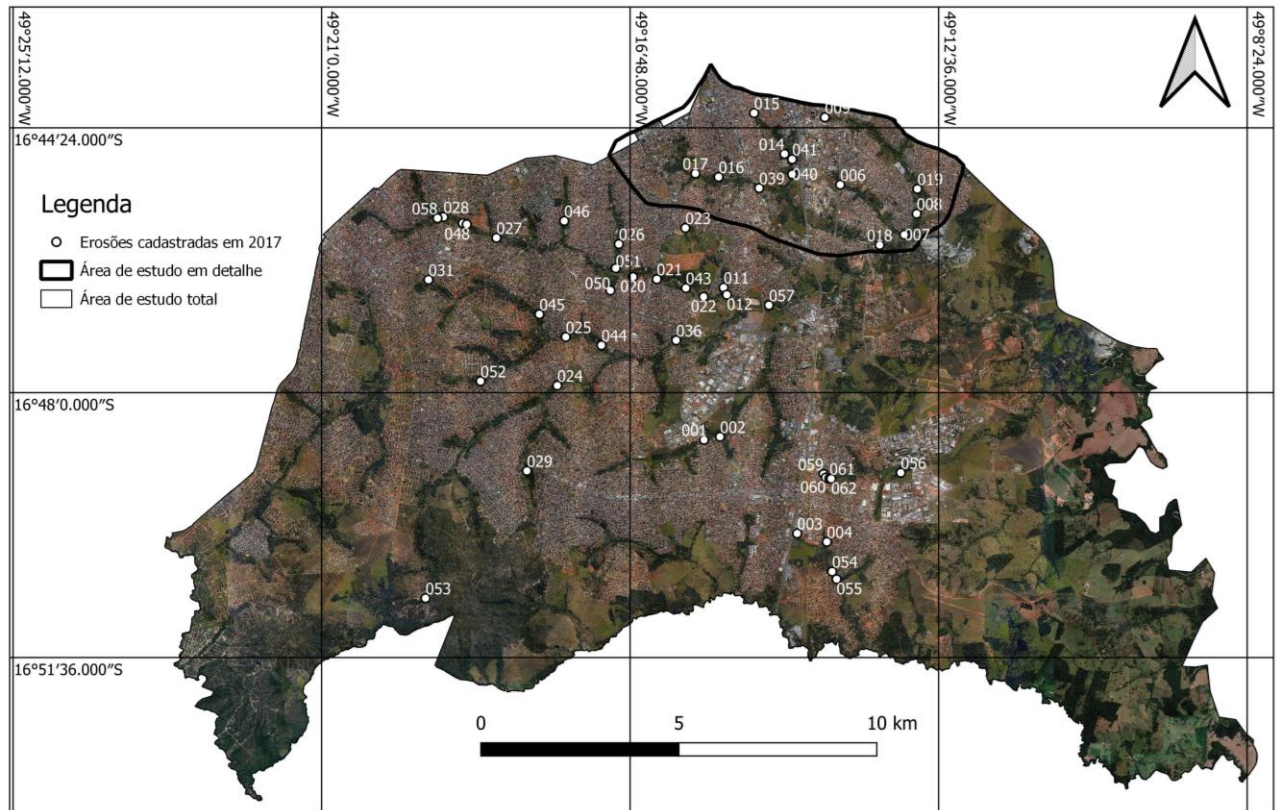
Figura 17 - Inventário das feições erosivas do ano de 2005, cadastradas por Ferreira de Oliveira (2005), sobre imagem de satélite do ano de 2023



Fonte: adaptada de Ferreira de Oliveira (2005).

Fernandes *et al.* (2017) realizaram no município um estudo acerca de áreas de risco em áreas de movimentação de solo e inundações. Nesse mesmo trabalho, foi realizado o cadastramento de feições erosivas ativas, acompanhado da Defesa Civil municipal. Para esse estudo, foram cadastradas 61 erosões ativas, que foram dispostas sobre a imagem de satélite do ano de 2023, conforme apresenta a Figura 18.

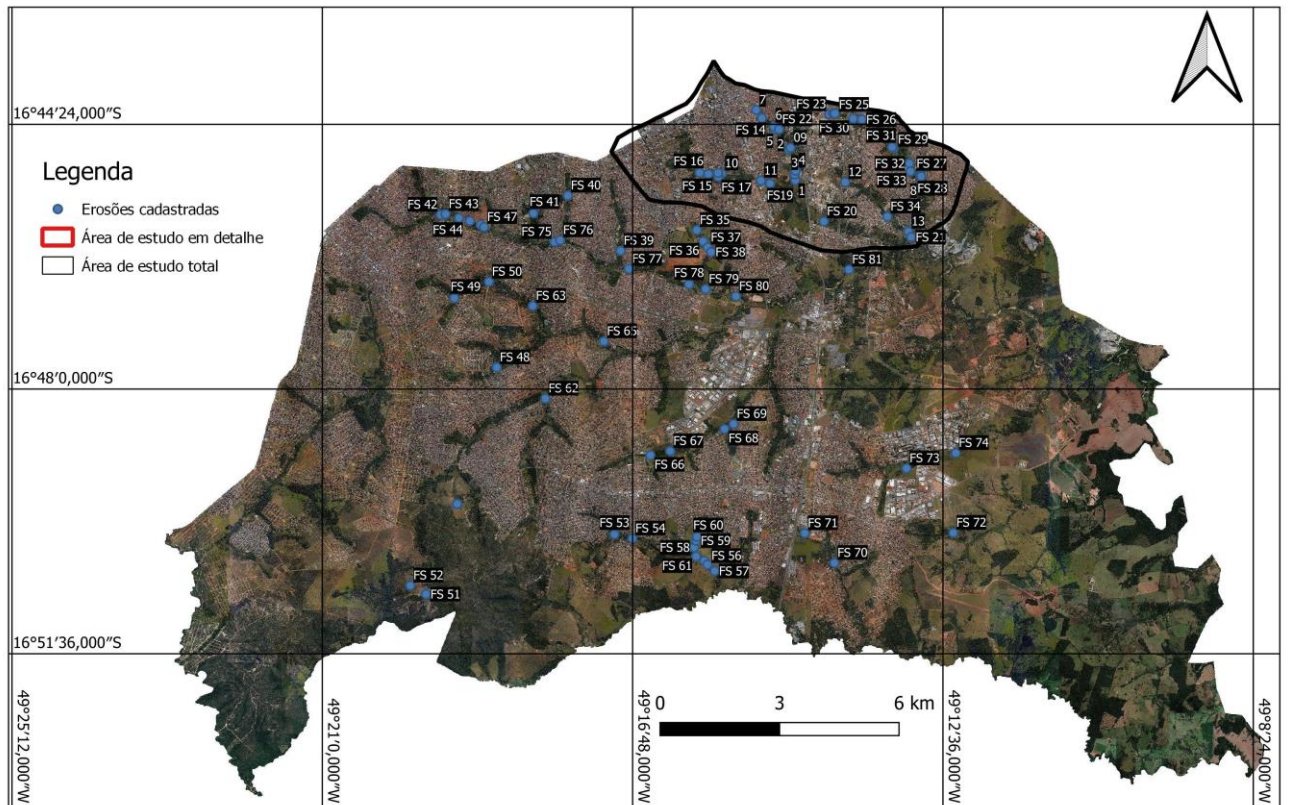
Figura 18 - Inventário das feições erosivas do ano de 2017, cadastradas por Fernandes *et al.* (2017), sobre imagem de satélite do ano de 2023



Fonte: adaptada de Fernandes *et al.* (2017).

Dando sequência a esse estudo, foi elaborado um inventário de feições erosivas para o ano de 2023, a partir da fotointerpretação de imagens de satélite disponíveis no Google Earth. O levantamento das erosões cadastradas baseou-se não apenas na fotointerpretação, mas também em visitas de campo. Ao final dessa etapa, foram cadastradas 81 feições erosivas em todo o município de Aparecida de Goiânia (Figura 19). As fichas catalográficas preenchidas das erosões visitadas em campo se encontram no Apêndice 2.

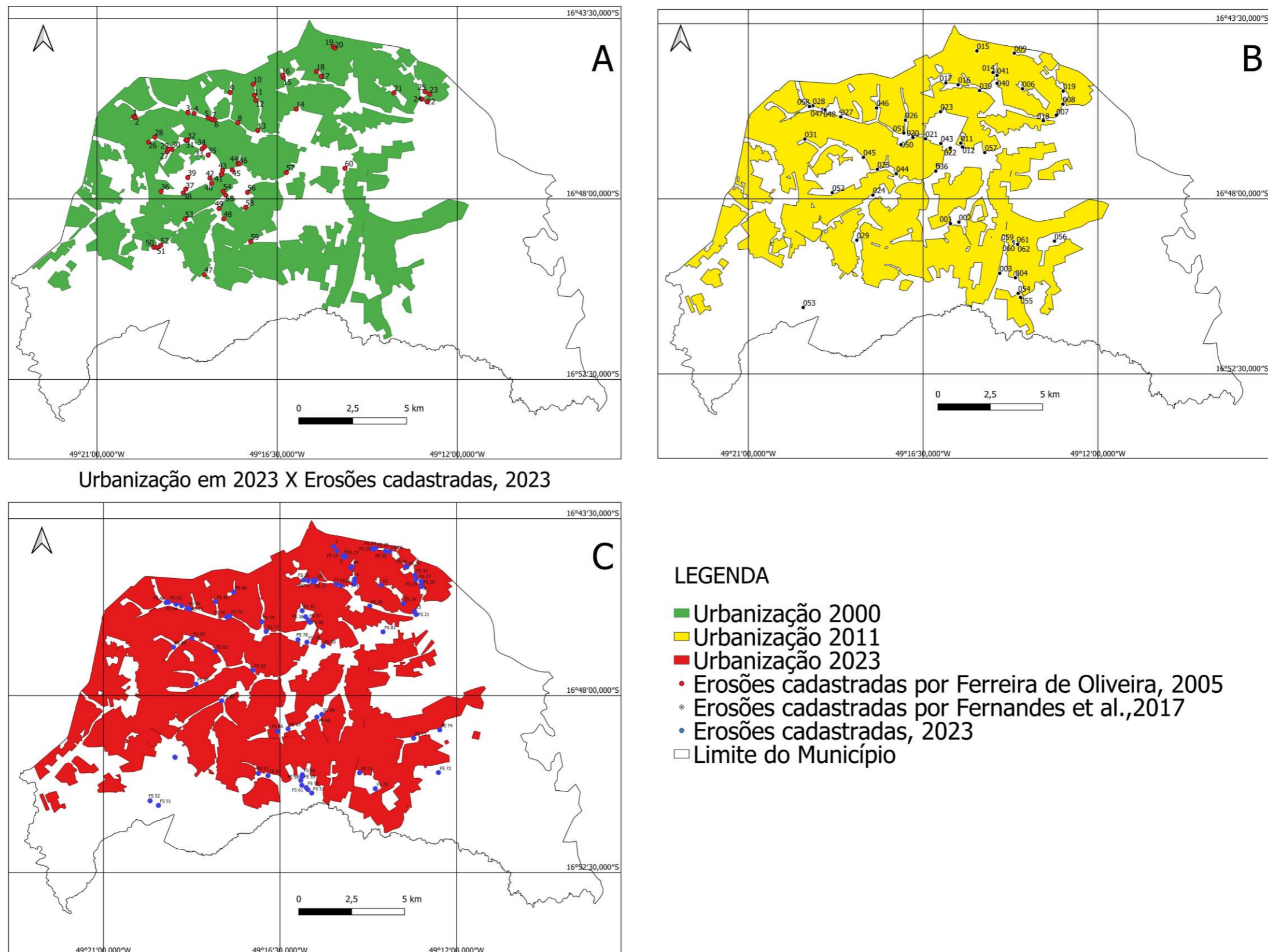
Figura 19 - Inventário das feições erosivas do ano de 2023



Fonte: elaborada pelo autor.

A partir das informações obtidas pelos inventários de feições erosivas, dos diferentes períodos analisados, elaborou-se mapas de comparação entre a disposição espacial das erosões e da mancha urbana dos anos de 2000, 2011 e 2023. Os resultados podem ser visualizados na Figura 20.

Figura 20 - Análise da distribuição espacial das feições erosivas em relação à mancha urbana. A) Inventários de feições erosivas do ano de 2005 e mancha urbana do ano de 2000; B) Inventários de feições erosivas do ano de 2007 e mancha urbana do ano de 2011; C) Inventários de feições erosivas do ano de 2023 e mancha urbana do ano de 2023
Urbanização em 2000 X Erosões de Ferreira de Oliveira, 2005
Urbanização em 2011 X Erosões de Fernandes et al., 2017
Urbanização em 2023 X Erosões cadastradas, 2023



Fonte: elaborada pelo autor.

Com base na Figura 20, visualiza-se que as erosões, durante os períodos analisados, se mantêm agrupadas nas grandes áreas urbanizadas, ocorrendo nas cabeceiras e margens dos córregos do município, entretanto, com o passar dos anos analisados, após 2011, acabam por migrar para áreas a jusante dos córregos. O aumento no número de processos erosivos se deflagra, principalmente, devido à impermeabilização crescente da superfície do terreno e à falta de infraestrutura urbana nos loteamentos que se instalam entre o período analisado.

Os principais focos erosivos levantados por Ferreira de Oliveira (2005), para o ano de 2005, ocorreram nos loteamentos sem infraestrutura básica, como asfalto ou obras de drenagens. Cabe salientar que, durante o passar dos anos, as erosões de maior porte presentes nos mapeamentos foram aterradas com resíduos de construção civil, porém não há um registro ou controle de como foi feito o aterramento nem as datas exatas, o que levou à estabilização das erosões por um curto período. Por outro lado, casos de ravinamentos foram recuperados durante obras de pavimentação.

Para Barbosa, Oliveira e Oliveira (2011, p. 1075), o uso e a ocupação de modo impensado e descontrolado das áreas urbanas, sem o estabelecimento de ferramentas e metodologias de conservação e manejo, fazem com que ocorra aceleração de processos de degradação ambiental, como o que vem ocorrendo na cidade de Aparecida de Goiânia, fazendo necessário o constante monitoramento dos locais atingidos por esses eventos. Para o referido autor, esse monitoramento pode ser efetuado através do uso das imagens de satélite, representando uma forma viável de monitoramento ambiental em escalas locais e globais, devido à rapidez e eficiência que as caracterizam.

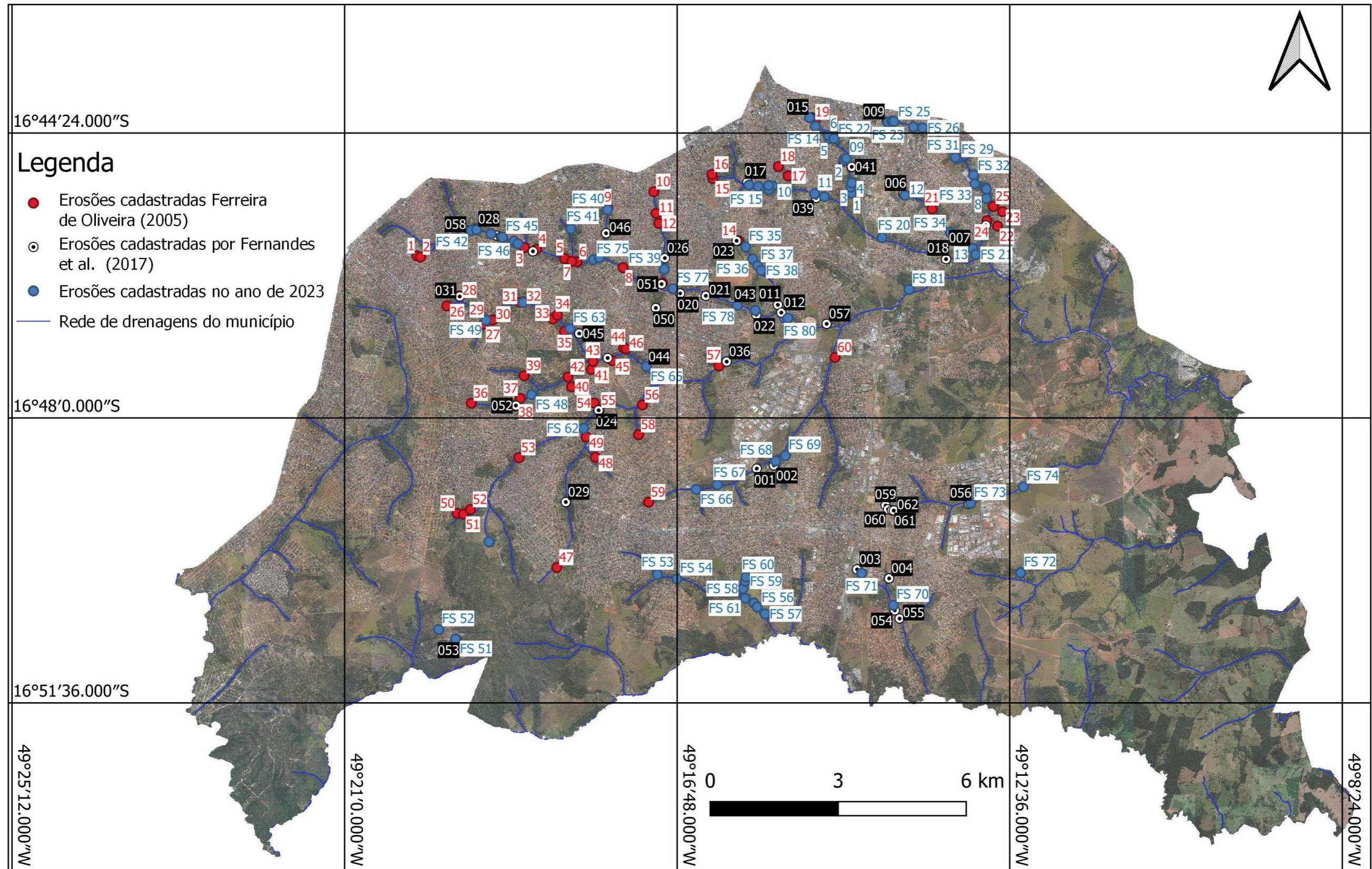
Na Figura 21, é possível analisar a dinâmica erosiva do município de Aparecida de Goiânia entre os anos de 2005, 2017 e 2023 em relação à imagem de satélite do ano de 2023. Essa dinâmica é claramente visualizada ao notarmos que, entre os anos de 2005 e 2017, 5 focos erosivos foram identificados no mesmo local. Já entre os anos de 2017 e 2023, 12 focos erosivos foram identificados no mesmo local, e 64 novas feições surgiram por todo o município. Para o intervalo de 2005 a 2023, apenas um foco erosivo se manteve ativo, no mesmo local. Interessante salientar que 3 focos erosivos foram cadastrados em 2005 e voltaram a ser cadastrados no ano de 2023, indicando que no ano de cadastro de 2017 esses focos erosivos haviam sido solucionados de alguma forma, não identificada nesse trabalho.

Tais análises permitiram verificar que 57 erosões identificadas no ano de 2005 foram controladas ou recuperadas pela prefeitura. As técnicas geralmente utilizadas compreendiam a estabilização após implementação de obras de canalização dos córregos; estabilização após obras de pavimentação e de drenagem pluvial; aterramento e estabilização; e estabilização e

recomposição vegetal de forma natural. Tais técnicas se mostraram eficientes, uma vez que apenas 3 erosões foram reativadas e apenas uma nunca foi totalmente recuperada.

Já das 45 erosões identificadas no ano de 2017, 34 foram recuperadas e não são mais identificadas no ano de 2023. Nesses casos, também foram adotadas técnicas de estabilização após obras de pavimentação e de drenagem pluvial nos arredores das erosões; assim como recomposição vegetal após obras de canalização dos córregos. Entretanto, é importante salientar que algumas das erosões inventariadas em 2017 não puderam ser identificadas em 2023 devido à presença de vegetação densa na imagem de satélite.

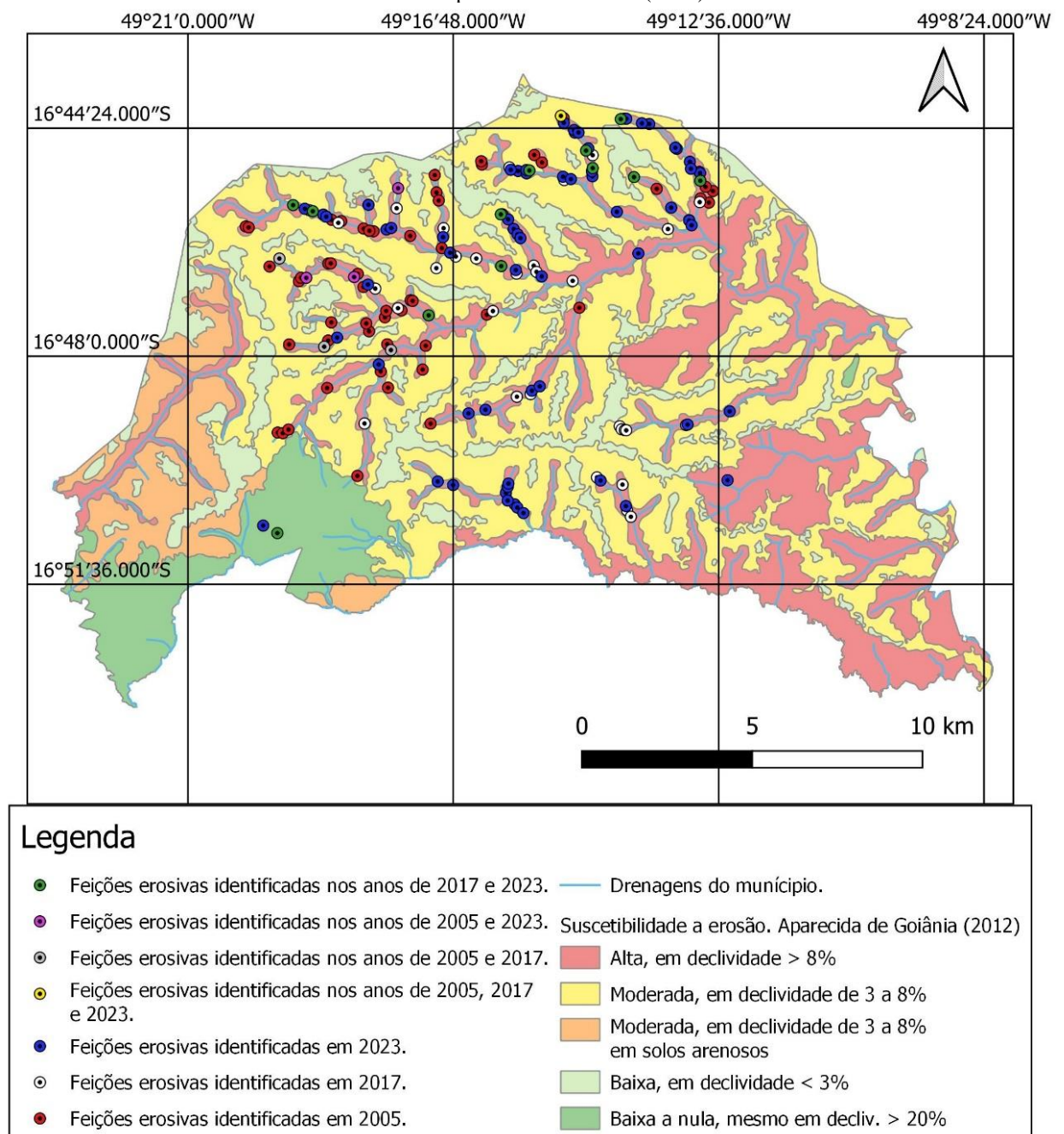
Figura 21 - Mapa indicando o inventário erosivo do município de Aparecida de Goiânia (GO) entre os anos de 2005, 2017 e 2023



Fonte: elaborada pelo autor.

Com base na Figura 21, verifica-se que os focos erosivos do município se concentram sempre associados ou próximos aos canais das drenagens, que compreendem áreas com alta suscetibilidade à erosão, de acordo com Aparecida de Goiânia (2021), conforme visualiza-se na Figura 22. Até a data de 2017, de acordo com os estudos realizados por Ferreira de Oliveira (2005) e Fernandes *et al.* (2017), verificou-se que os focos erosivos se iniciavam sempre em locais sem a infraestrutura básica para drenagens pluviais e bairros sem asfaltamento.

Figura 22 - Inventário das feições erosivas dos anos de 2005, 2017 e 2023 em relação à Carta de suscetibilidade à erosão de Aparecida de Goiânia (2012)



Fonte: elaborada pelo autor.

Por conseguinte, após obras pontuais realizadas pelo poder público, ou até mesmo por particulares (entre os anos de 2005 e 2017), ocorreram migrações dos focos erosivos para pontos mais a jusante das nascentes. Esse fenômeno pode ser visualizado a partir de 2017, quando os focos erosivos já não seguem mais o padrão de locais sem infraestrutura básica, se tornando grandes erosões marginais aliadas ao assoreamento dos canais do município.

Verificou-se, portanto, que a mitigação pontual dos processos erosivos que ocorreu nos anos anteriores a 2017 levou ao surgimento de novas erosões em novas áreas do município de Aparecida de Goiânia. Para tal compreensão, analisou-se historicamente, através das imagens de satélite de diferentes anos disponibilizadas pelo Google Earth, as erosões cadastradas por Ferreira de Oliveira (2005). Considerando a mesma numeração do autor para identificação das feições, foi elaborada a análise da evolução das 60 feições erosivas cadastradas no ano de 2005, cujo resultado apresenta-se na Tabela 6.

