

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
CÂMPUS MORRINHOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE E SOCIEDADE**

CRISTIELLY LUIZA DA SILVA

**ANÁLISE MORFOLÓGICA, FÍSICA E QUÍMICA DE DUAS OCORRÊNCIAS
EROSIVAS LINEARES DE GRANDE PORTE
NO MUNICÍPIO DE MORRINHOS (GO)**

**MORRINHOS
2016**

CRISTIELLY LUIZA DA SILVA

**ANÁLISE MORFOLÓGICA, FÍSICA E QUÍMICA DE DUAS
OCORRÊNCIAS EROSIVAS LINEARES DE GRANDE PORTE
NO MUNICÍPIO DE MORRINHOS (GO)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em “Ambiente e Sociedade”, da Universidade Estadual de Goiás – Câmpus Morrinhos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Professor Dr. Alik Timóteo de Sousa

**MORRINHOS
2016**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por toda providência em minha vida e trajetória acadêmica, pela graça de cursar o mestrado na cidade de Morrinhos, e com todo esforço, conseguir conciliar o estudo à profissão.

Aos meus pais, rendo a minha eterna gratidão pela dádiva de vir ao mundo, por me ensinarem os primeiros passos, as primeiras letras do alfabeto, as frações numéricas e me incentivarem a alçar novos voos, superando assim, medos e rompendo as barreiras diárias.

Dedico essa vitória de ser MESTRE, em especial ao meu irmão, o qual sempre foi, é, e sempre será de suma importância em minha vida, o qual me ajudou a impulsionar as dificuldades diárias, aconselhar, ouvir, acolher com seu apoio e carinho incondicional.

Ao meu namorado sou grata por todas as orações, pelos cadernos, pelo empréstimo do notebook, pela ajuda nos trabalhos de campo, disseminando todo humor e carinho (principalmente na coleta de solo e nas medições das erosões), o qual sofreu com as minhas ausências, ligações as quais eu estava chateada ou chorando, me apoiou nos eventos acadêmicos. Agradeço também ao meu sogro, que auxiliou nas primeiras medições das erosões com toda técnica empírica, porém, de suma importância para a pesquisa.

Ao meu orientador, “pai” Alik, ressalto todo meu carinho e respeito por me conduzir nesta pesquisa e estimular a busca do conhecimento, o qual me mostrou os caminhos para chegar à reta final após toda essa trajetória. A certeza e vontade que permanece, é de transmitir ao longo da minha carreira profissional, essa aventura da Geografia Física, a qual me fez acreditar que posso ir além, a qual também foi a representatividade de uma luta marcada pela busca da compreensão das ocorrências erosivas, conhecendo assim, os diversos conceitos, as visitas de campo, as reuniões de orientação, a arte de manusear e analisar o solo. Como aprendi, tenho o dever de lhe agradecer, afinal, és tu, um professor tão sábio e apaixonado pela profissão, a ponto de contagiar a todos a sua volta, instigando assim, a curiosidade sobre os processos erosivos.

Aos meus amigos, destaco carinhosamente a ajuda do Carlos (foguinho/do exército) e meu afilhado Rodrigo Rodrigues, que na reta final foram super importantes, auxiliando assim, na coleta de solo. Aos demais parentes que

me incentivaram, aos professores que contribuíram com meu processo de aprendizagem desde a alfabetização. Podem ter certeza que vocês não passaram simplesmente pela minha vida, mas fizeram a diferença e permanecerão em minha história e coração. Dedico a cada um esta dissertação e a certeza que não irei parar de lutar até um dia chegar ao céu.

Aos meus atuais colegas de profissão, e aos que seguiram seus caminhos em outras instituições de ensino, o meu muito obrigado por