Tabela 6 - Evolução das feições erosivas cadastradas no ano de 2005 por Ferreira de Oliveira (2005) até o ano de 2023

Erosão	Denominação	Situação atual
1	Voçoroca Brasil do Ouro	Estabilizada e recuperada desde 2015 devido a obras de canalização do córrego.
2	Ravina Tamanduá do Ouro	Estabilizada e recuperada desde 2015 devido a obras de canalização do córrego.
3	Ravina Cardoso do Ouro	Aterrada em 2009. Estabilizada e recuperada em 2012 devido a obras de pavimentação e drenagens.
4	Ravina Central do Ouro	Estabilizada desde 2008 devido a obras de retaludamento das margens erosivas.
5	Ravina Coemitanga do Ouro	Estabilizada desde 2008.
6	Ravina H-41 Capão	Estabilizada desde 2008, devido a obras de drenagens urbanas.
7	Ravina V-6 Capão	Estabilizada desde 2008, devido a obras de drenagens urbanas.
8	Ravina H-84 Capão	Estabilizada desde 2006.
9	Voçoroca Dona Josefina Capão	Estabilizada desde 2007. A partir de 2008, obras de pavimentação em sua proximidade.
10	Ravina Ribeirão Preto Capão	Estabilizada. Sem visualização devido à área de mata.
11	Ravina 9 de Julho Capão	Estabilizada. Recuperada em 2008 devido a obras de pavimentação e drenagens.
12	Ravina Zacarias Capão	Estabilizada. Recuperada em 2008 devido a obras de pavimentação e drenagens.
13	Ravina Lima Capão	Estabilizada. Sem visualização devido à área de mata
14	Ravina Euclides da Cunha Capão	Aterrada em 2007. Recuperada em 2008 devido a obras de pavimentação e drenagem.
15	Voçoroca Pires do Rio Capão	Aterrada em 2007. Recuperada em 2008 devido a obras de pavimentação e drenagem.
16	Voçoroca do Almeida Capão	Aterrada em 2007. Recuperada em 2008 devido a obras de pavimentação e drenagem.
17	Ravina Brasília Pedra de Amolar	Estabilizada e recomposta naturalmente.
18	Ravina Antônio Alves Pedra de Amolar	Aterrada em 2007. Recuperada em 2012 devido a obras de pavimentação e drenagem.

19	Voçoroca Vila Sul Pedra de Amolar	Atterrada em 2008. Reativada em 2012, com avanço lento até o ano de 2017. Estabilizada e recuperada em 2017, com obras de drenagem. Reativada em 2019. Atterrada em 2021.
20	Ravina EM-20 Santo Antônio	Recuperada em 2008 devido a obras de pavimentação e drenagem.
21	Ravina X-20 Santo Antônio	Recuperada em 2008 devido a obras de pavimentação e drenagem.
22	Ravina São Jorge Santo Antônio	Atterrada em 2012. Estabilizada desde 2013.
23	Ravina Léo Lynce Santo Antônio	Estabilizada e recuperada desde 2012 devido a obras de pavimentação e drenagem em sua proximidade.
24	Voçoroca X-41 Santo Antônio	Estabilizada. Sem visualização devido à área de mata.
25	Voçoroca Vasco Reis Santo Antônio	Atterrada durante vários anos até 2014. Estabilização com mudança do local erosivo.
26	Ravina Buriti Santo Antônio	Estabilizada. Sem visualização devido à área de mata.
27	Ravina Maracanã Santo Antônio	Estabilizada e recomposta naturalmente devido a obras de pavimentação e drenagem em sua proximidade.
28	Voçoroca Niemayer do Açude	Atterrada em 2006 e estabilizada desde então devido a obras de pavimentação e drenagem em sua proximidade.
29	Ravina Graça Aranha Saltador	Estabilizada e recomposta naturalmente devido a obras de pavimentação e drenagem em sua proximidade.
30	Ravina Mal. Rondon Saltador	Estabilizada e recomposta naturalmente devido a obras de pavimentação e drenagem em sua proximidade.
31	Ravina N. S. de Fátima	Estabilizada e recomposta naturalmente.
32	Ravina do Ouro	Estabilizada e recomposta naturalmente.
33	Ravina Prado Júnior	Estabilizada e recomposta naturalmente.
34	Voçoroca R-6	Atterrada em 2006. Reativada em 2008. Estabilizada e recomposta naturalmente a partir de 2013.
35	Ravina Alameda 111	Atterrada em 2009.
36	Voçoroca Colonial Sul	Estabilizada e recomposta naturalmente. Sem visualização devido à área de mata.
37	Ravina Brasil	Atterrada em 2006. Recuperada em 2008 devido a obras de pavimentação e drenagem.
38	Voçoroca Rio Branco	Estabilizada. Sem visualização devido à área de mata.
39	Ravina Moriácamp	Estabilizada. Sem visualização devido à área de mata.
40	Ravina Veneza	Estabilizada.
41	Ravina 106	Estabilizada e recomposta naturalmente.
42	Voçoroca ASMEGO	Atterrada em 2006. Reativada em 2008. Estabilizada e recomposta naturalmente a partir de 2009.
43	Voçoroca 107	Atterrada em 2008. Estabilizada e recomposta naturalmente a partir de 2009.
44	Ravina dos Gansos	Estabilizada e aterrada em 2006.
45	Ravina dos Mutuns	Recuperada após obras de drenagem em 2008.
46	Ravina dos Cisnes	Estabilizada e recomposta naturalmente.
47	Ravina Independência	Recuperada em 2008 devido a obras de pavimentação e drenagem.
48	Ravina Fidélis	Estabilizada e recomposta naturalmente. Sem visualização devido à área de mata.
49	Ravina JK	Estabilizada e recomposta após obras de pavimentação e drenagem em sua proximidade em 2014.
50	Ravina C-10	Estabilizada. Sem visualização devido à área de mata.
51	Ravina Cascata	Estabilizada. Sem visualização devido à área de mata.
52	Ravina C-2	Atterrada em 2008 e estabilizada desde então.
53	Ravina R-9	Atterrada em 2006 e estabilizada desde então.
54	Ravina Itamarati	Recuperada após obras de drenagem e pavimentação em 2006.
55	Ravina Concórdia	Recuperada após obras de drenagem e pavimentação em 2006.

56	Voçoroca Veiga Valle	Atterrada parcialmente em 2006 e totalmente em 2007. Estabilizada e recuperada após obras de pavimentação e drenagem em sua proximidade em 2012.
57	Ravina Luiz Fleury	Atterrada parcialmente em 2012. Crescimento até 2014, quando foi aterrada parcialmente novamente. Recuperada em 2015 após obras de asfaltamento e drenagens.
58	Ravina Cerita	Atterrada parcialmente em 2008. Estabilizada desde 2008, com recomposição natural a partir de 2015. Reativação em 2021. Atterrada em 2022.
59	Voçoroca dos Arcos	Atterrada parcialmente em 2013, 2015, 2016 e 2020. Estabilizada desde 2020.
60	Ravina Anel Viário	Estabilizada e recomposta naturalmente a partir de 2008.

Fonte: elaborada pelo autor.

Para ilustrar as informações apresentadas pela Tabela 3, utilizou-se o caso da erosão 18 (Ravina Antônio Alves Pedra de Amolar), identificada por Ferreira de Oliveira (2005) no ano de 2005, conforme apresenta a Figura 23. Analisando imagens entre os anos de 2005 e 2007, verificou-se seu aumento, se expandindo para dois braços evolutivos, paralelo à Alameda Hélio Antônio Alves, devido ao aterramento do local por resíduos de construção (Figura 23B). Já no ano de 2008, verifica-se pela imagem que o braço de ravinamento foi completamente aterrado por resíduos de construção, adquirindo novos braços, ao final do aterramento perpendicular à Alameda (Figura 23C). Em 2009, o ravinamento adquire um novo braço, perpendicular à Alameda (Figura 23D). Apenas no ano de 2012, a feição é estabilizada definitivamente, a partir de obras de asfaltamento e drenagem pluvial (Figura 23E). Na Figura 23F, é possível verificar o local, no ano de 2021, através de uma imagem obtida com o auxílio da ferramenta *Street view* do Google, onde se observa a presença do asfaltamento e de obras de drenagens pluviais em destaque na figura.

Figura 23 - Análise da evolução temporal da feição erosiva 18, cadastrada por Ferreira de Oliveira (2005). A) Feição erosiva em 2005; B) Feição erosiva em 2007; C) Feição erosiva em 2008; D) Feição erosiva em 2009; E) Feição erosiva em 2012; F) Imagem da área obtida através da ferramenta *Street view*, do ano de 2021



Fonte: elaborada pelo autor.

Foi também realizada a análise evolutiva das erosões cadastradas no ano de 2017, por Fernandes *et al.* (2017). Para isso, considerou-se a mesma numeração das feições erosivas utilizada pelos autores na elaboração do inventário. Os resultados dessa etapa estão apresentados na Tabela 7, sendo que, por análise, verificou-se que o padrão evolutivo da erosão no município de Aparecida de Goiânia, após 12 anos do cadastrado de Ferreira de Oliveira (2005), continua da mesma maneira, pois as erosões são corrigidas pelo poder público pontualmente, levando à alteração dos locais de desenvolvimento do processo erosivo para áreas a jusante das iniciais, na maioria dos casos.

Tabela 7 - Evolução das feições erosivas cadastradas no ano de 2017 por Fernandes *et al.* (2017) até o ano de 2023

Erosão	Local	Situação atual
1	Rua Área do Lazer	Estabilizada sem crescimento aparente desde 2017.
2	Rua Itá Felix de Souza	Crescimento até o ano de 2019. Recuperada em 2019 após obras de asfaltamento e drenagem pluvial em seus arredores.
3	BR-153	Estabilizada após obras de canalização do córrego no emboque erosivo em 2018. Recomposição natural da vegetação.
4	Rua das Sapucaias	Rebordo erosivo aterrado em 2018 e 2019. Reativada em 2020. Estabilização e recomposição vegetal a partir de 2021, devido à correção no leito do córrego.
6	Avenida Jataí	Erosão ativa com mudança no eixo erosivo em 2022.
7	Rua X 34	Estabilizada. Sem visualização devido à área de mata.
8	Rua X 25	Aterrada constantemente desde 2017. Desde 2022 possui residências de baixo padrão em cima da antiga erosão.
9	Rua Aruanã	Estabilizada. Sem visualização devido à área de mata.
11	Rua 25	Crescimento até o ano de 2018, quando houve recomposição do talude. Desde então estabilizada com recomposição da vegetação.
12	Rua Vinte e três	Aterrada em 2018 para desvio do curso de água. Recomposição vegetal até 2021, quando foi realizada uma mudança do leito do córrego. Estabilizada desde então.
14	Av. Luís XV	Aterrada em 2018 com recomposição da frente erosiva. Aterrada novamente em 2019. Colocação de entulho no final da rua para impedir o crescimento em 2020 e também aterramento com entulho dentro da erosão. Continua ativa com novos braços de crescimento.
15	Rua Marabá	Estabilizada e recuperada em 2017, com obras de drenagem. Reativada em 2019. Aterrada em 2021. Novas obras de recuperação em 2022.
16	Alameda Antônio Alves Neto	Estabilizada sem crescimento aparente desde 2017.
17	Alameda Antônio Alves Neto	Estabilizada. Sem visualização devido à área de mata.
18	Alameda Pedro de Sá	Recuperada e recomposta em 2017 após canalização do córrego.
19	Rua X41 D	Aterrada em 2018, porém em contínua atividade erosiva. Aterramento em 2022 com obras para a contenção do talude erosivo e mudança do leito do córrego.
20	Av. W	Estabilizada. Sem visualização devido à área de mata.
21	Rua L-16	Recomposição do talude erosivo em 2019, com obras de estabilização e recomposição vegetal.
22	Av. São João	Obras de canalização do córrego e recomposição viária em 2017.
23	Av. Euclides da Cunha	Aterrada com entulhos variados em 2018. Recomposição com obras de drenagem e asfaltamento em 2019.
24	Rua da Concórdia	Estabilizada e recomposta naturalmente.
25	Avenida Uirapuru	Estabilizada e recomposta naturalmente.

26	Rua Érico Veríssimo	Aterrada com entulhos variados em 2018. Avanço lento e gradual desde então.
27	Av. Anchieta	Estabilizada. Sem visualização devido à área de mata.
28	Av. Guyraupιά	Aterrada em 2019 com resíduo de construção. Tentativa de recomposição em 2021. Estabilizada até o momento.
29	Av. Benedito Silvestre de Toledo	Estabilizada. Sem visualização devido à área de mata.
31	Av. Mal. Rondon	Estabilizada. Sem visualização devido à área de mata.
36	Alameda Joaquim Gustavo da Veiga Jardim	Estabilizada desde 2017.
39	Alameda das Tílias	Rebordo erosivo aterrado e recomposto em 2018. Com recomposição vegetal desde 2019.
40	Av. Toledo	Estabilizada e com recomposição vegetal.
41	Plante Roots - Viveiro Ambiental	Erosão ativa até 2018, quando foram realizadas recomposição do talude erosivo e recomposição vegetal.
43	Rua L-16	Estabilizada naturalmente desde 2018 e com recomposição vegetal.
44	Rua Maria de Melo Arruda	Ativa até a presente data.
45	Rua Córrego do Ouro	Estabilizada. Sem visualização devido à área de mata.
46	Av. V-4	Estabilizada. Sem visualização devido à área de mata.
47	Av. Aruanã	Erosão recomposta após obras de drenagens pluviais em 2021.
48	Av. Aruanã	Erosão estabilizada e recomposta naturalmente a partir do ano de 2019.
50	Rua J-11	Estabilizada. Sem visualização devido à área de mata.
51	Rua Amoroso Lima	Estabilizada. Sem visualização devido à área de mata.
52	Av. Rio Branco	Estabilizada. Sem visualização devido à área de mata.
53	Serra das Areias	Erosão ativa.
54	Av. Independência	Erosão ativa de forma lenta e gradual.
55	Rua Noventa e Sete	Estabilizada. Sem visualização devido à área de mata.
56	Rua Maria Elias Lisboa Santos	Estabilizada naturalmente desde 2018.
57	Rua Osório Arantes	Estabilizada com recomposição vegetal a partir de 2020.
58	Av. Guyraupιά	Estabilizada.
59	Rua das Caliandras	Estabilizada. Sem visualização devido à área de mata.
60	Rua Araponga	Estabilizada. Sem visualização devido à área de mata.
61	Rua Hugo Frões	Estabilizada. Sem visualização devido à área de mata.
62	Rua Hugo Frões	Estabilizada. Sem visualização devido à área de mata.

Fonte: elaborada pelo autor.

Para referendar o quadro evolutivo, analisou-se historicamente a erosão 4 (Rua das Sapucaias), conforme apresenta a Figura 24. No ano de 2017, a erosão apresentava um quadro de evolução rápida nos períodos chuvosos, com dois trechos em desenvolvimento, um a montante no final da Avenida Massaranduba, que aqui se denominará de frente erosiva superior, e outro ao lado da Rua Sapucaia, que se denominará frente erosiva inferior (Figura 24A). No ano de 2018, é possível constatar o avanço dessa erosão, com um aumento de sua ramificação para 3 braços a montante, na frente erosiva superior, e aproximação do foco erosivo, na frente erosiva inferior (Figura 24B). No ano de 2019, foram realizadas obras de

pavimentação e drenagem urbana nas proximidades da feição próxima à Avenida Massaranduba (frente erosiva superior), juntamente com aterramento das duas frentes erosivas do local (Figura 24C).

Para o ano de 2020, é possível analisar que a frente erosiva superior, próxima à Avenida Massaranduba, se estabiliza, com recomposição vegetal e sem novos focos erosivos. Já a frente erosiva inferior, da Rua das Sapucaias, apesar de ter sido aterrada no ano de 2019, tem uma nova reativação, já que a rua citada, pela imagem histórica, não teve asfaltamento até a data analisada (Figura 24D). Na última imagem histórica, no ano de 2022, foi possível visualizar que, após o asfaltamento, a feição erosiva se estabilizou, apresentando até recomposição vegetal (Figura 24E). Em 2023, conforme a Figura 24F, é possível verificar a Rua das Sapucaias com asfaltamento e obras de drenagens pluviais, evitando assim novos focos erosivos no local.

Figura 24 - Análise da evolução temporal da feição erosiva 4, cadastrada por Fernandes *et al.* (2017)

A) Feição erosiva em 2017; B) Feição erosiva em 2018; C) Feição erosiva em 2019; D) Feição erosiva em 2020; E) Feição erosiva em 2022; F) Foto de uma das ruas próximas à erosão no ano de 2023



Fonte: elaborada pelo autor.

Uma feição erosiva em específico foi cadastrada tanto por Ferreira de Oliveira (2005) quanto por Fernandes *et al.* (2017). Trata-se da erosão denominada 19 por Ferreira de Oliveira (2005) e como erosão 15 por Fernandes *et al.* (2017). Localiza-se na cabeceira de um canal de drenagem de primeira ordem, afluente do Córrego Almeida, na confluência das ruas 3 e Marabá.

O histórico da evolução dessa feição erosiva demonstra como o poder público não domina adequadamente as formas de controle e estabilização das erosões. Conforme visualizado na Figura 25A, no ano de 2002, observa-se a presença do foco erosivo instalado no local, possivelmente com uma evolução lenta, uma vez que é notada a presença de vegetação na cabeceira da drenagem. Os arredores da cabeceira da drenagem já possuem urbanização consolidada com pouco lotes a serem ocupados e asfaltamento em algumas ruas. No ano de 2006, é possível ver a atividade da erosão, com alguns novos braços de crescimento. A urbanização dos arredores mostra o asfaltamento das vias em algumas ruas e um número reduzido de lotes vazios (Figura 25B).

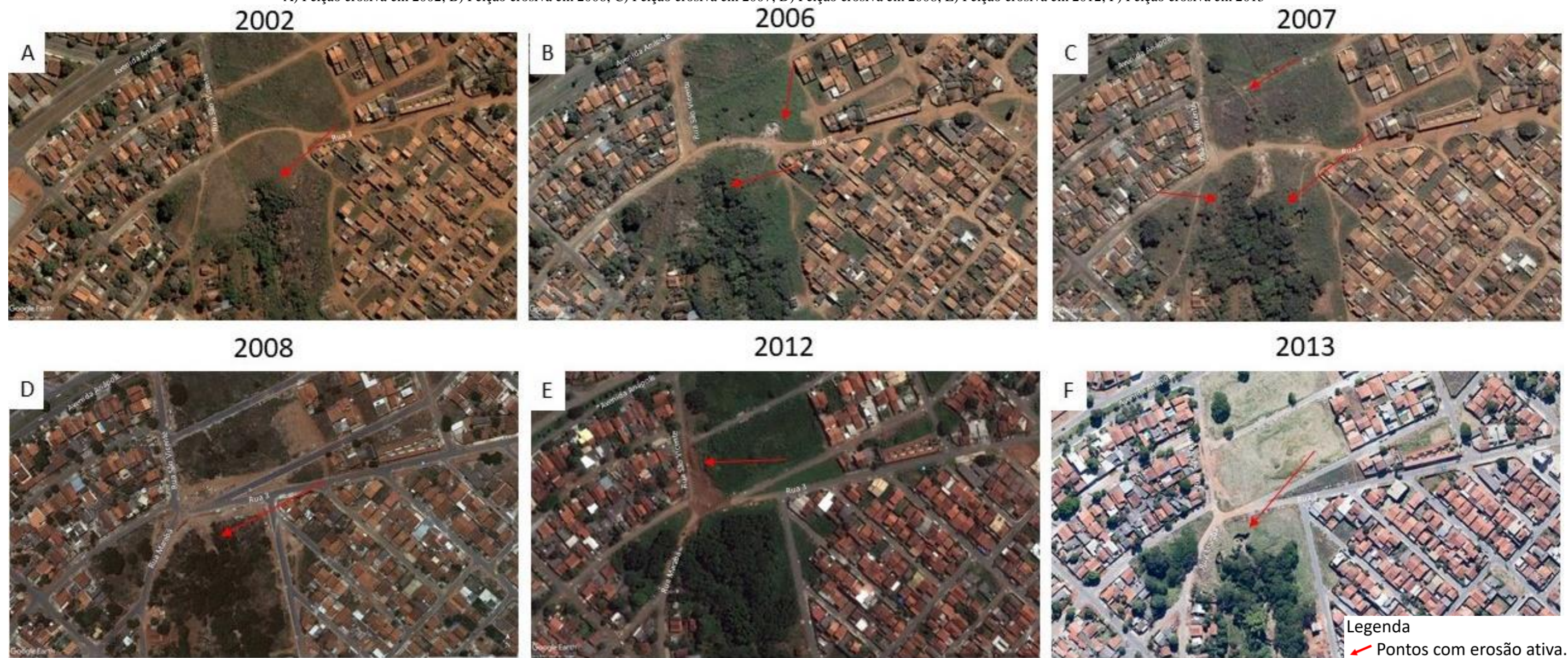
No ano de 2007, é possível perceber que a erosão continua seu crescimento, com uma incisão de ravinamento de aproximadamente 120 metros até a Avenida Anápolis (Figura 25C). Na passagem do ano de 2007 para 2008, todos os arredores da cabeceira da drenagem foram pavimentados, e tanto a erosão quanto o ravinamento foram aterrados. Pelas imagens, é possível verificar que obras de drenagens foram realizadas durante o processo de asfaltamento (Figura 25D).

No ano de 2012, um processo de ravinamento novamente é instalado no local, afetando a Rua São Vicente (Figura 25E). Devido a esse processo de ravinamento, em 2013, a erosão na cabeceira de drenagem se torna novamente ativa com dois braços atuantes no local (Figura 25F). A erosão tem um desenvolvimento lento, com recomposição da vegetação, devido aos aterramentos realizados entre os anos de 2014 e 2016 (Figura 25G), e em 2017, novas obras de drenagens e recomposição do talude erosivo são realizadas para escoamento das águas causadoras do foco erosivo (Figura 25H).

No início do ano de 2020, mais uma vez, é possível verificar que novos focos de ravinamento se iniciam na cabeceira da drenagem, justamente no local onde foram realizadas as obras de drenagem no ano de 2017 (Figura 25I). No ano de 2021, novos aterramentos do ravinamento são realizados, e é realizada a construção de uma quadra de futebol para a comunidade local (Figura 25J). A erosão continua estabilizada até o ano vigente de 2023, porém, devido à falta de vegetação próximo à Rua 3, infere-se que algum tipo de aterramento foi realizado no local (Figura 25K). Na Figura 25L, é possível visualizar a drenagem pluvial

instalada para conter o processo erosivo, assim como o alteamento da sarjeta para desvio das águas até o bueiro ali existente, sendo essa imagem datada de 2022.

Figura 25 - Análise da evolução temporal da feição erosiva denominada 19 por Ferreira de Oliveira (2005) e 15 por Fernandes *et al.* (2017)
 A) Feição erosiva em 2002; B) Feição erosiva em 2006; C) Feição erosiva em 2007; D) Feição erosiva em 2008; E) Feição erosiva em 2012; F) Feição erosiva em 2013



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 26 - Análise da evolução temporal da feição erosiva denominada 19 por Ferreira de Oliveira (2005) e 15 por Fernandes *et al.* (2017)
 G) Feição erosiva em 2016; H) Feição erosiva em 2017; I) Feição erosiva em 2020; J) Feição erosiva em 2021; K) Feição erosiva em 2022; L) Foto de uma das ruas próximas à erosão no ano de 2022



Fonte: elaborada pelo autor.

Apesar das diversas tentativas de recuperação, podemos observar que, em janeiro de 2023, mais uma vez a erosão se torna ativa, dessa vez com dois braços atuando na cabeceira da drenagem. Podemos observar que o local recebe um grande volume de águas pluviais durante os eventos chuvosos e que o sistema de drenagens ali instalado vem sendo insuficiente para dar vazão a esse volume das águas (Figura 27).

Figura 27 - Fotos da erosão denominada 19 por Ferreira de Oliveira (2005) e 15 por Fernandes *et al.* (2017), localizada entre as ruas 3 e Marabá, datada de janeiro de 2023

A) Nova frente erosiva com dois braços ativos; B) Vista do talude erosivo; C) Visto do talude erosivo, no braço secundário da erosão; D) Vista da drenagem pluvial implantada e detritos vegetais arrastados pelas águas após evento chuvoso



Fonte: elaborada pelo autor.

Com a técnica do monitoramento multitemporal dos focos erosivos em Aparecida de Goiânia, optou-se por analisar a dinâmica erosiva em um trecho do Córrego Almeida, um afluente na bacia de estudo (Figura 28). Para tanto, foram selecionadas três erosões cadastradas por Fernandes *et al.* (2017), sendo elas as erosões 014, 040 e 041, conforme a Figura 18; e as erosões 1 e 3, cadastradas no ano de 2023, conforme a Figura 19.

No ano de 2007, as ocupações nas proximidades da área analisada ainda consistiam em grandes áreas descampadas na margem esquerda do córrego; e, na margem direita, lotes

residenciais medianamente ocupados. Nessa data, os únicos processos erosivos se localizavam próximo ao ponto 1, processos esses naturais da dinâmica do Córrego Almeida (Figura 28).

Figura 28 - Erosões localizadas no Córrego Almeida no ano de 2007



O sentido da drenagem está representado pela seta azul, e o ponto erosivo, próximo ao ponto 1, está indicado pela seta vermelha. A numeração segue o cadastro realizado pelos autores.

Fonte: elaborada pelo autor.

Para o ano de 2009, conforme visualizado na Figura 29A, é possível perceber o aumento da urbanização em torno do Córrego Almeida, com maior ocupação dos lotes, tanto próximo das erosões como a montante do local. Nesse ano, foi possível identificar que os focos erosivos começam a se intensificar, podendo ser visualizados nos pontos 014, 040, 041 e 1. A erosão denominada como 014 é a única causada devido ao escoamento de águas pluviais, já que não está localizada às margens do Córrego Almeida, e sim em uma posição perpendicular à drenagem. Na erosão 1, podemos visualizar uma recomposição vegetal, indicando sua estabilização.

No ano de 2012, a ocupação da área de estudo se mostra consolidada, com quase 100% da totalidade dos lotes ocupados por residências e condomínios multiresidenciais. No ano analisado, nota-se o aumento da atividade dos focos erosivos estudados. Apesar de estar coberta com vegetação, é constatado o aumento da erosão 014 em direção à Rua Luís XV. As erosões 040 e 041 apresentam um considerável aumento em seu tamanho, e com relação à erosão 1, a ocorrência de recomposição vegetal demonstra que a erosão se apresenta estabilizada, sem movimentação, entre os anos de 2009 e 2012 (Figura 29B).

Na passagem de 2012 a 2013, a análise das imagens de satélite mostra que a erosão 014 continua com seu crescimento de forma contínua, sendo possível afirmar que, apesar de possuir vegetação, sua cabeceira encontra-se em crescimento. As erosões 040, 041 e 1 se apresentam, de certa forma, estabilizadas, contudo, sem recomposição vegetal nos taludes erosivos (Figura 29C). Para o ano de 2014, as erosões analisadas se encontram estabilizadas, conforme visualizado na Figura 29D.

No ano de 2015, a Figura 29E nos indica a evolução da erosão 014, que tem um incremento na evolução de sua cabeceira, ainda em direção à Rua Luís XV. Nesse ano é possível verificar a estabilização das outras três erosões analisadas. Em 2016, é possível visualizar que a erosão 014 apresentou um crescimento considerável, atingindo a Rua Luís XV. As erosões 040 e 041 também apresentaram aumento, sendo que a erosão 040 teve seu crescimento no sentido de uma grande construção localizada em sua cabeceira. A erosão 1, por sua vez, continuou estabilizada, já com total recomposição vegetal de seu talude. Essas informações podem ser visualizadas na Figura 28F.

De acordo com a Figura 29G, no ano de 2017, a erosão denominada 014 se apresentava estabilizada, com claros sinais de desvio das águas pluviais que percorrem a Rua Luís XV e Rua 11, onde, na imagem de satélite, é observada a recomposição vegetal de toda a feição erosiva. No ponto erosivo 041, a atividade erosiva foi reativada, tendo sido constatada a evolução erosiva em dois patamares. Já no ponto erosivo 040, percebe-se, pela imagem de satélite, o aterramento do talude erosivo de forma parcial, devido a uma obra no local para a passagem de um duto da companhia de saneamento da cidade de Aparecida de Goiânia. No ponto erosivo 1, podemos notar a reativação da erosão no local, a poucos metros da antiga erosão (Figura 28G).

A Figura 29H, datada no ano de 2018, indica que a erosão denominada 014 passou por obras de aterramento de sua cabeceira, com material disperso e entulhos de construção civil, em uma tentativa do poder público de cessar seu crescimento. No ponto 041, pela imagem, é possível observar os inícios de ações para controle do avanço erosivo, com maquinário pesado no talude. Com relação à erosão denominada 040, após as obras realizadas no ano anterior, ela se mostrou estabilizada, com retorno gradual do curso do Córrego Almeida e pequena recomposição vegetal na frente do talude erosivo. A erosão 1 apresentou pequeno avanço para a data analisada.

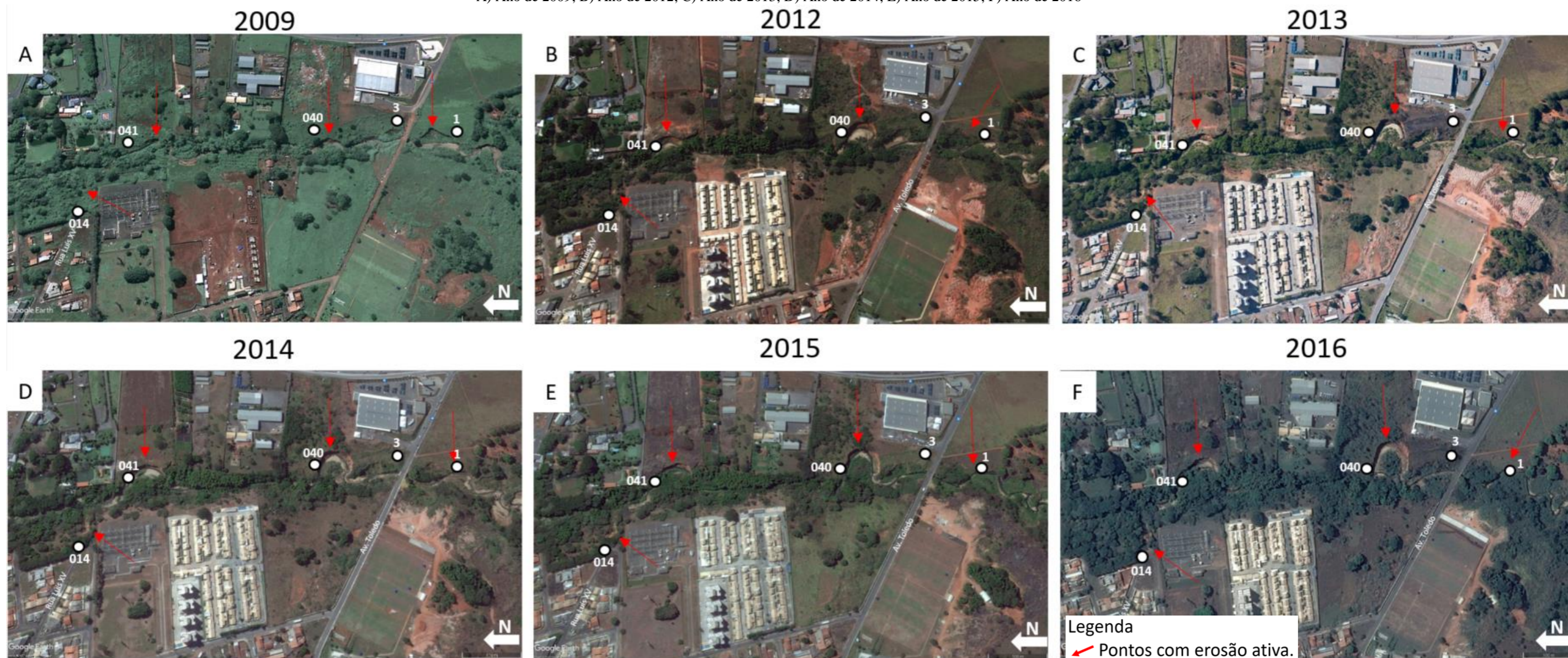
Para o ano de 2020, conforme a Figura 29I, observou-se que a erosão 014, após ativação entre os anos de 2018 e 2020, foi novamente aterrada com entulho de construção civil e solos variados pelo poder público. Pela imagem de satélite, verifica-se que a erosão se

encontra ativa, com retirada de vegetação ao longo de toda sua área. A erosão denominada 041, após obra de retaludamento e barramento por muro de gabião, se mostrou controlada e estabilizada. No caso da erosão 040, apesar de não terem ocorrido obras para controle, esta se encontra estabilizada, sem crescimento aparente durante o período analisado. Por sua vez, a erosão 1 teve um pequeno avanço entre os anos de 2018 e 2020 (Figura 29I).

Na passagem de 2020 para 2021, nota-se a estabilidade dos pontos erosivos. A erosão denominada 014 continua com o processo de aterramento de sua cabeceira com material de construção civil. As feições 040 e 041 também se apresentam estáveis devido às obras realizadas nos anos anteriores. Próximo ao ponto 13, na passagem subterrânea do Córrego Almeida, sob a Avenida Toledo, observa-se o surgimento de um novo ponto erosivo, denominado como 3, com provável surgimento devido à má drenagem das águas pluviais advindas do leste da bacia. No ponto 1, observa-se o avanço gradual do foco erosivo, na mesma direção do novo ponto erosivo (ponto 3), para leste (Figura 29J).

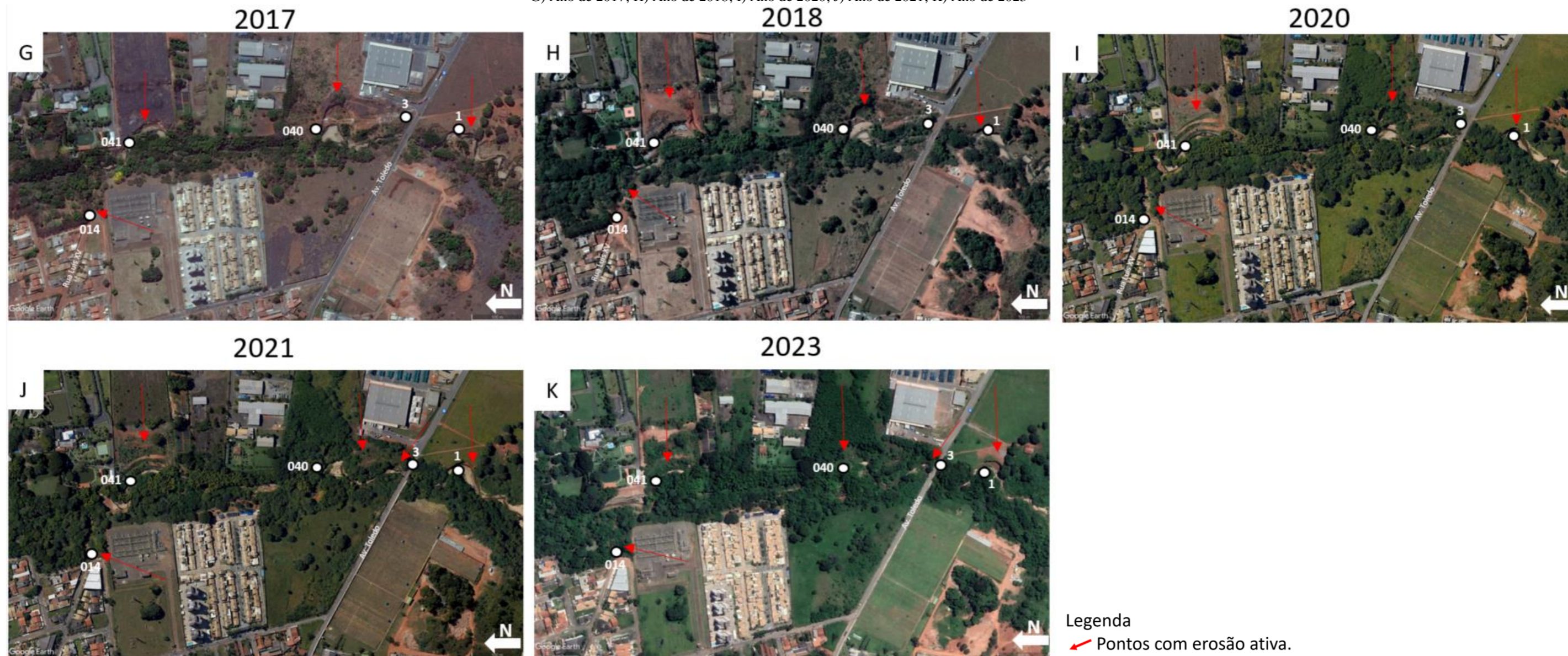
Finalmente, na Figura 29K, nota-se a estabilização dos processos erosivos denominados 041 e 040, inclusive com recomposição vegetal em ambos. Na erosão 014, é notado um pequeno trecho de solo exposto, onde, após visita de campo, foi observado um novo braço da feição erosiva. A montante do ponto 041, obras de retaludamento do Córrego Almeida foram visualizadas em fase inicial na data analisada. Com relação ao ponto 1, pode-se observar o contínuo avanço do processo erosivo, com queda de material na frente do talude erosivo, visto em visita a campo.

Figura 29 - Análise da evolução temporal das feições 014, 040 e 041, cadastradas por Fernandes *et al.* (2017), e das feições 1 e 3, cadastradas em 2023, próximas a um canal de drenagem inserido na área de estudo
 A) Ano de 2009; B) Ano de 2012; C) Ano de 2013; D) Ano de 2014; E) Ano de 2015; F) Ano de 2016



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 30 - Análise da evolução temporal das feições 014, 040 e 041, cadastradas por Fernandes *et al.* (2017), e das feições 1 e 3, cadastradas em 2023, próximas a um canal de drenagem inserido na área de estudo
 G) Ano de 2017; H) Ano de 2018; I) Ano de 2020; J) Ano de 2021; K) Ano de 2023



Fonte: elaborada pelo autor.

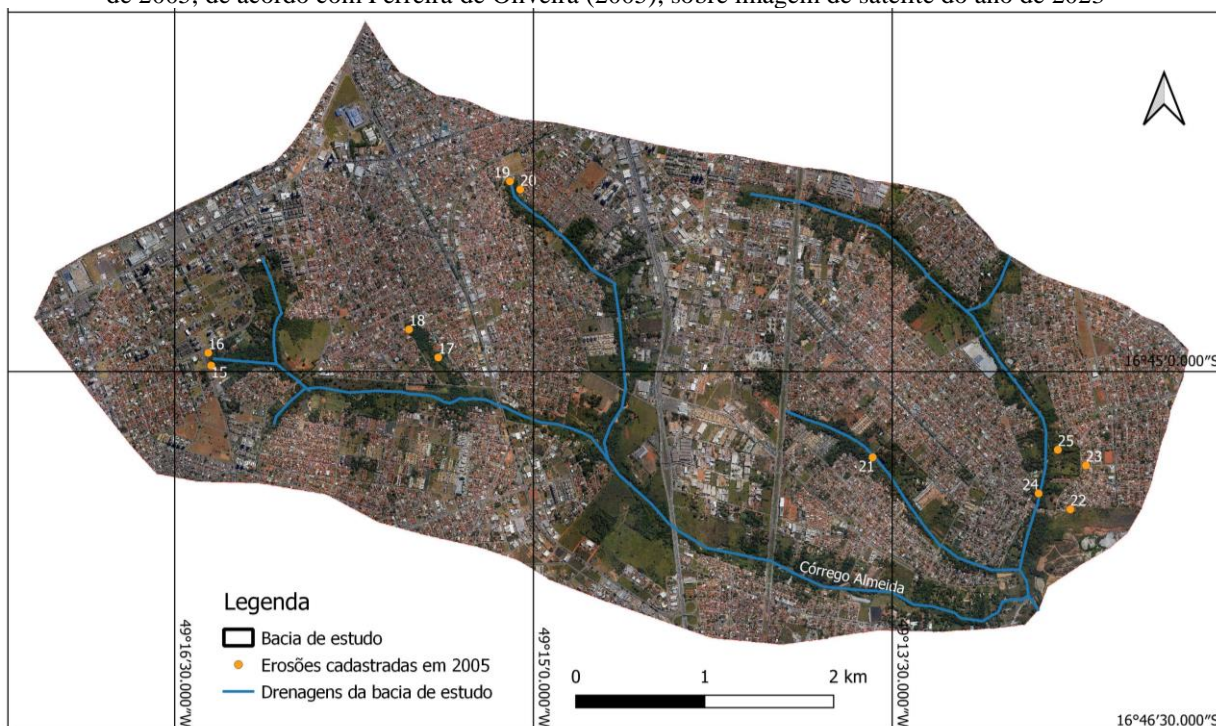
7.2 ÁREA DE ESTUDO EM DETALHE: SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DOS CÓRREGOS ALMEIDA E PIPA

7.2.1 Inventário das feições erosivas

O local escolhido para a realização de etapas de estudo mais detalhadas foi a sub-bacia hidrográfica do Córrego Almeida, localizada no município de Aparecida de Goiânia.

Considerando o inventário de feições erosivas elaborado por Ferreira de Oliveira (2005), para o ano de 2005, havia na sub-bacia 11 focos erosivos, entre ravinas e erosões de maior porte. A distribuição espacial dessas feições pode ser visualizada na Figura 31. Destaca-se que a numeração das erosões apresentada na Figura 31 segue a numeração cadastrada por Ferreira de Oliveira (2005), apresentada anteriormente na Figura 17.

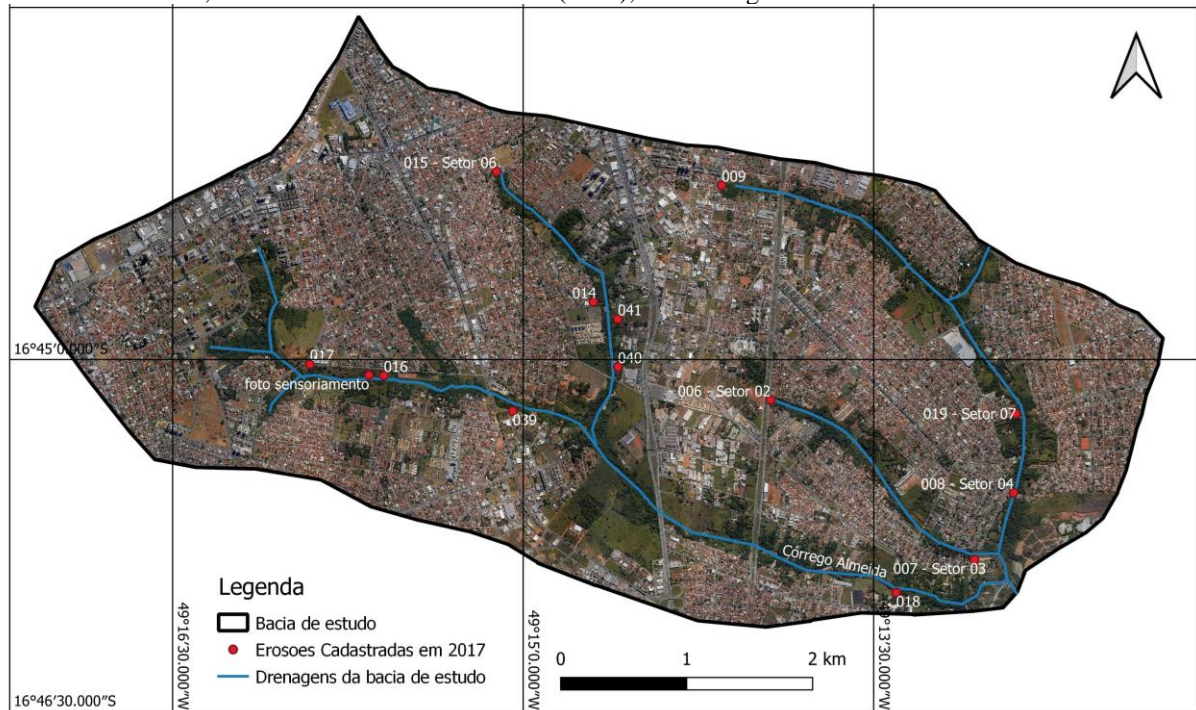
Figura 31 - Inventário das feições erosivas existentes na sub-bacia hidrográfica do Córrego Almeida, para o ano de 2005, de acordo com Ferreira de Oliveira (2005), sobre imagem de satélite do ano de 2023



Já de acordo com o inventário de feições erosivas elaborado para Fernandes *et al.* (2017), para o ano de 2017 na sub-bacia estudada, foram registradas 14 erosões conforme a Figura 32. Ressalta-se que a numeração das erosões apresentada na Figura 32 segue a numeração cadastrada por Fernandes *et al.* (2017), apresentada anteriormente na Figura 18.

Dessas erosões cadastradas, 5 foram consideradas áreas de risco para a população urbana pela Defesa Civil Municipal.

Figura 32 - Inventário das feições erosivas existentes na sub-bacia hidrográfica do Córrego Almeida, para o ano de 2017, de acordo com Fernandes *et al.* (2017), sobre imagem de satélite do ano de 2023

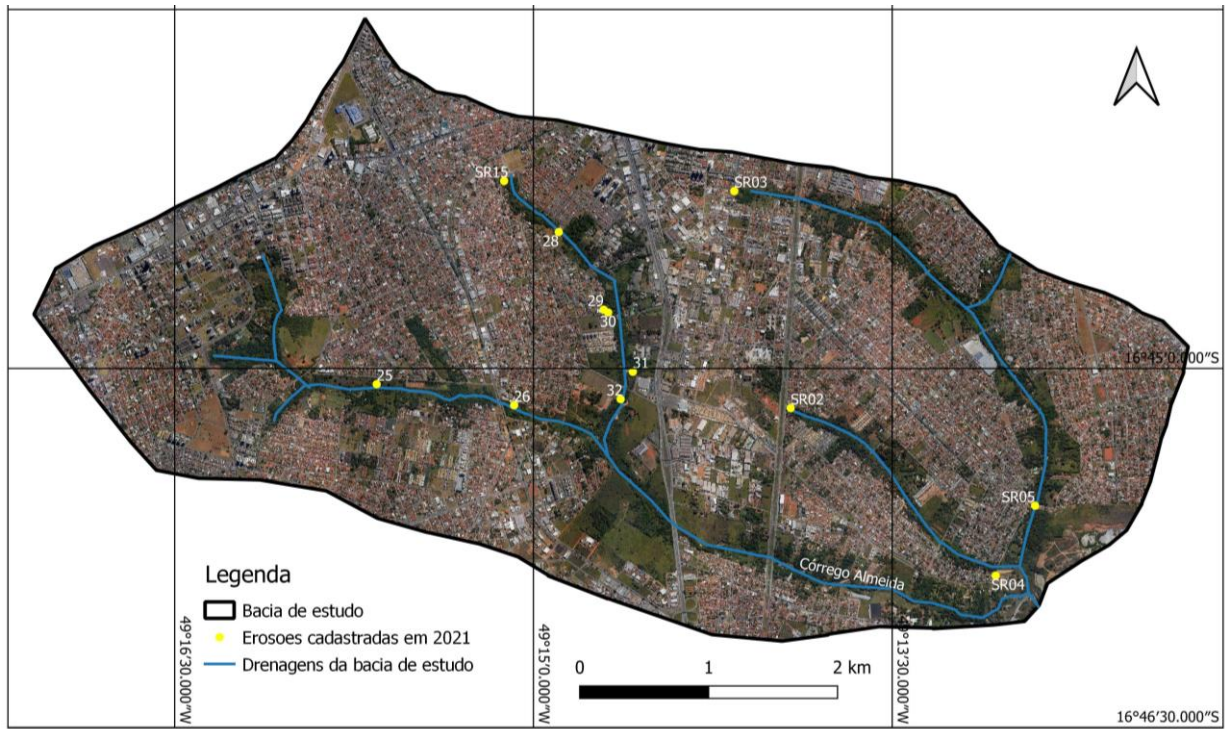


Fonte: adaptada de Fernandes *et al.* (2017).

Em 2021, segundo dados da Defesa Civil de Aparecida de Goiânia, o local estudado apresentava 12 erosões inventariadas, sendo que 5 foram consideradas áreas de risco para a população, devido suas proximidades a residências locais (informação verbal)¹. As localizações dessas erosões podem ser visualizadas na Figura 33, e sua numeração seguiu aquela previamente utilizada pela Defesa Civil Municipal.

¹ Informações concedidas pela Defesa civil do Município de Aparecida de Goiânia (GO) durante reunião, em modo oral e em arquivos de formato *shapefile*, em agosto de 2021.

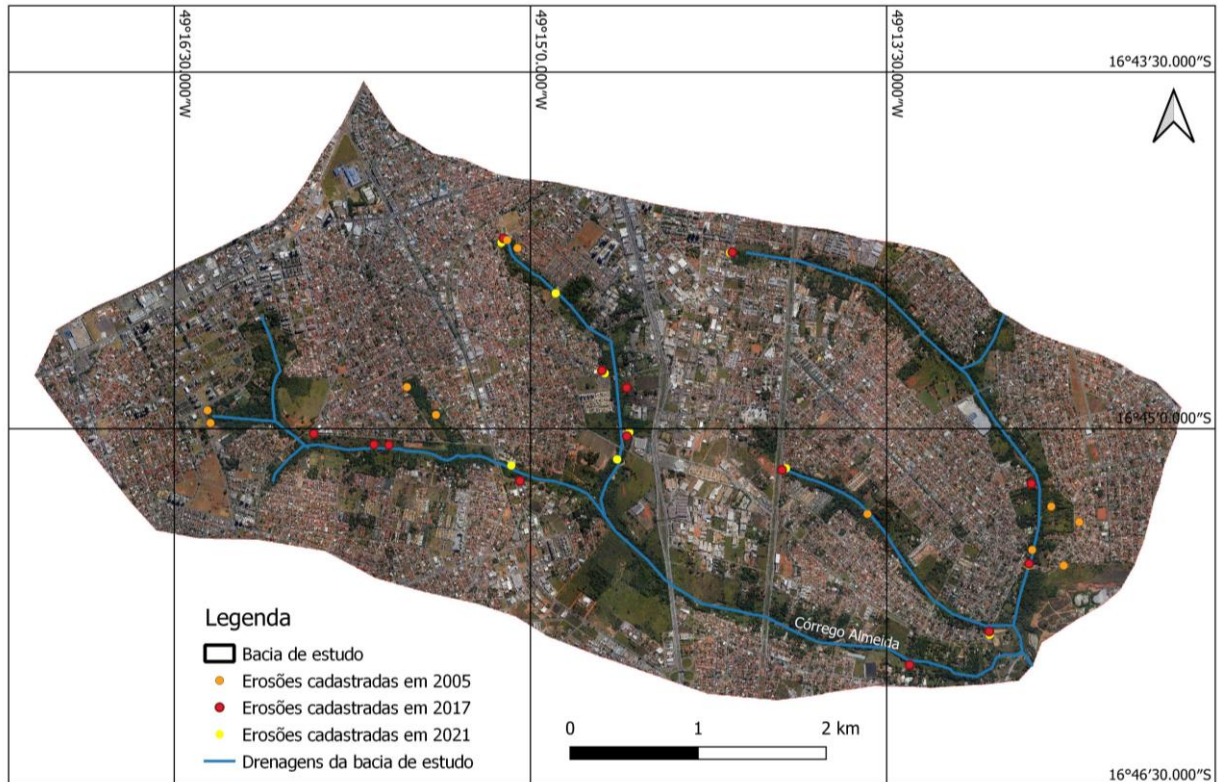
Figura 33 - Inventário das feições erosivas existentes na sub-bacia hidrográfica do Córrego Almeida, para o ano de 2021, de acordo com a Defesa Civil do Município de Aparecida de Goiânia (GO), sobre imagem de satélite do ano de 2023



Fonte: elaborada pelo autor.

Ao analisar os inventários dos anos de 2005, 2017 e 2021, é possível verificar a dinâmica erosiva da sub-bacia do Córrego Almeida, que é a mesma observada em todo o município (Figura 34). Entre os anos de 2005 e 2017, os pontos erosivos migram para trechos a jusante das cabeceiras de drenagens devido a obras pontuais de recuperação de erosão realizadas nas cabeceiras. Já entre os anos de 2017 e 2021, há uma pequena redução no número de erosões na área de estudo decorrente das tentativas da Prefeitura Municipal de Aparecida de Goiânia em mitigar os problemas erosivos, realizando aterramento de algumas das erosões com resíduos de construção civil e outros materiais. Ao realizar essas obras, o poder público acaba por desconsiderar o local como ponto erosivo, o que leva a um número diminuto de focos erosivos, já que, para o poder público, o foco erosivo foi solucionado de maneira paliativa.

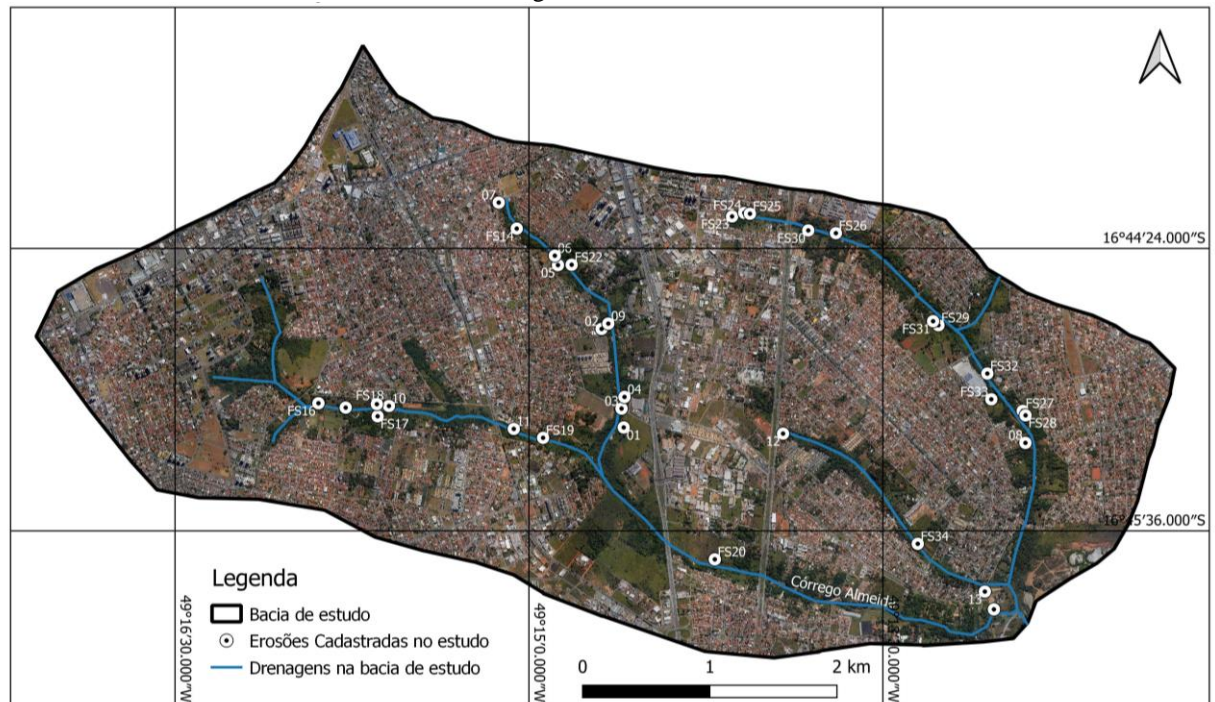
Figura 34 - Inventário das feições erosivas existentes na sub-bacia hidrográfica do Córrego Almeida, para os anos de 2005, 2017 e 2021, conforme dados de Ferreira de Oliveira (2005), Fernandes *et al.* (2017) e Defesa Civil do Município de Aparecida de Goiânia (GO), sobre imagem de satélite do ano de 2023



Fonte: elaborada pelo autor.

A partir dos resultados reunidos pelo inventário da Figura 34, associados à fotointerpretação de imagens de satélite de diferentes anos e de visitas a campo, foram cadastradas 34 erosões ativas na sub-bacia hidrográfica do Córrego Almeida para o ano de 2023. Destas, 13 foram visitadas para caracterização *si situ* e nomeadas de 1 a 13 no inventário da Figura 35. Por outro lado, as outras 21 erosões foram identificadas através de fotointerpretação e foram nomeadas de FS14 a FS34. A distribuição espacial de todas encontra-se na Figura 35. A análise desse documento permitiu verificar que o aumento de erosões na área de estudo ocorreu em decorrência do aumento da impermeabilização na sub-bacia, somado a um melhor cadastramento dos focos erosivos.

Figura 35 - Inventário das feições erosivas existentes na sub-bacia hidrográfica do Córrego Almeida, para o ano de 2023, sobre imagem de satélite do ano de 2023



Fonte: elaborada pelo autor.

7.2.2 Caracterização das feições erosivas

As feições erosivas numeradas de 1 a 13, conforme Figura 35, foram visitadas com o objetivo de realizar sua caracterização. A escolha das 13, conforme mencionado na metodologia, se deu em função da viabilidade de acesso. Durante as etapas de campo, foram preenchidas as fichas descritivas de cada uma das 13 feições, conforme apresenta o Apêndice 2. A Tabela 8, por sua vez, reúne as principais características das erosões caracterizadas.

Da totalidade de erosões visitadas, a grande maioria compreende erosões marginais (63% das erosões visitadas), 7% se enquadram na categoria de voçoroca, reativação de cabeceira de drenagem e de tipologia mista (1 erosão em cada tipologia) e 16% na tipologia de ravinas; 77% ocorrem em taludes naturais e 23% em taludes de corte; 54% encontram-se ativas e 46% foram classificadas como “condição não determinada”, o que significa que, no momento da visita, não foi possível estabelecer se havia ou não atividade erosiva ativa.

No caso do material erodido, 46% das erosões não tiveram seu material identificado, 30% se encaixam como saprólito de xisto e 24% de solo residual de xisto. Quanto ao uso e ocupação, 92% das erosões possuem em sua zona de influência áreas edificadas, o que denota forte influência das áreas impermeabilizadas no desenvolvimento dos processos erosivos.

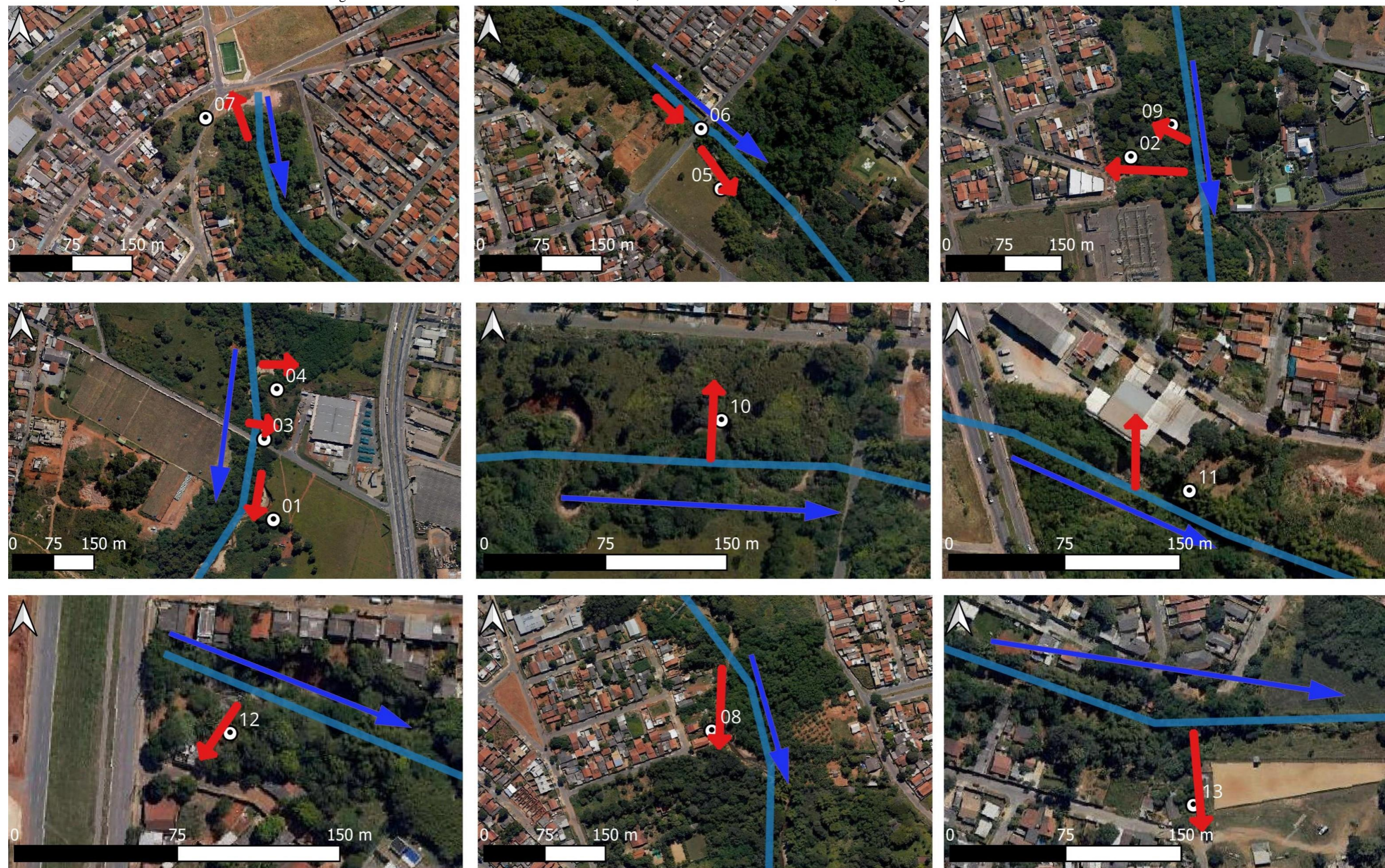
76% das erosões analisadas apresentam solo exposto, no foco erosivo, e 24% não puderam ser identificados no momento da visita.

No caso das orientações de erosões e ravinamentos, é importante destacar algumas características:

- a) Erosão 01: direção NE-SW, mesmo sentido da drenagem no local;
- b) Ravinamento 02 e erosão 09: os dois possuem orientação NW-SE, inclinado a direção da drenagem, que nesse ponto se encontra N-S, nesse caso é possível visualizar a linha de crescimento acompanhando o final do asfaltamento no local;
- c) Erosões 03 e 04: crescimento no sentido E-W, perpendicular à drenagem, contudo acompanhando a linha de direção dos asfaltamentos no local;
- d) Erosões 05 e 06: direção NW-SE acompanhando a direção da drenagem;
- e) Ravinamento 07: possui orientação N-S, concordante com o início da drenagem, estando na direção do final do asfaltamento na cabeceira da drenagem;
- f) Erosão 08: direção N-S, acompanhando a orientação da drenagem nesse ponto;
- g) Erosões 10 e 11: direção E-W, perpendicular à drenagem;
- h) Erosão 12: nesse caso a erosão possuía uma direção NW-SE, concordante com a direção da drenagem, porém adquiriu uma direção NE-SW, perpendicular à drenagem, apontando para o final do asfaltamento no local;
- i) Ravinamento 13: direção N-S, perpendicular à drenagem, que nesse ponto tem uma direção E-W.

As orientações dos focos erosivos podem ser mais bem visualizadas na Figura 36.

Figura 36 - Mosaico das erosões cadastradas na bacia, com o sentido dos focos erosivos, sobre imagem de satélite do ano de 2023



Legenda

→ Sentido da drenagem
 → Orientação dos focos erosivos
 ○ Erosões cadastradas no estudo
 Drenagem da bacia

Fonte: elaborada pelo autor.

7.2.3 Análise integrada dos dados do meio físico

As erosões identificadas na sub-bacia hidrográfica do Córrego Almeida, para o ano de 2023, foram sobrepostas aos mapas geológico e pedológico, de Ferreira de Oliveira (2005); geomorfológico, de Fernandes, Pinho e Castro (2021); e à carta de suscetibilidade à erosão, de Aparecida de Goiânia (2012), conforme apresenta a Figura 36.

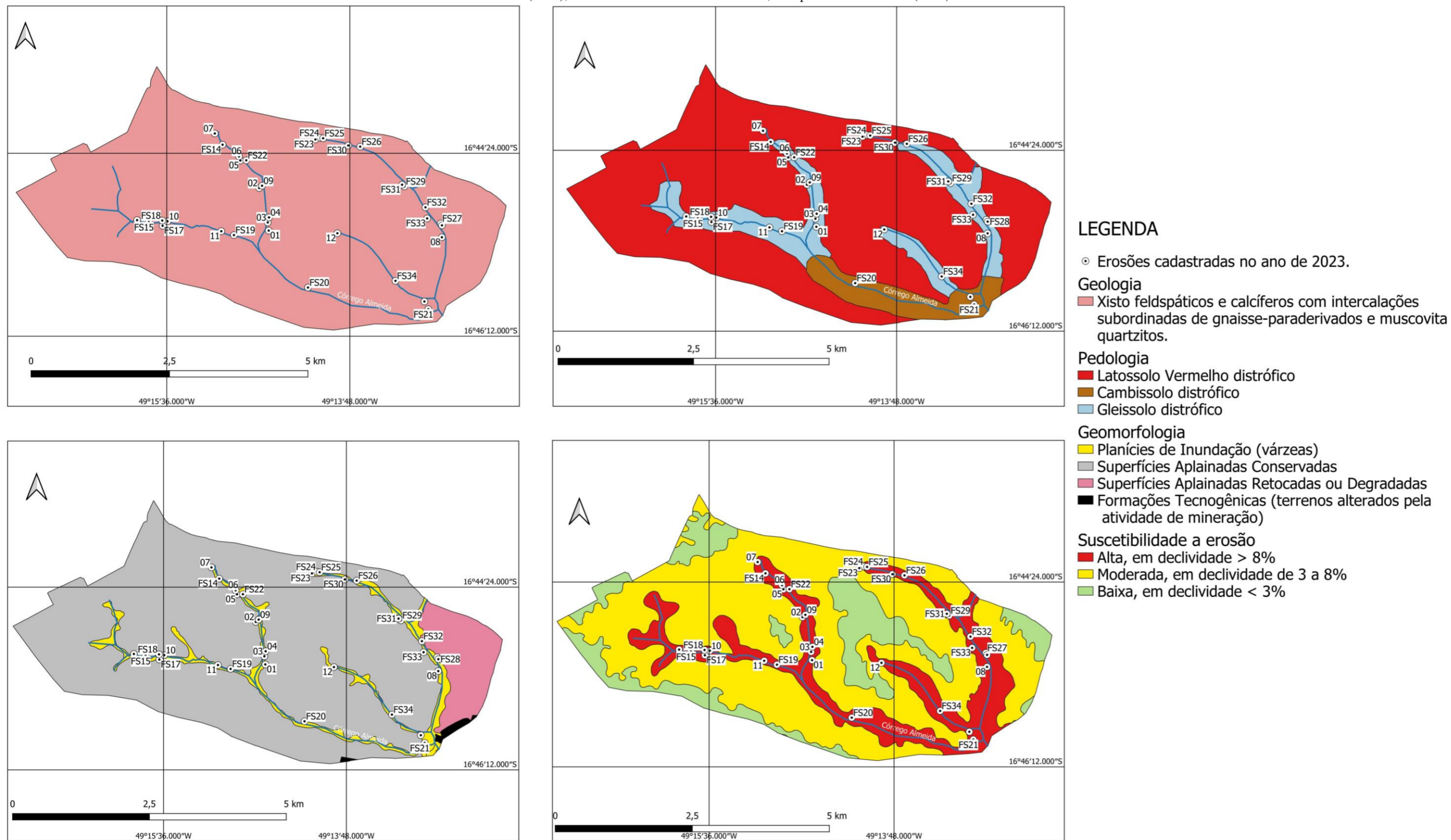
Em relação à geologia, toda a área se encontra sobre xistos feldspáticos e calcíferos, de modo que toda a sub-bacia hidrográfica do Córrego Almeida seja influenciada de forma única por esse parâmetro. Quanto à pedologia, encontram-se, predominantemente, os latossolos vermelhos distróficos dispostos, enquanto os gleissolos distróficos e os cambissolos distróficos encontram-se associados aos canais de drenagem, sendo este último restrito a trechos próximos ao exutório.

No que diz respeito à geomorfologia, foram identificadas na sub-bacia quatro padrões de relevo: as planícies de inundação, restritas às margens dos canais de drenagem; as superfícies aplainadas conservadas, que ocupam a maior parte das encostas da área de estudo; as superfícies aplainadas retocadas ou degradadas, restritas a um trecho a leste da sub-bacia; e, por fim, pequenas manchas de formação tecnogênica.

Finalmente, em relação à carta de suscetibilidade à erosão, a sub-bacia está relacionada a três classes, sendo estas: alta suscetibilidade à erosão, para declividades maiores que 8%; moderada suscetibilidade à erosão, relacionada às declividades entre 3 e 8%; e baixa suscetibilidade à erosão, associada às declividades menores que 3%.

Analisando a Figura 37, observa-se que todas as erosões da sub-bacia encontram-se em áreas classificadas como alta suscetibilidade à erosão, o que ocorre em áreas marginais aos canais de drenagem. Apesar de nem todas as feições erosivas identificadas serem classificadas como erosões marginais, muitas se instalaram em direções perpendiculares aos canais, em áreas classificadas como planície de inundação, associadas a solos do tipo gleissolo distrófico, nas cabeceiras das nascentes, e em menor quantidade em solo cambissolo distrófico, já próximo ao exutório da sub-bacia.

Figura 37 - Análise da distribuição espacial das erosões cadastradas na sub-bacia hidrográfica do Córrego Almeida, no ano de 2023, em relação aos mapas de geologia e pedologia, de Ferreira de Oliveira (2005), ao mapa de geomorfologia, de Fernandes, Pinho e Castro (2021), e à carta de suscetibilidade à erosão, de Aparecida de Goiânia (2012)



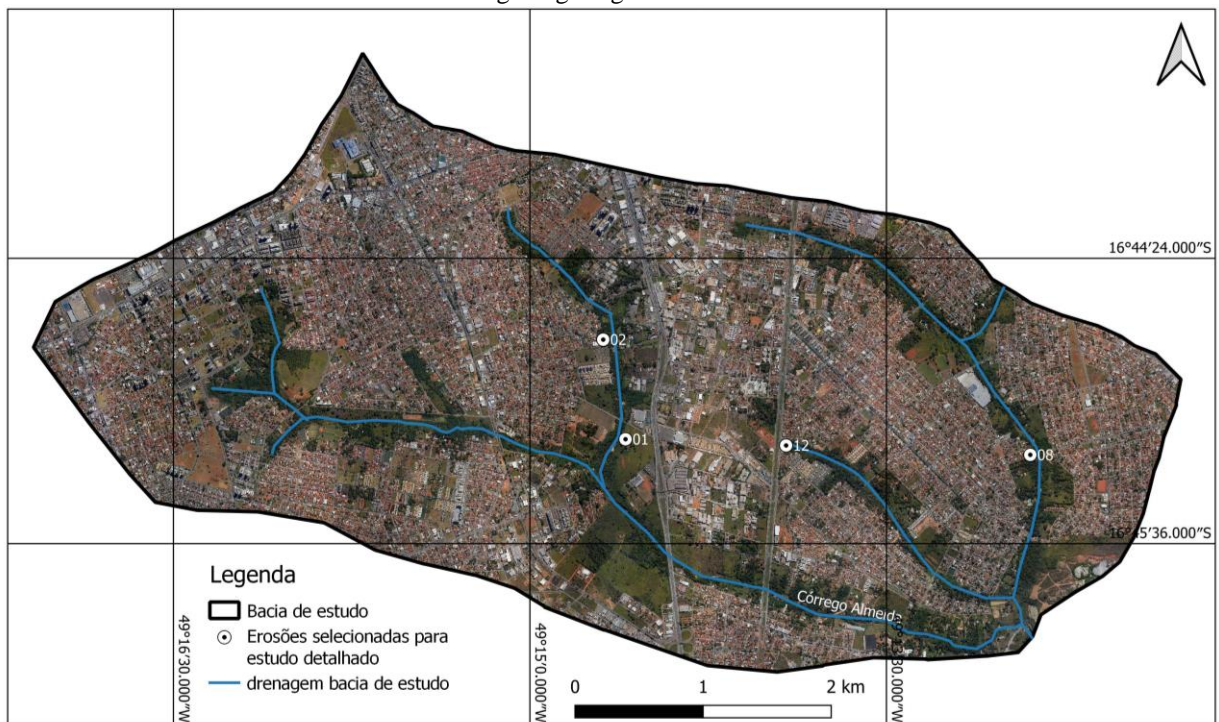
Fonte: adaptada de Ferreira de Oliveira (2005), Fernandes, Pinho e Castro (2021) e Aparecida de Goiânia (2012).

7.2.4 Monitoramento das feições erosivas e caracterização *in situ* dos materiais geológicos

Conforme apresentado anteriormente, foram identificadas 34 feições erosivas na sub-bacia hidrográfica do Córrego Almeida, das quais 13 foram avaliadas através de trabalhos de campo. Das 13, foram selecionadas 4 para as etapas de monitoramento de seu crescimento e para caracterização *in situ* dos materiais geológicos. Estas foram escolhidas por serem representativas das condições geológico-geotécnicas da maioria das feições erosivas da sub-bacia, além de apresentarem condições favoráveis ao monitoramento, relacionadas às condições de uso e ocupação.

As quatro feições erosivas mencionadas estão apresentadas na Figura 38. Nestas, foi realizado o monitoramento de seu desenvolvimento pelo método de estaqueamento, e os materiais geológicos foram identificados e classificados a partir de análises tátil-visuais.

Figura 38 - Identificação das quatro feições erosivas que foram monitoradas e permitiram a caracterização dos materiais geológico-geotécnicos *in situ*



Fonte: elaborada pelo autor.

Na Tabela 9, podemos visualizar a localização das erosões selecionadas.

Tabela 9 - Localização das quatro feições erosivas selecionadas para monitoramento

Número da erosão	Localização	Coordenada (UTM)	
01	Av. Toledo - Próximo a BR-153	N:8146977	E: 687257
02	Rua Luís XV X Rua 10	N:8147751	E: 687097
03	Rua X41D	N:8146829	E: 690282
04	Av. Jataí, entre as ruas R-5 e R-6	N:8146918	E: 688457

Fonte: elaborada pelo autor.

A primeira etapa de campo foi realizada nos meses de janeiro e fevereiro de 2022. Além da verificação das erosões identificadas previamente por fotointerpretação, foi realizada a instalação das estacas para início do monitoramento do desenvolvimento das erosões.

Foram realizadas medições dos estaqueamentos em três períodos distintos, sendo estes: (1) abril de 2022, (2) outubro de 2022 e (3) janeiro/fevereiro de 2023. A escolha desses períodos foi de modo a abranger o período chuvoso, que ocorre de outubro a abril. Dessa forma, a primeira medição se deu no fim do período de chuvas, a segunda antes do início dele, e a terceira durante o período chuvoso, com o objetivo de verificar a evolução das erosões no período de provável crescimento.

Durante as atividades de campo, também foram desenvolvidas análises tátil-visuais dos materiais geológicos expostos nas paredes das feições erosivas. Os resultados dessa etapa estão apresentados em sequência.

7.2.4.1 Erosão 01 – Avenida Toledo

Na erosão 01, localizada na Av. Toledo, foram instaladas 4 estacas em fevereiro de 2022 (estacas 6, 7, 8, e 9), dispostas conforme a Figura 39. Na Figura 40, são apresentadas as estacas 6 e 7 dispostas próximo à erosão, em janeiro de 2022, para acompanhamento da evolução do processo erosivo.

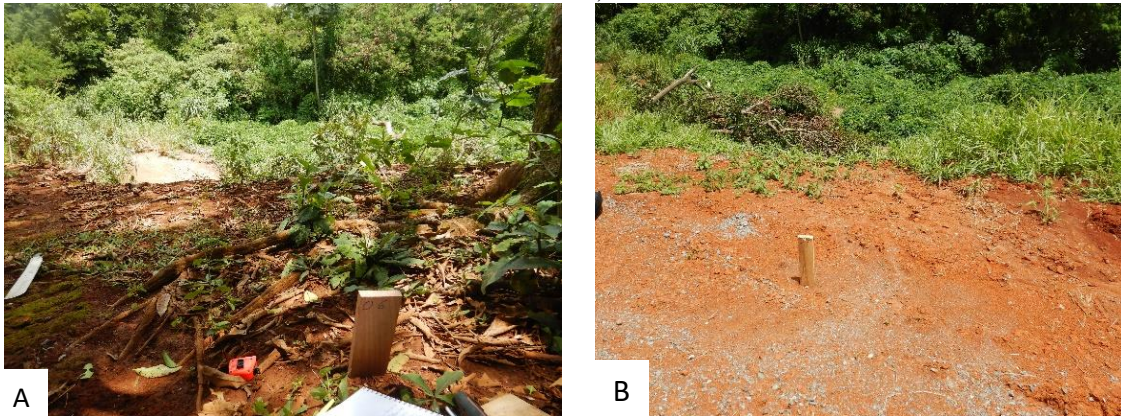
Figura 39 - Posicionamento das estacas instaladas na erosão 01 (Avenida Toledo) em fevereiro de 2022



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 40 - Destaque para a instalação das estacas em campo, nas margens da erosão 01

A) Estaca 6 e B) Estaca 7



Fonte: elaborada pelo autor.

As medições relativas ao monitoramento da erosão 01 podem ser verificadas na Tabela 10, abaixo.

Tabela 10 - Dados do monitoramento da erosão 01

Erosão	Estaca	Distância entre a estaca e a margem da erosão (m)		Análise do crescimento (m)		Distância entre a estaca e a margem da erosão (m)		Análise do crescimento (m)		Análise final (m)
		jan./22	abr./22	jan./22 a abr./22	set./22	abr./22 a set/22	jan./23	set./22 a jan./23		
01 (Avenida Toledo)	6	3,17	3,16	0,01	3,16	0,00	2,67	0,49	0,50	
	7	3,24	3,24	0,00	3,20	0,04	1,80	1,40	1,44	
	8	3,30	1,52	1,78	1,50	0,02	1,15	0,35	2,15	
	9	3,45	3,45	0,00	3,45	0,00	2,87	0,58	0,58	

Fonte: elaborada pelo autor.

Com os dados da Tabela 10, foi possível verificar que a erosão 01 teve um crescimento considerável, sendo que, em um período de um ano, cresceu 0,50 metro em relação à estaca 6; 1,44 metro quanto à estaca 7; 2,15 metros em relação à estaca 8; e 0,58 metro no que diz respeito à estaca 9. Os maiores valores de crescimento nas estacas 7 e 8 indicam o eixo de crescimento dessa feição (Figura 38). E ainda, considerando-se que o monitoramento se deu em relação aos períodos chuvosos, fica clara a relação entre esses fenômenos.

Durante as etapas de monitoramento, também foram realizadas a identificação dos materiais geológicos expostos na parede da erosão e a análise tátil-visual deles. Todo o talude da erosão apresentava, aproximadamente, 7 metros de altura, havendo no topo entre 0,00 e 2,00 metros de material inconsolidado superficial orgânico marrom-avermelhado, de textura argilo-areno-siltosa, com detritos vegetais e raízes, apresentando contato difuso com a camada inferior. De 2,00 a 4,50 metros, identificou-se um material inconsolidado saprolítico, silto-arenoso (areia fina a média), pouco argiloso, de cor variegada. Importante salientar que, nessa camada, as estruturas reliquiárias se apresentaram pouco preservadas, somente nas zonas micáceas da rocha-mãe. Por fim, de 4,50 metros até a base, verificou-se a ocorrência de um saprólito mosqueado, com presença de blocos de rocha xiltosas, silto-arenoso (areia fina a média), pouco argiloso, com estruturas reliquiárias da rocha-mãe preservadas, em contato irregular com a camada sotoposta, variegada (Figura 41). Ao longo do perfil, foram visualizados pontos de *piping*, conforme indicam as figuras 41 e 42. O primeiro ponto de *piping* está localizado à esquerda do perfil, aproximadamente 1,20 metro da base. Já o segundo está localizado à direita do perfil, com altura aproximada de 0,80 metro da base.

Figura 41 - Perfil dos materiais geológicos expostos na parede da erosão 01



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 42 - Vista panorâmica do perfil dos materiais geológicos da erosão 01, com destaque para os pontos de *piping*



Fonte: elaborada pelo autor.

7.2.4.2 Erosão 02 – Rua Luís XV versus Rua 10

A erosão 02 é uma feição bastante antiga e que tem sido alvo de tentativas de controle e recuperação pelo poder público ao longo dos anos. Durante a etapa de campo realizada em janeiro de 2022, foi verificado que houve uma mudança no eixo da erosão, devido à disposição de resíduos de construção civil, cujo objetivo era impedir seu avanço (Figura 43). Entretanto, verificou-se que a disposição desse material foi realizada de forma aleatória, sem garantias de funcionalidade (Figura 44). Ainda em janeiro de 2022, foram instaladas as estacas de números 10, 11 e 12 para o monitoramento do crescimento da erosão 02, em

relação aos períodos chuvoso e de seca. A Figura 45 apresenta as estacas 10 e 11, posicionadas próximo à margem da erosão.

Figura 43 - Posicionamento das estacas de monitoramento na erosão 02 (Rua Luís XV *versus* Rua 10), com destaque para o eixo de crescimento prévio e atual (após aplicação de técnica de controle da erosão)



Fonte: elaborada pelo autor.

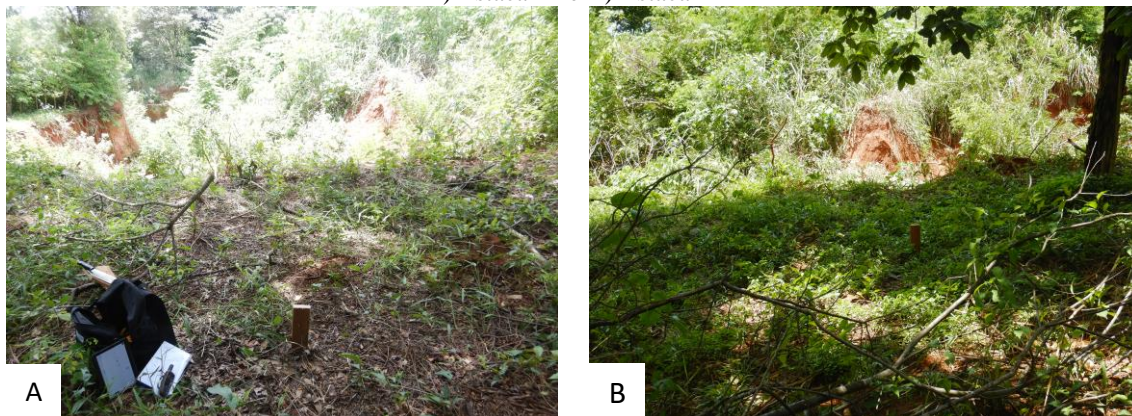
Figura 44 - Presença de resíduos de construção civil dispostos na cabeceira da erosão 02
A) Vista a montante da erosão no final da Rua Luís XV (local de escoamento de águas pluviais) e B) Vista da cabeceira da erosão com material depositado



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 45 - Destaque para a instalação das estacas em campo, nas margens da erosão 02

A) Estaca 11 e B) Estaca 12



Fonte: elaborada pelo autor.

O monitoramento do desenvolvimento da erosão 02 está apresentado na Tabela 11. A partir desses resultados, verificou-se que o crescimento dessa erosão foi pouco significativo, uma vez que, após todo o período de monitoramento, o crescimento relacionado à estaca 10 foi de 0,38 metro, e à estaca 11 foi igual a 0,07 metro. Destaca-se, entretanto, que não foi possível realizar todas as medições relacionadas à estaca 12, pois ela não foi encontrada a partir do segundo período de medições (setembro de 2022).

Tabela 11 - Dados do monitoramento da erosão 02

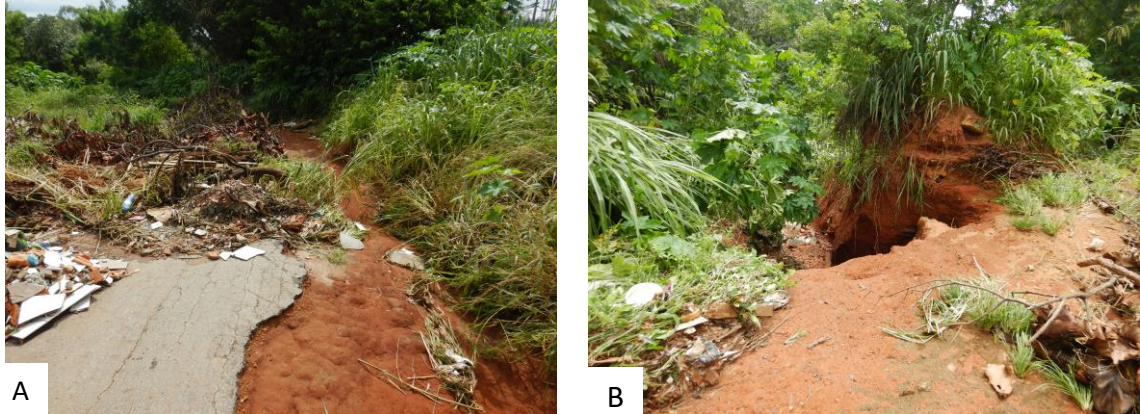
Erosão	Estaca	Distância entre a estaca e a margem da erosão (m)		Análise do crescimento (m)	Distância entre a estaca e a margem da erosão (m)		Análise do crescimento (m)	Distância entre a estaca e a margem da erosão (m)		Análise do crescimento (m)	Análise final (m)
		jan./22	abr./22	jan./22 a abr./22	set./22	abr./22 a set/22	jan./23	set./22 a jan./23			
02 (Rua Luís XV versus Rua 10)	10	4,53	4,42	0,01	4,24	0,00	4,15	0,09	0,38		
	11	3,11	3,10	0,00	3,10	0,01	3,04	0,06	0,07		
	12	3,80	3,70	1,78	-	-	-	-	-		

Fonte: elaborada pelo autor.

Apesar do pequeno crescimento verificado para essa erosão, entre os meses de setembro de 2022 a janeiro de 2023, foi possível perceber que o eixo de crescimento migrou mais uma vez para a antiga cabeceira, onde, por diversas vezes, houve tentativas de controlar o processo erosivo. Entretanto, conforme apresenta a Figura 46, essa feição vem avançando em direção à Rua 11 (identificada na Figura 43), devido à falta de manejo das águas pluviais. Na Figura 46A, destaca-se o local onde passa o escoamento das águas pluviais, ao final da Rua 11; e na Figura 46B, a jusante da área indicada na Figura 46A, verifica-se o ponto onde ocorreu o reativamento da erosão.

Figura 46 - Área próxima à Rua 11 para onde a erosão 02 está avançando

A) Local para onde o escoamento das águas pluviais é direcionado, ao final da Rua 11; B) Ponto de reativação da erosão 02, a jusante da área apresentada pela imagem A



Fonte: elaborada pelo autor.

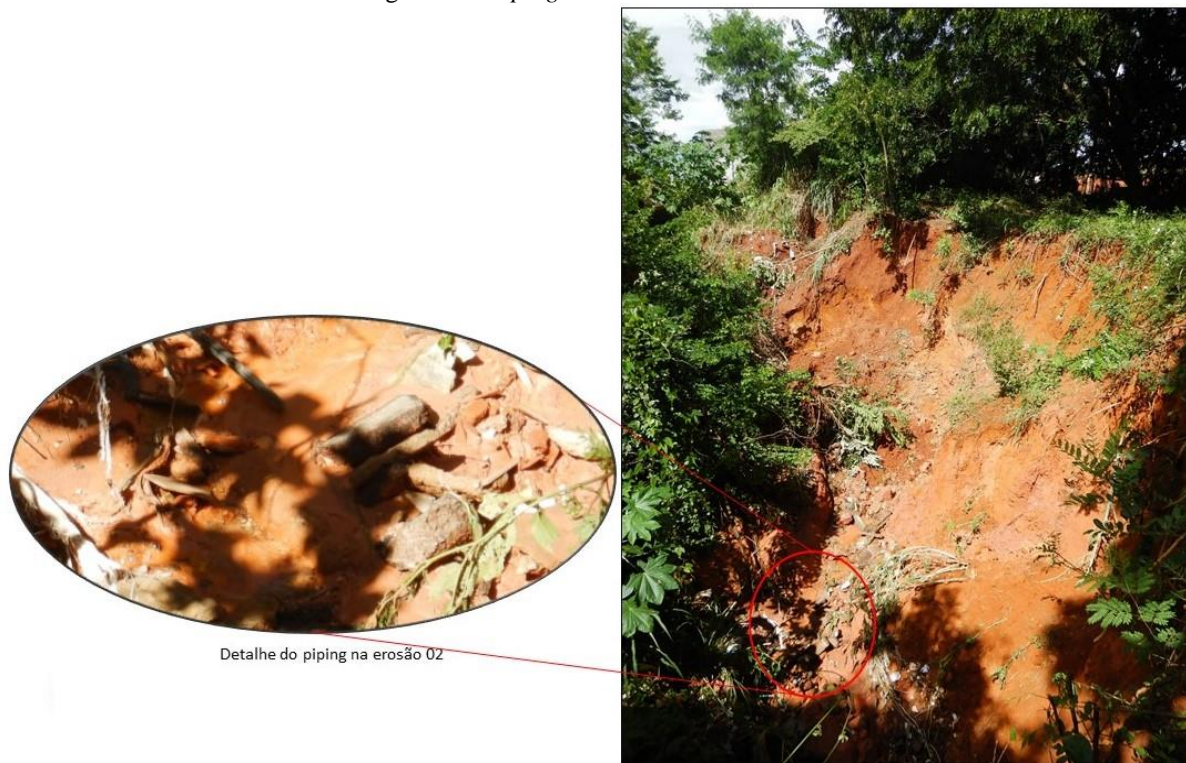
Durante a etapa de campo, foram também realizadas a identificação e a caracterização dos materiais geológicos expostos pela parede da erosão 02. Esta compreendeu um patamar do lado esquerdo da erosão, onde foi possível o acesso. Nele foi observado, de 0,00 a 1,50 metro, material inconsolidado superficial orgânico, com presença de detritos vegetais e raízes, de textura argilo-arenoso (areia fina a média), e cor marrom-avermelhada. De 1,50 a 3,50 metros, identificou-se material inconsolidado saprolítico argilo-arenoso (areia fina a média), pouco siltoso, de coloração marrom-avermelhado e amarelado. Por fim, sotoposto à camada anterior, de contato irregular e difuso, de 3,50 a 5,50 metros, foi identificada uma camada de saprólito mosqueado, argilo-arenoso (areia fina a média), pouco siltoso, com estruturas reliquias da rocha-mãe preservadas, marrom-avermelhado (Figura 47). Nesse mesmo ponto, foi possível visualizar a presença de *piping* a aproximadamente 1 metro da base do talude (Figura 48).

Figura 47 - Perfil dos materiais geológicos expostos na parede da erosão 02 (Rua Luís XV versus Rua 10)



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 48 - Piping identificado na erosão 02



Fonte: elaborada pelo autor.

7.2.4.3 Erosão 08 – Rua X41D

A erosão número 08 da Rua X41D se mostrou bastante ativa, segundo relatos de moradores locais em conversa durante a visita de campo realizada em janeiro de 2022. Segundo os relatos, a erosão se ativou após obras de contenção de outra erosão, localizada a montante da erosão 08, na margem esquerda do Córrego Almeida, associada ao desvio do canal de drenagem, o que levou à alteração da dinâmica das águas fluviais no local.

Nessa erosão, foram colocadas 2 estacas para o monitoramento, em janeiro de 2022, conforme apresenta a Figura 49.

Figura 49 - Posicionamento das estacas de monitoramento na Erosão 08 (Rua X41D), com destaque para o sentido de crescimento da erosão



Fonte: elaborada pelo autor.

Na Figura 50, é apresentado um trecho da erosão 08, sendo que, a partir da Figura 50A, é possível visualizar a margem da erosão 08, localizada próximo de uma residência, e na Figura 50B é apresentada uma estaca, denominada 4.

Figura 50 - Trecho da erosão 08

A) Vista parcial da margem da erosão 08, localizada perto de uma das residências; B) Detalhe da estaca 4 instalada para o monitoramento da erosão



Fonte: elaborada pelo autor.

Durante a visita de campo realizada em abril de 2022 para monitoramento do crescimento da erosão 08, foi verificado que a Prefeitura Municipal de Aparecida de Goiânia realizou uma obra de desvio do Córrego Almeida, conforme indica a Figura 51.

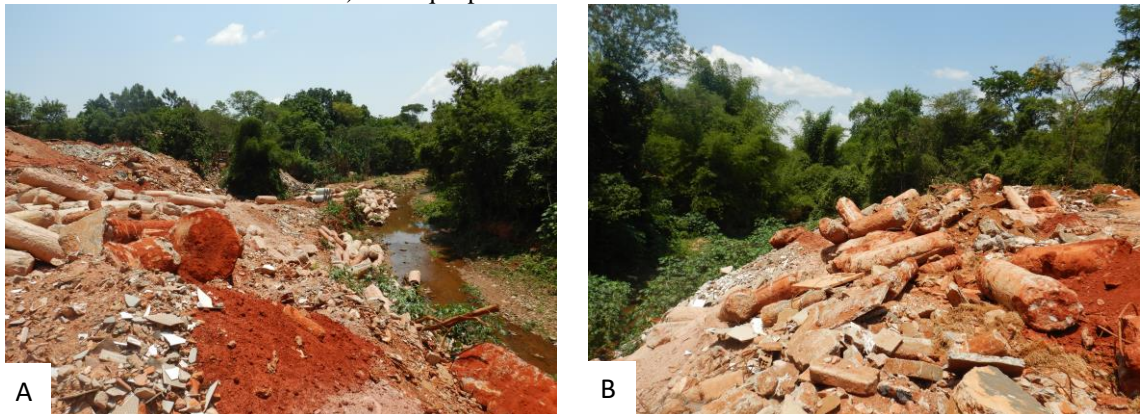
Em setembro de 2022, durante outra visita de campo para o monitoramento, observou-se nova fase de obras da Prefeitura Municipal, que consistiu em aterrar a erosão com resíduos de construção civil em associação às técnicas de contenção desse material através da disposição de tubulões e cilindros de concretos reaproveitados de obras demolidas (Figura 52).

Figura 51 - Esquema ilustrativo da obra de desvio do Córrego Almeida, com o objetivo de evitar o crescimento da erosão 08



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 52 - Aterramento da margem da erosão 08 com resíduos de construção civil
A e B) Destaque para os materiais utilizados no aterro



Fonte: elaborada pelo autor.

Devido às intervenções apresentadas, foi possível apenas instalar estacas nessa erosão no mês de janeiro de 2022 e realizar uma nova medição no mês de abril de 2022. Apesar de haver somente um período para análise do crescimento, verificou-se que a erosão apresentou crescimento considerável, conforme apresenta a Tabela 12. Verifica-se pelos resultados que houve um crescimento de 1,58 metro a partir da estaca 4 e de 0,45 metro a partir da estaca 5.

Tabela 12 - Dados do monitoramento da erosão 08

Erosão	Estaca	Distância entre a estaca e a margem da erosão (m)		Análise do crescimento (m)	Análise final (m)
		jan./22	abr./22	jan./22 a abr./22	
08 (Rua X41D)	4	3,92	2,34	1,58	1,58
	5	4,27	3,82	0,45	0,45

Fonte: elaborada pelo autor.

Quanto à classificação dos materiais geológicos expostos pela erosão 08, a partir das análises tátil-visuais, verificou-se a ocorrência de um material inconsolidado saprolítico, de composição areno-argiloso (areia fina a média), com cor marrom-amarelado, bastante úmido. O perfil dos materiais pode ser visualizado na Figura 53.

Figura 53 - Perfil dos materiais geológicos associados à erosão 08



Fonte: elaborada pelo autor.

7.2.4.4 Erosão 12 – Avenida Jataí

A erosão 12, localizada na Avenida Jataí, segundo relatos de moradores locais iniciou-se na margem esquerda do curso de um canal de drenagem tributário ao Córrego Almeida, de forma marginal, com avanço gradual. Durante a visita de campo realizada em janeiro de 2022, notou-se que essa erosão avançava para a margem esquerda. Entretanto, por razões associadas à permissão de acesso, as estacas tiveram de ser dispostas na margem direita do canal, sendo estas denominadas estacas 1, 2 e 3.

Nesse caso, a estaca 1 foi colocada para servir de base para as medições das outras duas estacas, de modo que, em cada etapa de monitoramento, seria verificada a posição das estacas 2 e 3 em relação à estaca 1.

Durante a visita de campo realizada no mês de abril de 2022, notou-se que o eixo de crescimento da erosão tomou nova direção (norte – sul), o que levou à decisão de instalar novas estacas para o controle do avanço erosivo, sendo estas denominadas J01, J02 e J03 (Figura 54). A Figura 55 apresenta uma das paredes dessa erosão e destaca a instalação das estacas 3, J01, J02 e J03.

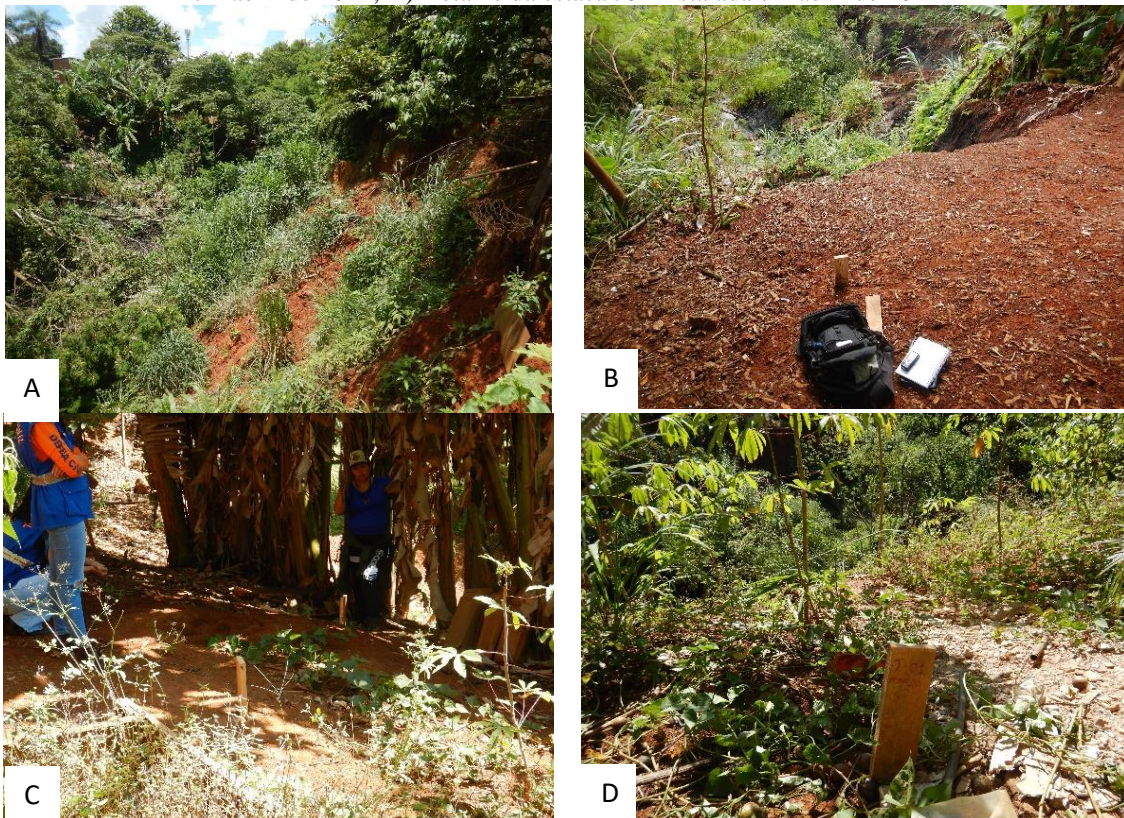
Figura 54 - Posicionamento das estacas na erosão 12 (Avenida Jataí), com destaque para seu sentido de crescimento



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 55 - Detalhes da erosão 12

A) Vista de uma das paredes da erosão, a partir da Avenida Jataí, registrada em janeiro de 2022; B) Posicionamento da estaca 3, registrado em janeiro de 2022; C) Posicionamento das estacas J02 e J03 instaladas em abril de 2022; D) Detalhe da estaca J01 instalada em abril de 2022



Fonte: elaborada pelo autor.

Em função do histórico de intervenção na erosão 12, o monitoramento não pôde ser realizado de forma completa entre os meses de janeiro de 2022 e janeiro de 2023. Durante o período entre os meses de abril e setembro de 2022, as estacas J01, J02 e J03 foram destruídas em decorrência de ações de remoção de moradores que residiam próximo à erosão, somada à demolição de residências, cujos resíduos ficaram dispostos no local para uso futuro no aterramento da erosão (Figura 56).

As estacas 1, 2 e 3, por sua vez, foram aterradas entre as medições de setembro de 2022 e janeiro de 2023. As medições que foram possíveis de serem realizadas nesse período permitiram verificar que o avanço em relação à estaca 2 foi 0,37 metro, enquanto o avanço relativo à estaca 3 foi de 0,17 metro. A Tabela 13 reúne os resultados do monitoramento da erosão 12.

Tabela 13 - Dados do monitoramento da erosão 12

Erosão	Estaca	Distância entre a estaca e a margem da erosão (m)		Análise do crescimento (m)	Distância entre a estaca e a margem da erosão (m)	Análise do crescimento (m)	Análise final (m)
		jan./22	abr./22	jan./22 a abr./22	set./22	abr./22 a set./22	
12 (Avenida Jataí)	2	2,30	2,24	0,06	1,93	0,31	0,37
	3	2,02	1,90	0,12	1,85	0,05	0,17
	J.01	-	2,55	-	-	-	-
	J.02	-	4,41	-	-	-	-
	J.03	-	4,32	-	-	-	-

Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 56 - Resíduos de construção civil decorrentes da demolição de casas próximas à erosão 12
A) Vista de um trecho da erosão 12 aterrada com os resíduos construção civil; B) Outra vista da erosão 12 aterrada com os resíduos de construção civil



Fonte: elaborada pelo autor.

A classificação dos materiais geológicos, a partir da parede da erosão, foi realizada conforme apresenta a Figura 57. Foi verificado que entre 0,00 e 0,30 metro ocorre material inconsolidado orgânico superficial de coloração marrom, com contato irregular com a camada sotoposta. De 0,30 a 1,90 metro, identificou-se um material inconsolidado saprolítico mosqueado arenoso (areia fina a média), de coloração marrom-avermelhada. Por fim, de 1,90 metro até a base, há um solo saprólito argilo-arenoso, em contato difuso com a camada anterior, de estrutura reliquiar da rocha-mãe preservada, branco e vermelho, sendo que, de 2,90 metros em diante, o solo se apresenta com coloração amarelo e branco. Essa mudança de cor se mostra de forma gradual. No sopé do talude, foi verificada a presença de *piping*, sendo importante salientar que esse processo estava ativo no mês de abril de 2022, final do período chuvoso. Entretanto, devido ao aterramento da erosão, não foi possível verificar sua evolução no período de seca. O perfil dos materiais geológicos pode ser visualizado na Figura 58.

Figura 57 - Parede da erosão a partir da qual foram realizadas a identificação e a análise tátil-visual dos materiais geológicos



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 58 - Perfil dos materiais geológicos associados à erosão 12, com destaque para a ocorrência de *pipping* no sopé do talude



Detalhe do processo de pipping no talude erosivo.

Fonte: elaborada pelo autor.

7.3 LEGISLAÇÃO

Áreas lindeiras a córregos e com alta fragilidade ambiental contam com diversas leis para sua proteção, tanto a nível municipal como estadual e federal. Para melhor entendimento de tais leis, um levantamento foi realizado, iniciando pelo Plano Diretor de Aparecida de Goiânia, sancionado como Lei Complementar nº 124 no dia 14 de dezembro de 2016.

O artigo 113 define que o zoneamento do município está organizado em Zonas Básicas, Zonas Especiais e Eixos. Já o artigo 115 define quais são as Zonas Especiais de Aparecida de Goiânia, onde:

- I - Zona Especial de Interesse Social - ZEIS;
- II - Zona de Desenvolvimento Econômico - ZDE;
- III - Zona Especial de Proteção Ambiental I - ZEPA I;
- IV - Zona Especial de Proteção Ambiental II - ZEPA II;
- V - Zona Parque - ZP;
- VI - Zona Especial de Interesse Turístico - ZEIT. (APARECIDA, 2016, p. 20).

O inciso 1º do artigo 115 diz que “entende-se por Zonas Especiais as áreas do território voltadas a atividades ou formas de ocupação do solo que exigem tratamento especial na definição de parâmetros”, e o inciso 2º afirma que “as Zonas Especiais se destinam à

preservação ambiental, às atividades turísticas, às atividades industriais e correlatas e à reserva de solo para produção de habitação de interesse social” (APARECIDA, 2016, p. 20).

É importante entender como o Plano Diretor de Aparecida de Goiânia define suas áreas, ou zonas, como são chamadas no plano, para compreendermos como é feita a proteção de áreas importantes pelo município.

O artigo 137-A do referido Plano Diretor define que:

A Zona Especial de Proteção Ambiental I – ZEPA I é correspondente às áreas de preservação permanente, sendo assim:

I – as faixas bilaterais, com largura mínima de 100 metros (cem metros), contíguas ao Ribeirão Lajes, Rio Meia Ponte e Ribeirão Dourados, a partir de suas margens;

II – as faixas bilaterais, com largura mínima de 30 metros (trinta metros), contíguas aos córregos e demais cursos d’água não mencionados no inciso I deste artigo, temporários ou permanentes, a partir de suas margens, para unidades imobiliárias situadas em áreas de loteamentos aprovados até a publicação da Lei Complementar nº 2.250, de 30 de janeiro de 2002, desde que obedecido os critérios da Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, ou sucedânea;

III - as faixas bilaterais, com largura mínima de 50 metros, contínuas aos córregos e demais cursos d’água não mencionados no inciso I deste artigo, temporários ou permanentes, a partir de suas margens para unidades imobiliárias e/ou glebas situadas em áreas de loteamentos aprovados ou a serem aprovados após a publicação da Lei Complementar nº 2.250, de 30 de janeiro de 2002, desde que obedecidos os critérios da Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, ou sucedânea;

IV - as áreas circundantes das nascentes ou olhos d’águas permanentes, com um raio de no mínimo 50 metros (cinquenta metros) situadas em áreas de loteamentos aprovados até a publicação da Lei Complementar nº 2.250, de 30 de janeiro de 2002, desde que obedecidos os critérios da Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, ou sucedânea;

V - as áreas circundantes das nascentes ou olhos d’águas permanentes, com um raio de no mínimo 100 metros (cem metros) em parcelamentos aprovados ou a serem aprovados após a publicação da Lei Complementar nº 2.250, de 30 de janeiro de 2002, desde que obedecidos os critérios da Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, ou sucedânea (APARECIDA, 2016, p. 23-24).

Para o estudo em questão, devemos considerar os itens II a V como cruciais para as áreas de preservação, já que os córregos estudados não fazem parte das drenagens citadas no item I do referido artigo.

A Lei Complementar nº 2250, de janeiro de 2002, mencionada nos itens supracitados, afirma em seu artigo 3º, em parágrafo único, que mesmo em área urbana não será permitido o parcelamento do solo:

- a) Em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações; [...]
- c) em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento);
- d) em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação ou a implantação de infraestrutura (APARECIDA, 2002).

De acordo com as alíneas do artigo 137-A do Plano Diretor de Aparecida de Goiânia, pode-se perceber que o Plano Diretor do município preza pela preservação de áreas lindeiras de córregos, ainda que, para moradias fixadas antes de 2002, o limite da faixa de preservação seja de 30 metros. Para as moradias fixadas após a Lei Complementar de 2002, a faixa de preservação deve ser de 50 metros, para o caso do estudo.

No caso de nascente, para as moradias fixadas antes de 2002, o limite de preservação fixado é de 50 metros; para as moradias fixadas após 2002, 100 metros.

O artigo 138 garante que nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) fica proibido qualquer tipo de edificação. O artigo 220 cita que, mesmo em área urbana, não será permitido o parcelamento do solo:

- I - em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações; [...]
- III - em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento);
- IV - em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação ou a implantação de infraestrutura; [...]**
- VII - nas Áreas de Preservação Permanente – APPs, classificadas pelo Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo como Zona Especial de Preservação Ambiental I – ZEPA I, salvo em loteamentos já regularizados, quando será aplicada a legislação federal, a não ser que haja interesse público específico (APARECIDA, 2016, p. 37, grifo nosso).

Mais uma vez, podemos perceber que o município, em seu Plano Diretor, preza pela conservação das APPs, principalmente nos casos em que as condições geológicas não forem adequadas. Cabe salientar que as áreas com erosão e com solos erodíveis podem ser consideradas áreas sem condições geológicas para a implementação de empreendimentos.

Para o caso de aprovação de novos loteamentos, o Plano Diretor define, no artigo 294, que os projetos urbanísticos devem ser apresentados com projetos complementares de “II - drenagem de águas pluviais; [...] VI - obras de engenharia como pontes e bueiros, dentre outros” (APARECIDA, 2016, p. 49).

Já para a emissão do alvará de implantação do loteamento, deverão ser apresentados os seguintes documentos, de acordo com o artigo 303: “II - projetos complementares aprovados pelas respectivas concessionárias; III - de drenagem de águas pluviais” (APARECIDA, 2016, p. 51).

Em relação à infraestrutura para novos loteamentos, apenas esses dois artigos citam a construção de drenagens de águas pluviais. Um sistema eficiente de drenagens pluviais, no caso de Aparecida de Goiânia, pode impedir o aparecimento de novos focos erosivos, além de impedir o crescimento dos focos já existentes.

Para garantir a qualidade ambiental e a valorização do patrimônio natural, o Plano Diretor do município, em seu artigo 367, determina que:

A política de qualidade ambiental tem por finalidade a valorização do patrimônio natural e qualificação da paisagem urbana, por meio:

I - da conservação do patrimônio natural e construído;

II - da garantia de acesso à diversidade de paisagem;

III - de ordenamento do uso de áreas frágeis;

IV - de monitoramento da qualidade ambiental;

V - de controle do impacto ambiental. (APARECIDA, 2016, p. 61, grifo nosso).

O segundo parágrafo do artigo supracitado afirma que:

Para a concretização da política definida nesta Lei serão adotadas as seguintes ações estratégicas:

[...] III - elevar a qualidade do ambiente urbano e natural, por meio da preservação dos recursos naturais e da proteção da diversidade biológica; [...]

VII - controle do uso e ocupação do solo em função da fragilidade ambiental;

[...]

IX - qualificar o meio ambiente urbano por meio da recuperação e preservação de Áreas de Preservação Permanente – APP. (APARECIDA, 2016, p. 62, grifo nosso).

No Plano Diretor, é possível verificar que o artigo 367 preza pela preservação ambiental, principalmente nos casos de fragilidade ambiental, como nas questões de solos erodíveis, como grifado acima.

O artigo 368 do referido Plano Diretor versa sobre a política de conservação e recuperação dos recursos naturais, tendo por finalidade:

I - a qualidade e quantidade das águas superficiais e subterrâneas;

II - a prevenção, o combate e o controle à poluição e à **erosão** em qualquer das suas formas por meio da recuperação ambiental das sub-bacias degradadas, considerando prioritariamente os mananciais de abastecimento público atuais e futuros;

III - a delimitação, controle e recuperação das áreas de exploração mineral. (APARECIDA, 2016, p. 62).

O artigo 369 define que, para a realização dessa política, serão adotadas ações estratégicas, como: “**III - prevenir, combater e controlar a poluição e a erosão em qualquer das suas formas;** IV - recuperar as Áreas de Preservação Permanente, prioritariamente em áreas urbanas, verificando a garantia da drenagem das águas pluviais e fluviais” (APARECIDA, 2016, p. 62, grifo nosso).

É claramente perceptível que o Plano Diretor de Aparecida de Goiânia possui instrumentos necessários para controle e inibição dos processos erosivos no município. O necessário para tal controle é uma fiscalização eficiente por parte do poder público para impedir novos focos erosivos e obras de controle nos focos preexistentes.

No âmbito da legislação estadual, podemos citar como lei que promove a conservação de áreas lindeiras a córregos e drenagens a Lei nº 13.123, de 16 de julho de 1997, que estabelece as normas de orientação à política estadual de recursos hídricos, bem como ao sistema integrado de gerenciamento de recursos hídricos e dá outras providências.

De acordo com o artigo terceiro da referida lei, “a política estadual de recursos hídricos atenderá aos seguintes princípios: [...] VI - combate e prevenção das causas e dos efeitos adversos da poluição, da contaminação, das inundações, das estiagens, da **erosão** do solo e do assoreamento dos corpos d’água.” (GOIÁS, 1997).

Em seu artigo quarto, através do sistema integrado de gerenciamento de recursos hídricos, o estado deverá assegurar meios financeiros e institucionais para atendimento dos dispostos dos artigos 132 e 140 da constituição estadual, que tratam, respectivamente, sobre a avaliação periódica e política ambiental, cabendo apreciar em nosso caso em especial o item II: “os planos estaduais de saneamento básico, de gerenciamento de recursos hídricos e minerais, de conservação e recuperação do solo, de áreas de conservação obrigatória” (GOIÁS, 1997).

No caso do artigo 132, a elaboração e atualização do Plano Estadual de Recursos Hídricos e Minerais, em conformidade com o Sistema Nacional de Gerenciamento, instituindo um sistema de gestão por organismos estaduais e municipais e pela sociedade civil, assegurando também recursos financeiros e mecanismos para garantir, em especial o item V, “a proteção dos recursos hídricos, impedindo a degradação dos depósitos aluviais, o emprego de produtos tóxicos por atividades de garimpagem e outras ações que possam comprometer suas condições físicas, químicas ou biológicas, bem como seu uso no abastecimento”, no caso do artigo 140 da constituição estadual.

Em especial o artigo quarto da Lei nº 13.123 trata de:

[...] III - proteção das águas contra contaminações físicas, químicas e biológicas que possam comprometer sua quantidade e qualidade e seu uso atual e futuro; [...]
VII - prevenção da **erosão** do solo nas áreas urbanas e rurais, com vistas à proteção contra a poluição física e o assoreamento dos corpos d’água (GOIÁS, 1997, grifo nosso).

O artigo oitavo da Lei Estadual nº 13.123 diz que o estado realizará programas conjuntos com os municípios, mediante convênios de mútua cooperação, assistência técnica e econômico-financeira, com vistas ao seguinte: “[...] II - implantação, conservação e recuperação das áreas de proteção permanente obrigatória; [...] VI - combate e prevenção das inundações e **erosão**” (GOIÁS, 1997, grifo nosso).

Nos três artigos principais que tratam sobre erosões e áreas lindeiras a córregos, a Lei Estadual nº 13.123 roga que o estado de Goiás atuará junto aos municípios a partir de convênios, auxiliando-os na forma técnica ou econômico-financeira. Importante frisar que cabe ao município buscar esse auxílio junto ao estado.

No âmbito do nível federal, a lei que trata sobre preservação de áreas lindeiras a córregos e rios é a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção de vegetação nativa.

No artigo quarto da referida lei, são consideradas área de preservação permanente, em zonas urbanas ou rurais:

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

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

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

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

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

e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d’água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros. (BRASIL, 2012, grifo nosso).

Para o estudo, devemos levar em consideração os itens a e b, supracitados, em que os córregos estudados possuem em sua largura no máximo 50 metros, portanto as áreas de preservação devem ter até 50 metros da calha do córrego.

O item 4 do artigo quarto roga pela preservação de áreas de nascente, afirmando que “as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d’água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros”. Esse item, no caso do estudo, se encaixa nas cabeceiras de drenagens onde existem as nascentes dos córregos estudados na microbacia.

O artigo sexto menciona que áreas declaradas de interesse social podem ser consideradas preservação permanente, sendo essas cobertas com florestas ou outras formas de

vegetação destinada a uma ou mais das seguintes finalidades: “I - conter a **erosão** do solo e mitigar riscos de enchentes e deslizamentos de terra e de rocha; [...] III - proteger várzeas; [...]” (BRASIL, 2012, grifo nosso).

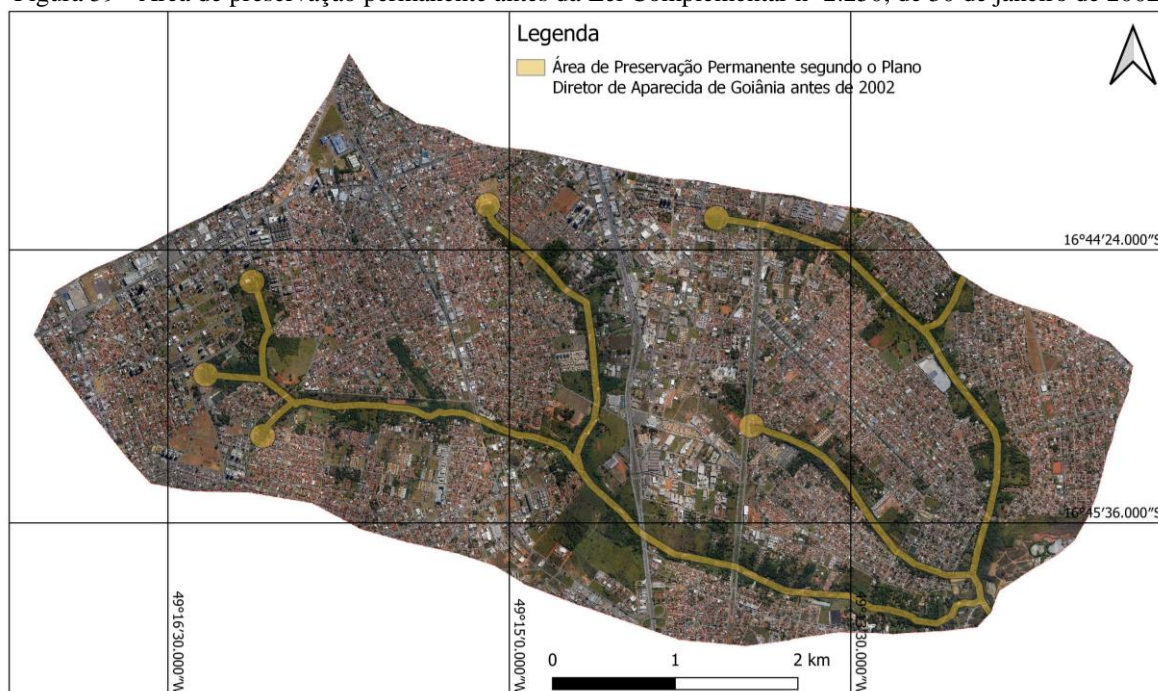
Ao analisarmos as leis que tratam de preservação ambiental, tanto no âmbito municipal até o âmbito federal, podemos perceber que a faixa para preservação permanente às áreas lindeiras dos córregos variam entre 30 e 50 metros de preservação em cada margem. No caso de áreas de nascentes, ou cabeceiras de drenagens, a legislação municipal age de forma mais proibitiva, com residências implantadas após 2002, com uma distância de 100 metros desses locais, ao contrário da lei federal que exige 50 metros de preservação a áreas de nascentes.

As questões erosivas são implicitamente tratadas no âmbito da lei municipal, nos artigos que tratam de fragilidade ambiental e locais sem condições geológicas para implantação de infraestrutura. De forma clara, a questão de erosão no âmbito municipal é apenas tratada nos artigos que regem a política de conservação e recuperação dos recursos naturais. Já no âmbito federal, as questões erosivas são tratadas em apenas um artigo, conforme supracitado, como áreas de interesse social para preservação dessas mesmas áreas conterem as erosões. Em nenhum artigo da referida lei federal trata-se do controle **in situ** ou inibição dos processos erosivos.

As drenagens de águas pluviais, no Plano Diretor de Aparecida de Goiânia, são citadas em apenas dois artigos, para aprovação de novos loteamentos e para emissão do alvará deles.

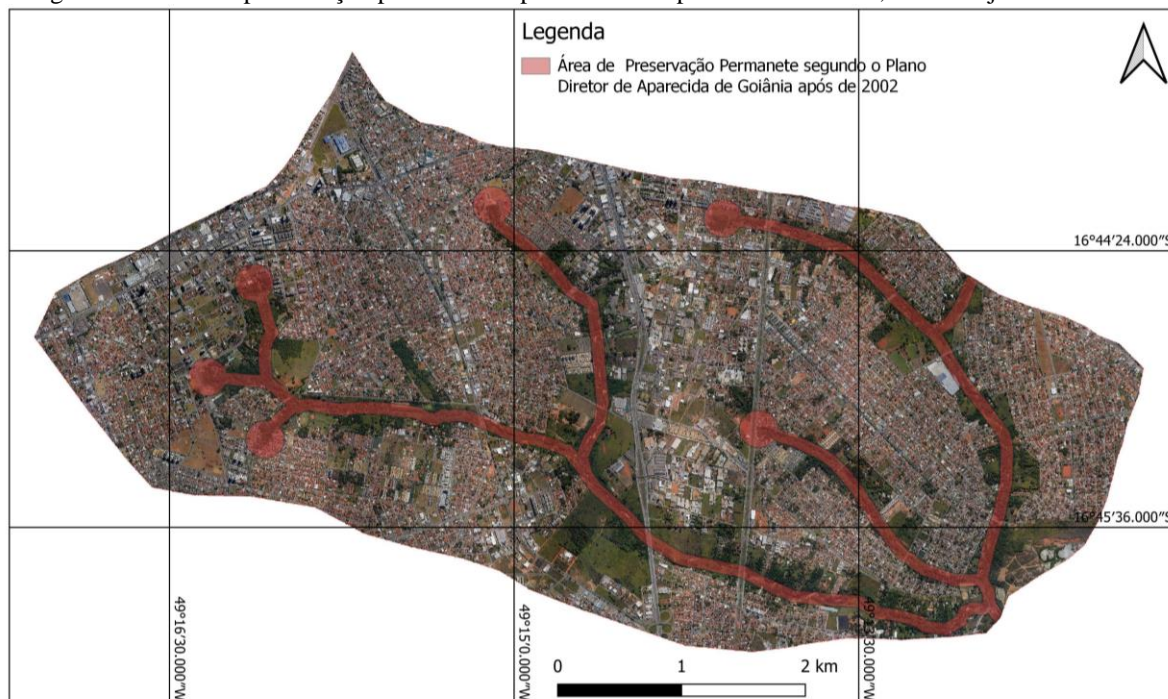
Na Figura 59, pode-se visualizar a área de preservação permanente, segundo o Plano Diretor de Aparecida de Goiânia, antes da aplicação da legislação de 2002. Na Figura 60, a área de preservação permanente segue a legislação de 2002. Nas duas imagens, é possível observar que as áreas lindeiras a córrego se mantêm preservadas, isto é, sem construções, porém com pouca preservação das matas ciliares. Já as nascentes se encontram com construções na APP, indicando a alta impermeabilização dos locais.

Figura 59 - Área de preservação permanente antes da Lei Complementar nº 2.250, de 30 de janeiro de 2002



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 60 - Área de preservação permanente após a Lei Complementar nº 2.250, de 30 de janeiro de 2002



Fonte: elaborada pelo autor.

7.4 ANÁLISES FINAIS

Através dos diversos levantamentos apontados nos resultados, foi possível entender a dinâmica erosiva de Aparecida de Goiânia (GO). O município apresentou, nos últimos 30

anos, um franco desenvolvimento sobre as áreas não ocupadas, de forma desordenada, sobretudo nas áreas marginais dos córregos localizados na área urbana. Esse fenômeno foi mais intenso na região norte do município, visto que essa região faz divisa com a capital do estado, Goiânia. No que diz respeito ao meio físico, a geologia de grande parte do município se apresenta na forma de xistos feldspáticos, em sua grande totalidade bem intemperizados, e que deram origem a solos saprolíticos, classificados como bem a medianamente alterados, conforme comprovado nos trabalhos de campo. Sotopostos a esse material, encontram-se solos orgânicos ou aterros antrópicos. Esses materiais se mostraram facilmente erodíveis nas frentes analisadas.

Para a classificação dos solos, podemos observar a presença de latossolos vermelho-amarelos e cambissolos distróficos nas grandes áreas de planícies, onde encontramos a grande maioria dos focos erosivos da cidade. Para o relevo, a cidade apresenta um relevo monótono, sem grandes elevações ou patamares que se destacam, sem, claro, não excluirmos os relevos mais morrosos do sudeste, onde encontramos a Serra das Areias, ponto mais elevado do município.

Quanto ao relevo, após análise do mapa geomorfológico de Fernandes, Pinho e Castro (2021), verificou-se que todo o município de Aparecida de Goiânia encontra-se em áreas de superfícies aplainadas. Esse relevo monótono reflete a declividade do município, que não apresenta diferenças altimétricas elevadas. Contudo, nos vales aluviais, essa diferença se torna significativa, resultando em terrenos mais suscetíveis à erosão, o que é evidenciado pela Carta de suscetibilidade à erosão de Aparecida de Goiânia (2012), que apresenta como regiões mais suscetíveis aquelas localizadas nas planícies de inundações e áreas lindeiras a todas as drenagens da cidade. O inventário das feições erosivas dos períodos de 2005, 2007 e 2023 confirmou esse resultado, uma vez que a distribuição espacial de todas as erosões identificadas se restringia a essas áreas. Ressalta-se que, mesmo em anos anteriores, quando a área construída era menor, ou seja, as áreas de solo exposto eram mais abundantes, não foram identificadas erosões em trechos superiores das encostas, afastados dos vales aluviais.

A análise dos inventários de feições erosivas, dos diferentes anos, permitiu verificar que o comportamento dos processos erosivos variou ao longo dos anos, conforme a evolução da urbanização. O aumento da impermeabilização e ocupação territorial, que ocorreu sem a instalação de infraestruturas básicas necessárias, levou a uma alteração no desenvolvimento dos processos erosivos, observada a partir do ano de 2017. Verificou-se que, nesse período, o processo erosivo deixou de se manifestar sob a forma de ravinamentos e erosões marginais de

pequeno a médio porte e assumiu o formato de voçorocas e erosões marginais de maior porte, de rápido avanço.

Esse comportamento foi observado em três das quatro erosões monitoradas pelo método de estaqueamento. A erosão 01 apresentou crescimento intenso no curto período em que foi monitorada, com avanço de 2,15 metros em relação a uma das estacas. A erosão 08 também apresentou um crescimento elevado em relação a uma das estacas (1,58 metro) no período analisado.

A erosão 12, por sua vez, não apresentou valores expressivos através do monitoramento em função das constantes técnicas de controle e recuperação realizadas pela prefeitura no local. Esse fato indica que o crescimento da erosão era significativo a ponto de ser alvo de preocupação do poder público. A única erosão que não apresentou valores ou indícios significativos de crescimento foi a erosão 02. Esta também recebeu técnicas de controle por parte da prefeitura, o que explica a baixa expressão dos resultados do monitoramento. Entretanto, a verificação de mudança de seu eixo de crescimento deixa claro que o processo erosivo permanece ativo.

Com este estudo, foi também observado que as feições erosivas não são recuperadas com o uso de técnicas efetivas, uma vez que são reativadas após curtos períodos de tempo. Os inventários das feições erosivas evidenciam esse comportamento, assim como os resultados obtidos nas etapas de estudo detalhado. Outra observação importante, relacionada ao processo de recuperação de erosões na área de estudo, refere-se ao observado ao longo do Córrego Almeida, onde foi verificada, através das imagens de satélite, a migração dos pontos de erosão da cabeceira para pontos a jusante, entre os anos de 2009 e 2023.

No que diz respeito ao cumprimento da legislação, apesar de o município apresentar leis severas para a ocupação lindeira a córregos e nascentes, como o plano diretor de 14 de dezembro de 2016, que define medidas para a ocupação das áreas de preservação permanente e condições para o não parcelamento de solo, principalmente em terrenos com declividades superior a 30% e sem condições geológicas para a edificação, nota-se uma falta de fiscalização por parte do poder público que impeça a ocupação nessas áreas. Como resultado, muito do que é apresentado nos âmbitos estadual e federal acaba sendo também descumprido. Entretanto, além da falta de fiscalização por parte do poder público municipal, este estudo evidenciou a falta de condições, ou até mesmo preparo, da esfera municipal em lidar adequadamente com as questões relacionadas à erosão urbana.

8 CONCLUSÃO

Este estudo permitiu identificar o cenário erosivo no município de Aparecida de Goiânia, que corresponde a um grande número de erosões instaladas ao longo dos canais de drenagens, muitas vezes ainda ativas, que avançam sobre as margens dos córregos e fundo de vales das planícies aluviais. A elaboração de inventários das feições erosivas, para diferentes períodos, foi essencial para o entendimento dessa dinâmica.

Com as etapas realizadas na área de detalhe, que compreendeu a sub-bacia hidrográfica do Córrego Almeida, verificou-se que as feições erosivas ocorrem associadas aos solos saprolíticos alterados de xistos, nos taludes das planícies aluvionares, que apresentam declividades acentuadas. Nessa etapa, em decorrência das atividades de monitoramento, ficou evidenciado que as erosões na área de estudo podem encontrar-se ativas e com potencial para grande crescimento, o que pode vir a atingir estruturas urbanas de forma negativa.

Os resultados permitiram também concluir que o desenvolvimento de erosões de grande porte no município de Aparecida de Goiânia é consequência direta da ocupação urbana desordenada que ocorreu nos anos de 2000 a 2023, que se deu sem infraestrutura básica adequada, sobretudo de micro a macrodrenagem. Esse fenômeno é notado ao observar que muitas das erosões inventariadas se localizam nos finais de ruas sem estruturas de drenagem pluvial, com dimensões que as classificam como voçorocas, posicionadas perpendicularmente aos canais de drenagens.

Foi também verificado que as erosões marginais, nos últimos anos, apresentaram avanços rápidos, o que contribuiu para o assoreamento dos leitos das drenagens. O aterramento com resíduos de construção civil, técnica de recuperação e controle de erosão que vem sendo frequentemente adotada pela prefeitura municipal, contribui com esse fenômeno, pois parte desse material vem sendo levada para os canais de drenagem nos períodos de chuva.

Diante do apresentado, concluiu-se que a dinâmica dos processos erosivos do município de Aparecida de Goiânia foi adequadamente caracterizada, sobretudo quanto à sua relação com o processo de urbanização. Por outro lado, percebe-se uma dificuldade de reverter esse cenário, que pode ocorrer em função de questões técnicas e/ou políticas, dado que as intervenções municipais para controle e recuperação dos processos erosivos têm se mostrado ineficientes.

Por fim, por mais que as legislações federal, estadual e mesmo municipal prezem por proteção e uso adequado do meio físico, verifica-se um desrespeito por parte delas, associado à falta de fiscalização, ou mesmo responsabilização, já que se trata do próprio poder público.

REFERÊNCIAS

- ABONAL, Melchora V.; PERLAS, Fe B. Soil erosion status of riverbanks with vetiver grass as hedgerow in Camarines Sur, Philippines. **The CBSUA Journal of Research**, n. 17, p. 6-13, 2019.
- AGUIAR, Vinicius Gomes. **Bacia hidrográfica do córrego Granada – Aparecida de Goiânia-GO**: os processos erosivos e a dinâmica espacial urbana. 2009. Dissertação (Mestrado em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil) - Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.
- APARECIDA DE GOIÂNIA-GO. Prefeitura Municipal de Aparecida de Goiânia. **Carta de risco de Aparecida de Goiânia**. Aparecida de Goiânia-GO, 2012.
- APARECIDA DE GOIÂNIA-GO. Câmara Municipal. **Lei Complementar nº 2250, de 30 de janeiro de 2002**. Dispõe sobre o parcelamento do solo na área urbana e rural do Município de Aparecida de Goiânia e estabelece outras providências urbanísticas. Disponível em: <https://www.camaradeaparecida.go.gov.br/legislacoes/lei-municipal-2250-2002/>. Acesso em: 30 out. 2022.
- APARECIDA DE GOIÂNIA-GO. Chefia da Casa Civil. **Lei Complementar nº 124, de 14 de dezembro de 2016**. Institui o Plano Diretor e estabelece princípios, políticas, estratégias e instrumentos para o desenvolvimento municipal, o uso, a ocupação e o parcelamento do solo urbano, o sistema viário e para o cumprimento da Função Social da Cidade e da Propriedade no Município de Aparecida de Goiânia e dá outras providências. Disponível em: https://www.aparecida.go.gov.br/wp-content/uploads/2021/02/Lei_124.2016_Plano_Diretor.pdf. Acesso em: 30 out. 2022.
- AYRES, Quincy Claude. **Soil erosion and its control**. New York and London. McGraw-Hill Book Company, 1936.
- BANDEIRA, Ana Patrícia Nunes. **Mapa de Risco de Erosão e Escorregamento das Encostas com Ocupações Desordenadas no Município de Camaragibe**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.
- BARBOSA, Zileny Nelson Tavares; OLIVEIRA, Wellington Nunes de; OLIVEIRA, Roberta Mara de. Análise multitemporal da ocupação urbana ao longo do Ribeirão Santo Antônio – Região de Aparecida de Goiânia-GO. *In*: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SRBR, 15., 2011, Curitiba-PR. **Anais [...]**. Curitiba-PR, 2011.
- BERNATEK-JAKIEL, Anita; POESEN, Jean. Subsurface erosion by soil piping: significance and research needs. **Earth-Science Reviews**, v. 185, p. 1107-1128, 2018.
- BERTONI, José; LOMBARDI NETO, Francisco. **Conservação dos solos**. Piracicaba, SP: Livroceres, 1985.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Panorama da erosão costeira no Brasil**. Brasília, DF: MMA, 2018.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 30 out. 2022.

BRITO, Annanery de Oliveira. **Estudos da erosão no ambiente urbano, visando planejamento e controle ambiental no Distrito Federal.** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

CAMAPUM DE CARVALHO, José; LIMA, Marisaides Cruz; MORTARI, Diógenes. Considerações sobre prevenção e controle de voçorocas. *In*: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 7., 2001, Goiânia. **Anais [...]**. ABGE, Goiânia, 2001.

CAMAPUM DE CARVALHO, José; SALES, Maurício Martines; SOUZA, Newton Moreira de; SILVA MELO, Maria Tereza (org.) **Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro.** Brasília: Universidade de Brasília, Finatec, 2006.

CAMPOS, José Eloi Guimarães; FREITAS-SILVA, Flávio Henrique. **Hidrogeologia do Distrito Federal.** Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal. Vol. 4. Brasília: IEMA/SEMATEC/UnB, 1998.

CAMPOS, José Eloi Guimarães; RESENDE, Leonardo; ALMEIDA, Leonardo de; RODRIGUES, Antonio Passos; SÁ, Marcos Alcoforado Maranhão; MAGALHÃES, Luis Fernando. **Diagnóstico Hidrogeológico da Região de Goiânia.** Goiânia: Superintendência de Geologia e Mineração/SIC, Governo do Estado de Goiás, 2003.

COSTA FILHO, Pascoal Luiz Dias Rodrigues da. **Plano de recuperação da área de preservação permanente (APP) da nascente do córrego pipa no município de Aparecida de Goiânia, GO.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para a Gestão Municipal de Recursos Hídricos) - Instituto Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

DAS, Tuhin K.; HALDAR, Sushil K.; SARKAR, Debaprasad; BORDERON, Marion; KIENBERGER, Stefan; GUPTA, Ivy Das; KUNDU, Sangeeta; GUHA-SAPIR, Debarati. Impact of riverbank erosion: A case study. **Australasian Journal of Disaster and Trauma Studies**, v. 21, n. 2, p. 73-81, 2017.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. **Controle de Erosão: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientações para o controle de boçorocas urbanas.** 2. ed. São Paulo: DAEE/IPT, 1990.

FENDRICH, Roberto; OBLADEN, Nicolau Leopoldo; AISSE, Miguel Mansur; GARCIAS, Carlos Mello. **Drenagem e controle da erosão urbana.** Curitiba: Champagnat, 1997.

FERES, Roberto. **Análise de processos de erosão acelerada, com base em fotografias aéreas e geoprocessamento:** Bacia do Rio Bonito (Descalvado, SP). Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de São Carlos-SP, 2002.

FERNANDES, Glaucio *et al.* **Carta de risco de Aparecida de Goiânia-GO. Relatório Final.** Prefeitura Municipal de Aparecida de Goiânia-GO, 2012.

FERNANDES, Rodrigo Luiz Gallo; PEIXOTO, Dario. **Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa e enchentes:** Anápolis, GO. Goiânia-GO, 2014.

FERNANDES, Rodrigo Luiz Gallo; CANELLO, Vivian Athaydes; PINHO, Deyna; MAGALHÃES, Luiz Fernando. **Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa e enchentes:** Aparecida de Goiânia, GO. Goiânia-GO, 2017.

FERNANDES, Rodrigo Luiz Gallo; PINHO, Deyna. **Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa e enchentes:** Anápolis, GO. Goiânia-GO, 2019a.

FERNANDES, Rodrigo Luiz Gallo; PINHO, Deyna. **Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa e enchentes:** Araguaína, TO. Goiânia-GO, 2019b.

FERNANDES, Rodrigo Luiz Gallo; PINHO, Deyna; CASTRO, Tamiris Araújo Duarte. **Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundação – Município de Aparecida de Goiânia-GO.** Escala 1:45.000, Mapa. Goiânia-GO, 2021.

FERREIRA, Marcilene Dantas. **Análise da evolução dos processos erosivos aceleradas em áreas urbanas e das técnicas de controle e recuperação:** córrego do Tucum (São Pedro/SP). 2004. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

FERREIRA DE OLIVEIRA, Carlos José. **Erosão urbana na Bacia do Córrego Santo Antônio em Aparecida de Goiânia/GO:** Análise e Diretrizes para Controle. 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2005.

FUCK, Reinhardt Adolfo; JARDIM DE SÁ, Emanuel Ferraz; PIMENTEL, Márcio Martins; DARDENNE, Marcel Auguste; PEDROSA SOARES, Antônio Carlos. As faixas de dobramentos marginais do Cráton do São Francisco: síntese dos conhecimentos. *In:* DOMINGUEZ, José Maria Landim; MISI, Aroldo (org.). **O Cráton do São Francisco.** Salvador: SGM/CNPQ/Sociedade Brasileira de Geologia, 1993. p. 161-185.

FUCK, Reinhardt Adolfo; PIMENTEL, Márcio Martins; JOST, Hardy; FERREIRA-FILHO, Cesar Fonseca; ARAÚJO, Sylvia Maria. The basement of the Brasília Fold Belt and the Goiás Magmatic Arc. **Tectonic Evolution of South America**, Rio de Janeiro, p. 195-229, 2000.

GALVÃO, Renata dos Santos. **Drenagem urbana e planejamento ambiental:** Vale do Rio João Mendes (Niterói, RJ). 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2008.

GHOSH, Debika; SAHU, Abhay Sankar. The impact of population displacement due to riverbank erosion on the education of erosion victims: a study in Jangipur sub-division of

Murshidabad district, West Bengal, India. **Bulletin of Geography. Socio-economic Series**, n. 46, p. 103-118, 2019.

GOIÁS. **Lei nº 13.123, de 16 de julho de 1997**. Estabelece normas de orientação à política estadual de recursos hídricos, bem como ao sistema integrado de gerenciamento de recursos hídricos e dá outras providências. Disponível em: https://legisla.casacivil.gov.br/pesquisa_legislacao/82217/lei-13123. Acesso em: 30 out. 2022.

GUERRA, Antonio José Teixeira. Experimentos e Monitoramentos em erosão dos Solos. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo-SP, v. 16, p. 32-37, 2005.

GUERRA, Antônio José Teixeira; BOTELHO, Rosângela Garrido Machado. **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. Processos erosivos nas encostas. *In: Geomorfologia, uma atualização de bases e conceitos*. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p. 149-209.

GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 13. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015.

GUERRA, Antonio Teixeira; GUERRA, Antonio José Teixeira. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Zoneamento ecológico-econômico da área do aglomerado urbano de Goiânia, 1994**. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=284795>. Acesso em: 30 out. 2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico**. Brasil: IBGE, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/aparecida-de-goiania/panorama>. Acesso em: 30 maio 2022.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Orientações para o combate à erosão no Estado de S. Paulo, Bacia do Peixe - Paranapanema**. Relatório, 24739, v. 6, São Paulo-SP, 1986.

JAAFARI, Abolfazl; JANIZADEH, Saeid; ABDO, Hazem Ghassan; MAFI-GHOLAMI, Davood; ADELI, Behzad. Understanding land degradation induced by gully erosion from the perspective of different geoenvironmental factors. **Journal of Environmental Management**, v. 315, 115181, 2022.

JESUS, Andrelisa Santos. **Investigação Multidisciplinar de Processos Erosivos Lineares: Estudo de Caso da Cidade de Anápolis-GO**. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2013.

JESUS, Andrelisa Santos; CARVALHO, José Camapum de. Processos erosivos em área urbana e as implicações na qualidade de vida. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia-GO, v. 37, n. 1, p. 1-17, jan./abr. 2017.

JIU, Jinzhu; WU, Hongjuan; LI, Sen. The implication of Land-Use/Land-Cover for the Declining Soil Erosion Risk in the Three Gorges Reservoir Region China. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 10, 1856, 2019.

KHAN, Bayezid; NABIA, Sadia Afrin; RAHMAN, Ashfikur. The effect of riverbank erosion on lives and livelihoods of rural people: a study on Nolian village, Khulna, Bangladesh. **Journal of Science, Technology and Environment Informatics**, v. 6, p. 466-473, 2018.

KHEIRALLA, Khalid Mustafa; SIDDEG, A. S. Control over river bank erosion: a case study of Ganetti Station, Northern States, Sudan. **Journal of Earth Science e Climatic Change**, v. 6, n. 7, 287, 2015.

LACERDA FILHO, Jofre Valmório; REZENDE, Abelson; SILVA, Aurelene da (org.). **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Goiânia: CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 1999.

LAL, Rattan; BOBBY, A. Steard. **Soil and climate**. Boca Ráton: FL, 2018.

LUCIANO, Francispaula; RIBEIRO, Jéssica Martins Piani; PELÁ, Márcia Cristina Hizim. Conjunto Cruzeiro do Sul, em Aparecida de Goiânia, e suas peculiaridades de acordo com o capital. **Revista Territorial**, Goiás, v. 3, n. 2, p. 23-40, jul./dez. 2014.

MACHADO DA SILVA, Tayne Samara. **Caracterização e monitoramento de voçoroca associada a técnicas de controle através do método de estaqueamento**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de São Carlos, Campus Lagoa do Sino, Buri-SP, 2021.

MARINI, Onildo J.; FUCK, Reinhardt Adolf; DANNI, José Carlos Moresco; DARDENNE, Marcel Auguste; LOGUERCIO, S. O. C.; RAMALHO, R. As Faixas de Dobramentos Brasília, Uruaçu e Paraguai-Araguaia e o Maciço Mediano de Goiás. *In*: SCHOBENHAUS, C.; DIÓGENES, A. C.; DERZE, G. R.; ASMOS, M. E. (coord.). **Geologia do Brasil**. Brasília: DNPM, 1984. p. 251-303.

MENDES, Pedro Paulo Mesquita. Processo Erosivo em área Urbana: Condomínio Prive Cidade Satélite Ceilândia – DF. *In*: Congresso Brasileiro de Geógrafos, 7., 2014, Vitória-ES. **Anais [...]**. Vitória-ES, 2014.

MORAES, Juliana Maceira (org.). **Geodiversidade do estado de Goiás e do Distrito Federal**. Goiânia: CPRM, 2014.

MORGAN, Royston P. C. **Soil Erosion e Conservation**. 3. ed. Malden: Blackwell Publishing, 2005.

MTEMBU, Odwa Ntsika. **Mapping the extent and change of gully erosion in the Rosendal region, eastern Free State**. 2021. Dissertação (Master of Science), Faculty of Science, University of the Witwatersrand, Johannesburg, 2021.

NAVARRO, Guillermo Rafael Beltran; ZANARDO, Antenor; CONCEIÇÃO, Fabiano Tomazini da. O Grupo Araxá na Região Sul-Sudoeste do Estado de Goiás. **Geologia USP. Série científica**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 5-28, jun. 2013.

OLIVEIRA, Antonio Manoel dos Santos; BRITO, Sérgio Nertan Alves de. **Geologia de Engenharia e Ambiental**. São Paulo: ABGE: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 1998.

OLIVEIRA, Antonio Manoel dos Santos; MONTICELI, João Jerônimo. **Geologia de Engenharia e Ambiental**. São Paulo: ABGE: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2018.

OLIVEIRA, Ivanilton José de. **Solo pobre, terra rica: paisagens do cerrado e agropecuária modernizada em Jataí, Goiás**. 2002. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

OLIVEIRA, João Bertoldo; JACOMINE, Paulo Klinger Tito; CAMARGO, Marcelo Nunes. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. Jaboticabal-SP, FUNEP, 1992.

OTTONI, Adacto Benedicto; ROSIN, Jeane Ap. R. de Godoy; FOLONI, Fernanda Moço (org.) **Drenagem Urbana: Soluções Alternativas Sustentáveis**. Tupã: Anap, 2018.

PIMENTEL, Márcio Martins; FUCK, Reinhardt Adolfo; DARDENNE, Marcel Auguste; DEL'REY SILVA, Luis José Homem; MENEZES, Paulo Roberto. Magmatismo ácido peraluminoso associado ao Grupo Araxá na região de Pires do Rio e Ipameri, Goiás: características geoquímicas e implicações geotectônicas. *In: Simp. Geol. Centro Oeste*, 3., 1995, Goiânia. **Anais [...]**. SBG, Goiânia, 1995, p. 68-71.

PIMENTEL, Márcio Martins; HEAMAN, L.; FUCK, Reinhardt Adolfo. Idade do metariolito da Sequência Maratá, Grupo Araxá, Goiás: estudo geocronológico pelos métodos U-Pb em zircão, Rb-Sr e Sm-Nd. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 64, p. 19-28, 1992.

POESEN, Jean. Soil erosion in the Anthropocene: Research needs. **Earth Surf. Process. Landforms**, v. 43, p. 64-84, 2018.

REIS, Ricardo Prado Abreu; OLIVEIRA, Lúcia Helena de; SALES, Maurício Martines. Sistemas de drenagem na fonte por poços de infiltração de águas pluviais. **Revista Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 99-117, abr./jun. 2008.

ROCHA, Wanessa Silva; PASQUALETTO, Antônio; SANTOS, Gitair Moreira dos; MENDES, Thiago Augusto; SANTOS, Hárten Inácio dos. Erosão Urbana: Microbacia do Córrego d'água, município de Goiânia, Goiás. **Revista Brasileira de Assuntos Regionais**, Goiânia, v. 4, n. 1, p. 64-67, jan. /jun. 2018.

RODRIGUES, Antônio Passos (coord.). **Caracterização do Meio Físico, dos Recursos Minerais e Hídricos do Município de Aparecida de Goiânia**. Goiânia: Superintendência de Geologia e Mineração, 2005.

ROTTA, Cláudia Marisse dos Santos. **Estudo da Recuperação de áreas Degradadas por Processos Erosivos: Procedimentos e Eficiência dos Métodos**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

SAFADI, Sandro de Oliveira. Ocupação urbana, redes sociais e territorialização da resistência: o caso de Aparecida de Goiânia, Brasil. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 9, n. 1, p. 52-67, jan./abr., 2017.

SALES, Maurício Martines; CAMAPUM DE CARVALHO, José; MASCARENHAS, Márcia Maria dos Anjos (org.) **Erosão em borda de reservatório**. Goiânia: Gráfica UFG, 2017.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, Lucas Maia dos. **A produção do espaço intra-urbano de Aparecida de Goiânia e a dinâmica metropolitana de Goiânia: de 1960 aos anos 2000**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências Humanas) - Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

SANTOS, Roberto Márcio Macedo dos. **Caracterização Geotécnica e Análise do Processo Evolutivo das Erosões no Município de Goiânia**. 1997. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 1997.

SILVA, Aguinaldo; SOUZA, Célia Alves de; ZANI, Hiran. Avaliação da erosão na margem direita do rio Paraguai a jusante da praia do Julião, município de Cárceres - MT. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 1, n. 1, p. 5-19, 2007.

SILVA MARTINS, Rubia Nara. Impactos da expansão urbana em um município metropolitano: análise da retirada da cobertura vegetal de aparecida de Goiânia, entre 1985 e 2010. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 33, n. 2, p. 177-196, maio/ago. 2013.

SILVA, Wilkson Flaviano da; SILVA JUNIOR, Milton Gonçalves; UKER, Fernando Ernesto; ALONSO, Ressiliane Prata; LUZ, Alline Caitano. Uso de técnicas de recuperação de área degradada por processo erosivo em área urbana no Jardim Mont Serrat no município de Aparecida de Goiânia-GO. **Revista eletrônica de educação da faculdade Araguaia**, v.14, n. 1, p. 130-145, 2019.

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosângela do (org.). **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. 2. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2012.

TOY, Terrence J.; FOSTER, George R.; RENARD, Kenneth G. **Soil Erosion: Processes, Prediction, Measurement, and Control**. New York: Wiley, 2002.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário Thadeu Leme de. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1995.

VAZ, Luis Ferreira. Classificação genética dos solos e dos horizontes de alteração de rochas em regiões tropicais. **Rev. Solos e Rochas**, v. 19, n. 2, p. 117-136, 1996.

VERDUM, Roberto; VIEIRA, Carmem Lucas; CANEPPELE, Jean Carlo Gessi. **Métodos e técnicas para o controle da erosão e conservação do solo**. Porto Alegre: Instituto de Geociências - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

VILAR, Orêncio Monje; PRANDI, Emilio Carlos. Erosão dos solos. *In: Anais da Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica*. Solos do interior de São Paulo, São Carlos-SP, 1993.

WANG, Li-Yan; XIAO, Yi; RAO, En-Ming; JIANG, Ling; XIAO, Yang; OUYANG, Zhi-Yun. An Assessment of the Impact of Urbanization on Soil Erosion in Inner Mongolia. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 3, 550, 2018.

WANG, Ling; YAN, Hua; WANG, X. W.; WANG, Zhen; YU, S. X.; WANG, T. W.; SHI, Zhi-Hua. The potential for soil erosion control associated with socio-economic development in the hilly red soil region, southern China. **Catena an Interdisciplinary Journal of Soil Science – Hidrology – Geomorphology**, v. 194, 104678, 2020.

XU, Shixian; WANG, Xinjun; MA, Xiaofei; GAO, Shenghan. Risk Assessment and Prediction of Soil Water Erosion on the Middle Northern Slope of Tianshan Mountain. **Sustainability**. v. 15, p. 1-14, 2023.

ZACHAR, Dusan. **Soil Erosion**. New York: Elsevier Scientific, Developments in Soil Science, 1982.

APÊNDICE 1
FICHA CATALOGRÁFICA

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES

DADOS DE LOCALIZAÇÃO

Nº	DATA DO CADASTRO	UF	
MUNICÍPIO	LOCALIDADE		
COORDENADAS UTM			
N:	L:	ALT.	ZONA:

DADOS DA FEIÇÃO EROSIVA

TIPOLOGIA DA EROSÃO	
Voçoroca	
Ravina	
Sulco	
Erosão Marginal	
Reativação de cabeceira de drenagem	
Misto	
TIPO DE TALUDE	
Natural	
Corte	
Aterro	
PRESENÇA DE PIPPING	
Sim	
Não	
ORIGEM DA EROSÃO	
Antrópica	
Natural	
Indeterminada	
CONDIÇÃO ATUAL DA EROSÃO	
Ativa	
Inativa	
Não Determinada	
DIREÇÃO LONGITUDINAL DA EROSÃO	
N-S	
E-W	
NE-SW	
NW-SE	
COBERTURA VEGETAL	
Rasteira	
Média/Grande Porte	
Mista	
SOLO EXPOSTO NO FOCO EROSIVO	
Sim	
Não	
Não identificado	
MATERIAL ERODIDO	
Solo Transportado	
Solo Residual	

	Saprólito
	Rocha
	Não Identificado
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	
	Agricultura
	Pastagens
	Mata Nativa
	Silvicultura
	Área Edificada
	Solo Exposto
PRESENÇA DE RESÍDUOS	
	Sim
	Não

METRAGEM APROXIMADA DA EROSÃO**OBSERVAÇÕES****FOTOS**

Cadastro realizado por:

APÊNDICE 2
FICHAS CATALOGRÁFICAS DAS EROSÕES CADASTRADAS

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES

DADOS DE LOCALIZAÇÃO

Nº 01	DATA DO CADASTRO	UF	
		GO	
MUNICÍPIO	LOCALIDADE		
Aparecida de Goiânia	Propriedade particular ao lado da Av. Toledo		
COORDENADAS UTM			
N:8146977	L:687257	ALT.769	ZONA:22K

DADOS DA FEIÇÃO EROSIVA

TIPOLOGIA DA EROSÃO	
	Voçoroca
	Ravina
	Sulco
X	Erosão Marginal
	Reativação de cabeceira de drenagem
	Misto
TIPO DE TALUDE	
X	Natural
	Corte
	Aterro
PRESENÇA DE PIPPING	
X	Sim
	Não
ORIGEM DA EROSÃO	
	Antrópica
	Natural
X	Indeterminada
CONDIÇÃO ATUAL DA EROSÃO	
X	Ativa
	Inativa
	Não Determinada
DIREÇÃO LONGITUDINAL DA EROSÃO	
	N-S
	E-W
X	NE-SW
	NW-SE
COBERTURA VEGETAL	
X	Rasteira
	Média/Grande Porte
	Mista
SOLO EXPOSTO NO FOCO EROSIVO	
X	Sim
	Não
	Não identificado
MATERIAL ERODIDO	
	Solo Transportado
	Solo Residual
	Saprólito

	Rocha
X	Não Identificado
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	
	Agricultura
X	Pastagens
	Mata Nativa
	Silvicultura
	Área Edificada
	Solo Exposto
PRESENÇA DE RESÍDUOS	
	Sim
X	Não

METRAGEM APROXIMADA DA EROSÃO

Aproximadamente 100 metros

OBSERVAÇÕES

FOTOS



Cadastro realizado por:
Rodrigo Luiz Gallo Fernandes

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES

DADOS DE LOCALIZAÇÃO

Nº 02	DATA DO CADASTRO	UF	
		GO	
MUNICÍPIO	LOCALIDADE		
Aparecida de Goiânia	R 10 X Av. Luís XV		
COORDENADAS UTM			
N:8147751	L:687097	ALT.773	ZONA:22K

DADOS DA FEIÇÃO EROSIVA

<u>TIPOLOGIA DA EROSÃO</u>	
X	Voçoroca
	Ravina
	Sulco
	Erosão Marginal
	Reativação de cabeceira de drenagem
	Misto
<u>TIPO DE TALUDE</u>	
	Natural
X	Corte
	Aterro
<u>PRESENÇA DE PIPPING</u>	
	Sim
X	Não
<u>ORIGEM DA EROSÃO</u>	
X	Antrópica
	Natural
	Indeterminada
<u>CONDIÇÃO ATUAL DA EROSÃO</u>	
X	Ativa
	Inativa
	Não Determinada
<u>DIREÇÃO LONGITUDINAL DA EROSÃO</u>	
	N-S
X	E-W
	NE-SW
	NW-SE
<u>COBERTURA VEGETAL</u>	
	Rasteira
	Média/Grande Porte
X	Mista
<u>SOLO EXPOSTO NO FOCO EROSIVO</u>	
X	Sim
	Não
	Não identificado
<u>MATERIAL ERODIDO</u>	
	Solo Transportado
	Solo Residual

X	Saprólito
	Rocha
	Não Identificado
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	
	Agricultura
	Pastagens
	Mata Nativa
	Silvicultura
X	Área Edificada
	Solo Exposto
PRESENÇA DE RESÍDUOS	
X	Sim
	Não

METRAGEM APROXIMADA DA EROSÃO

Aproximadamente 40 metros

OBSERVAÇÕES**FOTOS**

Cadastro realizado por:
Rodrigo Luiz Gallo Fernandes

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES

DADOS DE LOCALIZAÇÃO

Nº 03	DATA DO CADASTRO	UF	
		GO	
MUNÍCIPIO	LOCALIDADE		
Aparecida de Goiânia	Próximo a ponte da av. Toledo		
COORDENADAS UTM			
N:8147125	L:687242	ALT.773	ZONA:22K

DADOS DA FEIÇÃO EROSIVA

<u>TIPOLOGIA DA EROSÃO</u>	
	Voçoroca
	Ravina
	Sulco
X	Erosão Marginal
	Reativação de cabeceira de drenagem
	Misto
<u>TIPO DE TALUDE</u>	
	Natural
X	Corte
	Aterro
<u>PRESENÇA DE PIPPING</u>	
	Sim
X	Não
<u>ORIGEM DA EROSÃO</u>	
	Antrópica
	Natural
X	Indeterminada
<u>CONDIÇÃO ATUAL DA EROSÃO</u>	
	Ativa
	Inativa
X	Não Determinada
<u>DIREÇÃO LONGITUDINAL DA EROSÃO</u>	
	N-S
X	E-W
	NE-SW
	NW-SE
<u>COBERTURA VEGETAL</u>	
X	Rasteira
	Média/Grande Porte
	Mista
<u>SOLO EXPOSTO NO FOCO EROSIVO</u>	
X	Sim
	Não
	Não identificado
<u>MATERIAL ERODIDO</u>	
	Solo Transportado
	Solo Residual

	Saprólito
	Rocha
X	Não Identificado
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	
	Agricultura
	Pastagens
	Mata Nativa
	Silvicultura
X	Área Edificada
	Solo Exposto
PRESENÇA DE RESÍDUOS	
X	Sim
	Não

METRAGEM APROXIMADA DA EROSIÃO

Aproximadamente 20 metros

OBSERVAÇÕES**FOTOS**

Cadastro realizado por:
Rodrigo Luiz Gallo Fernandes

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES

DADOS DE LOCALIZAÇÃO

Nº 04	DATA DO CADASTRO	UF	
		GO	
MUNÍCIPIO	LOCALIDADE		
Aparecida de Goiânia	Drenagem atrás do atacadão da BR		
COORDENADAS UTM			
N:8147216	L:687265	ALT.774	ZONA:22K

DADOS DA FEIÇÃO EROSIVA

TIPOLOGIA DA EROSÃO	
	Voçoroca
	Ravina
	Sulco
	Erosão Marginal
	Reativação de cabeceira de drenagem
X	Misto
TIPO DE TALUDE	
	Natural
X	Corte
	Aterro
PRESENÇA DE PIPPING	
	Sim
X	Não
ORIGEM DA EROSÃO	
	Antrópica
	Natural
X	Indeterminada
CONDIÇÃO ATUAL DA EROSÃO	
	Ativa
	Inativa
X	Não Determinada
DIREÇÃO LONGITUDINAL DA EROSÃO	
	N-S
X	E-W
	NE-SW
	NW-SE
COBERTURA VEGETAL	
	Rasteira
	Média/Grande Porte
X	Mista
SOLO EXPOSTO NO FOCO EROSIVO	
X	Sim
	Não
	Não identificado
MATERIAL ERODIDO	
	Solo Transportado
	Solo Residual

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES

DADOS DE LOCALIZAÇÃO

Nº 05	DATA DO CADASTRO	UF	
		GO	
MUNÍCIPIO	LOCALIDADE		
Aparecida de Goiânia	Rua EM11		
COORDENADAS UTM			
N:8148254	L:686773	ALT.797	ZONA:22K

DADOS DA FEIÇÃO EROSIVA

TIPOLOGIA DA EROSÃO	
	Voçoroca
	Ravina
	Sulco
X	Erosão Marginal
	Reativação de cabeceira de drenagem
	Misto
TIPO DE TALUDE	
X	Natural
	Corte
	Aterro
PRESENÇA DE PIPPING	
	Sim
X	Não
ORIGEM DA EROSÃO	
	Antrópica
	Natural
X	Indeterminada
CONDIÇÃO ATUAL DA EROSÃO	
	Ativa
	Inativa
X	Não Determinada
DIREÇÃO LONGITUDINAL DA EROSÃO	
	N-S
	E-W
X	NE-SW
	NW-SE
COBERTURA VEGETAL	
X	Rasteira
	Média/Grande Porte
	Mista
SOLO EXPOSTO NO FOCO EROSIVO	
X	Sim
	Não
	Não identificado
MATERIAL ERODIDO	
	Solo Transportado
X	Solo Residual

	Saprólito
	Rocha
	Não Identificado
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	
	Agricultura
	Pastagens
	Mata Nativa
	Silvicultura
X	Área Edificada
	Solo Exposto
PRESENÇA DE RESÍDUOS	
X	Sim
	Não

METRAGEM APROXIMADA DA EROSIÃO

Aproximadamente 70 metros

OBSERVAÇÕES

Talude erosivo de aproximadamente 10 metros de altura na margem direita do córrego.

FOTOS

Cadastro realizado por:
Rodrigo Luiz Gallo Fernandes

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES

DADOS DE LOCALIZAÇÃO

Nº 06	DATA DO CADASTRO	UF	
		GO	
MUNÍCIPIO	LOCALIDADE		
Aparecida de Goiânia	Rua EM11		
COORDENADAS UTM			
N:8148328	L:686750	ALT.796	ZONA:22K

DADOS DA FEIÇÃO EROSIVA

TIPOLOGIA DA EROSÃO	
	Voçoroca
	Ravina
	Sulco
X	Erosão Marginal
	Reativação de cabeceira de drenagem
	Misto
TIPO DE TALUDE	
X	Natural
	Corte
	Aterro
PRESENÇA DE PIPPING	
	Sim
X	Não
ORIGEM DA EROSÃO	
	Antrópica
	Natural
X	Indeterminada
DIREÇÃO ATUAL DA EROSÃO	
	Ativa
	Inativa
X	Não Determinada
SENTIDO LONGITUDINAL DA EROSÃO	
	N-S
	E-W
X	NE-SW
	NW-SE
COBERTURA VEGETAL	
	Rasteira
	Média/Grande Porte
X	Mista
SOLO EXPOSTO NO FOCO EROSIVO	
	Sim
	Não
X	Não identificado
MATERIAL ERODIDO	
	Solo Transportado
X	Solo Residual

	Saprólito
	Rocha
	Não Identificado
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	
	Agricultura
	Pastagens
	Mata Nativa
	Silvicultura
X	Área Edificada
	Solo Exposto
PRESENÇA DE RESÍDUOS	
	Sim
X	Não

METRAGEM APROXIMADA DA EROSÃO

Aproximadamente 20 metros

OBSERVAÇÕES

Erosão marginal de córrego em talude na margem direita.

FOTOS

Cadastro realizado por:
Rodrigo Luiz Gallo Fernandes

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES

DADOS DE LOCALIZAÇÃO

Nº 07	DATA DO CADASTRO	UF	
		GO	
MUNÍCIPIO	LOCALIDADE		
Aparecida de Goiânia	Rua Marabá X Rua 3		
COORDENADAS UTM			
N:8148748	L:686331	ALT.820	ZONA:22K

DADOS DA FEIÇÃO EROSIVA

TIPOLOGIA DA EROSÃO	
	Voçoroca
	Ravina
	Sulco
	Erosão Marginal
X	Reativação de cabeceira de drenagem
	Misto
TIPO DE TALUDE	
X	Natural
	Corte
	Aterro
PRESENÇA DE PIPPING	
	Sim
X	Não
ORIGEM DA EROSÃO	
	Antrópica
	Natural
X	Indeterminada
CONDIÇÃO ATUAL DA EROSÃO	
	Ativa
	Inativa
X	Não Determinada
DIREÇÃO LONGITUDINAL DA EROSÃO	
X	N-S
	E-W
	NE-SW
	NW-SE
COBERTURA VEGETAL	
	Rasteira
	Média/Grande Porte
X	Mista
SOLO EXPOSTO NO FOCO EROSIVO	
X	Sim
	Não
	Não identificado
MATERIAL ERODIDO	
	Solo Transportado
	Solo Residual

	Saprólito
	Rocha
X	Não Identificado
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	
	Agricultura
	Pastagens
	Mata Nativa
	Silvicultura
X	Área Edificada
	Solo Exposto
PRESENÇA DE RESÍDUOS	
X	Sim
	Não

METRAGEM APROXIMADA DA EROSÃO

Não visualizado

OBSERVAÇÕES**FOTOS**

Cadastro realizado por:
Rodrigo Luiz Gallo Fernandes

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES

DADOS DE LOCALIZAÇÃO

Nº 08	DATA DO CADASTRO	UF	
		GO	
MUNICÍPIO	LOCALIDADE		
Aparecida de Goiânia	Rua X 41 D		
COORDENADAS UTM			
N:8146829	L:690282	ALT.746	ZONA:22K

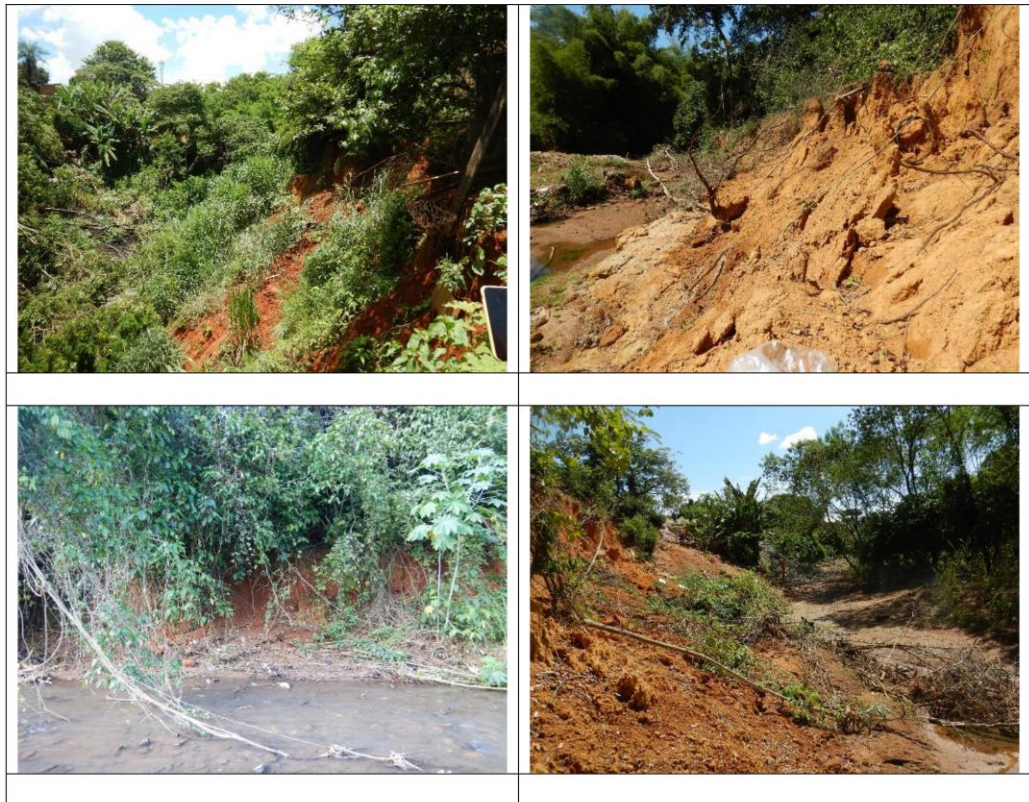
DADOS DA FEIÇÃO EROSIVA

<u>TIPOLOGIA DA EROSÃO</u>	
	Voçoroca
	Ravina
	Sulco
X	Erosão Marginal
	Reativação de cabeceira de drenagem
	Misto
<u>TIPO DE TALUDE</u>	
X	Natural
	Corte
	Aterro
<u>PRESENÇA DE PIPPING</u>	
	Sim
X	Não
<u>ORIGEM DA EROSÃO</u>	
	Antrópica
	Natural
X	Indeterminada
<u>CONDIÇÃO ATUAL DA EROSÃO</u>	
X	Ativa
	Inativa
	Não Determinada
<u>DIREÇÃO LONGITUDINAL DA EROSÃO</u>	
X	N-S
	E-W
	NE-SW
	NW-SE
<u>COBERTURA VEGETAL</u>	
	Rasteira
	Média/Grande Porte
X	Mista
<u>SOLO EXPOSTO NO FOCO EROSIVO</u>	
X	Sim
	Não
	Não identificado
<u>MATERIAL ERODIDO</u>	
	Solo Transportado
	Solo Residual

X	Saprólito
	Rocha
	Não Identificado
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	
	Agricultura
	Pastagens
	Mata Nativa
	Silvicultura
X	Área Edificada
	Solo Exposto
PRESENÇA DE RESÍDUOS	
X	Sim
	Não

METRAGEM APROXIMADA DA EROSÃO

Aproximadamente 100 metros

OBSERVAÇÕES**FOTOS**

Cadastro realizado por:
Rodrigo Luiz Gallo Fernandes

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES

DADOS DE LOCALIZAÇÃO

Nº 09	DATA DO CADASTRO	UF	
		GO	
MUNÍCIPIO	LOCALIDADE		
Aparecida de Goiânia	Rua 10		
COORDENADAS UTM			
N:8147792	L:687148	ALT.770	ZONA:22K

DADOS DA FEIÇÃO EROSIVA

<u>TIPOLOGIA DA EROSÃO</u>	
	Voçoroca
X	Ravina
	Sulco
	Erosão Marginal
	Reativação de cabeceira de drenagem
	Misto
<u>TIPO DE TALUDE</u>	
X	Natural
	Corte
	Aterro
<u>PRESENÇA DE PIPPING</u>	
	Sim
X	Não
<u>ORIGEM DA EROSÃO</u>	
	Antrópica
X	Natural
	Indeterminada
<u>CONDIÇÃO ATUAL DA EROSÃO</u>	
X	Ativa
	Inativa
	Não Determinada
<u>DIREÇÃO LONGITUDINAL DA EROSÃO</u>	
	N-S
	E-W
X	NE-SW
	NW-SE
<u>COBERTURA VEGETAL</u>	
	Rasteira
	Média/Grande Porte
X	Mista
<u>SOLO EXPOSTO NO FOCO EROSIVO</u>	
X	Sim
	Não
	Não identificado
<u>MATERIAL ERODIDO</u>	
	Solo Transportado
	Solo Residual
X	Saprólito
	Rocha

	Não Identificado
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	
	Agricultura
	Pastagens
	Mata Nativa
	Silvicultura
X	Área Edificada
	Solo Exposto
PRESENÇA DE RESÍDUOS	
	Sim
X	Não

METRAGEM APROXIMADA DA EROSÃO

Aproximadamente 7 metros

OBSERVAÇÕES

Ravina em fase inicial ao lado de braço de uma grande erosão.

FOTOS

Cadastro realizado por:
Rodrigo Luiz Gallo Fernandes

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES

DADOS DE LOCALIZAÇÃO

Nº 10	DATA DO CADASTRO	UF	
		GO	
MUNÍCIOPIO	LOCALIDADE		
Aparecida de Goiânia	Alameda Antônio Alves Neto		
COORDENADAS UTM			
N:8147159	L:685495	ALT.775	ZONA:22K

DADOS DA FEIÇÃO EROSIVA

<u>TIPOLOGIA DA EROSÃO</u>	
	Voçoroca
	Ravina
	Sulco
X	Erosão Marginal
	Reativação de cabeceira de drenagem
	Misto
<u>TIPO DE TALUDE</u>	
X	Natural
	Corte
	Aterro
<u>PRESENÇA DE PIPPING</u>	
	Sim
X	Não
<u>ORIGEM DA EROSÃO</u>	
	Antrópica
X	Natural
	Indeterminada
<u>CONDIÇÃO ATUAL DA EROSÃO</u>	
X	Ativa
	Inativa
	Não Determinada
<u>DIREÇÃO LONGITUDINAL DA EROSÃO</u>	
	N-S
X	E-W
	NE-SW
	NW-SE
<u>COBERTURA VEGETAL</u>	
	Rasteira
	Média/Grande Porte
X	Mista
<u>SOLO EXPOSTO NO FOCO EROSIVO</u>	
	Sim
	Não
X	Não identificado
<u>MATERIAL ERODIDO</u>	
	Solo Transportado

	Solo Residual
X	Saprólito
	Rocha
	Não Identificado
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	
	Agricultura
	Pastagens
	Mata Nativa
	Silvicultura
X	Área Edificada
	Solo Exposto
PRESENÇA DE RESÍDUOS	
	Sim
X	Não

METRAGEM APROXIMADA DA EROSÃO

Aproximadamente 30 metros

OBSERVAÇÕES**FOTOS**

Cadastro realizado por:
Rodrigo Luiz Gallo Fernandes

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES

DADOS DE LOCALIZAÇÃO

Nº 11	DATA DO CADASTRO	UF	
		GO	
MUNICÍPIO	LOCALIDADE		
Aparecida de Goiânia	Rua Barão Bananal		
COORDENADAS UTM			
N:8146973	L:686429	ALT.760	ZONA:22K

DADOS DA FEIÇÃO EROSIVA

<u>TIPOLOGIA DA EROSÃO</u>	
	Voçoroca
	Ravina
	Sulco
X	Erosão Marginal
	Reativação de cabeceira de drenagem
	Misto
<u>TIPO DE TALUDE</u>	
X	Natural
	Corte
	Aterro
<u>PRESENÇA DE PIPPING</u>	
	Sim
X	Não
<u>ORIGEM DA EROSÃO</u>	
	Antrópica
X	Natural
	Indeterminada
<u>CONDIÇÃO ATUAL DA EROSÃO</u>	
	Ativa
	Inativa
X	Não Determinada
<u>DIREÇÃO LONGITUDINAL DA EROSÃO</u>	
	N-S
X	E-W
	NE-SW
	NW-SE
<u>COBERTURA VEGETAL</u>	
X	Rasteira
	Média/Grande Porte
	Mista
<u>SOLO EXPOSTO NO FOCO EROSIVO</u>	
X	Sim
	Não
	Não identificado
<u>MATERIAL ERODIDO</u>	
	Solo Transportado
	Solo Residual

	Saprólito
	Rocha
X	Não Identificado
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	
	Agricultura
	Pastagens
	Mata Nativa
	Silvicultura
X	Área Edificada
	Solo Exposto
PRESENÇA DE RESÍDUOS	
	Sim
X	Não

METRAGEM APROXIMADA DA EROSÃO

Aproximadamente 90 metros

OBSERVAÇÕES**FOTOS**

Cadastro realizado por:
Rodrigo Luiz Gallo Fernandes

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES

DADOS DE LOCALIZAÇÃO

Nº 12	DATA DO CADASTRO	UF	
		GO	
MUNICÍPIO	LOCALIDADE		
Aparecida de Goiânia	Av. Jataí		
COORDENADAS UTM			
N:8146918	L:688457	ALT.768	ZONA:22K

DADOS DA FEIÇÃO EROSIVA

<u>TIPOLOGIA DA EROSÃO</u>	
	Voçoroca
	Ravina
	Sulco
X	Erosão Marginal
	Reativação de cabeceira de drenagem
	Misto
<u>TIPO DE TALUDE</u>	
X	Natural
	Corte
	Aterro
<u>PRESENÇA DE PIPPING</u>	
X	Sim
	Não
<u>ORIGEM DA EROSÃO</u>	
X	Antrópica
	Natural
	Indeterminada
<u>CONDIÇÃO ATUAL DA EROSÃO</u>	
X	Ativa
	Inativa
	Não Determinada
<u>DIREÇÃO LONGITUDINAL DA EROSÃO</u>	
	N-S
	E-W
X	NE-SW
	NW-SE
<u>COBERTURA VEGETAL</u>	
X	Rasteira
	Média/Grande Porte
	Mista
<u>SOLO EXPOSTO NO FOCO EROSIVO</u>	
X	Sim
	Não
	Não identificado
<u>MATERIAL ERODIDO</u>	
	Solo Transportado
	Solo Residual

X	Saprólito
	Rocha
	Não Identificado
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	
	Agricultura
	Pastagens
	Mata Nativa
	Silvicultura
X	Área Edificada
	Solo Exposto
PRESENÇA DE RESÍDUOS	
X	Sim
	Não

METRAGEM APROXIMADA DA EROSÃO

Aproximadamente 100 metros na margem esquerda do córrego com eixo E-W, aparentemente inativada, e 25 metros no eixo N-S ativada.

OBSERVAÇÕES

FOTOS



Cadastro realizado por:
Rodrigo Luiz Gallo Fernandes

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES

DADOS DE LOCALIZAÇÃO

Nº 13	DATA DO CADASTRO	UF	
		GO	
MUNICÍPIO	LOCALIDADE		
Aparecida de Goiânia	Rua X-16		
COORDENADAS UTM			
N:8145666	L:689966	ALT.720	ZONA:22K

DADOS DA FEIÇÃO EROSIVA

<u>TIPOLOGIA DA EROSÃO</u>	
X	Voçoroca
	Ravina
	Sulco
	Erosão Marginal
	Reativação de cabeceira de drenagem
	Misto
<u>TIPO DE TALUDE</u>	
X	Natural
	Corte
	Aterro
<u>PRESENÇA DE PIPPING</u>	
	Sim
X	Não
<u>ORIGEM DA EROSÃO</u>	
	Antrópica
	Natural
X	Indeterminada
<u>CONDIÇÃO ATUAL DA EROSÃO</u>	
	Ativa
	Inativa
X	Não Determinada
<u>DIREÇÃO LONGITUDINAL DA EROSÃO</u>	
X	N-S
	E-W
	NE-SW
	NW-SE
<u>COBERTURA VEGETAL</u>	
X	Rasteira
	Média/Grande Porte
	Mista
<u>SOLO EXPOSTO NO FOCO EROSIVO</u>	
	Sim
	Não
X	Não identificado
<u>MATERIAL ERODIDO</u>	
	Solo Transportado
	Solo Residual

	Saprólito
	Rocha
X	Não Identificado
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	
	Agricultura
	Pastagens
	Mata Nativa
	Silvicultura
X	Área Edificada
	Solo Exposto
PRESENÇA DE RESÍDUOS	
X	Sim
	Não

METRAGEM APROXIMADA DA EROSÃO

Aproximadamente 20 metros.

OBSERVAÇÕES**FOTOS**

Cadastro realizado por:
Rodrigo Luiz Gallo Fernandes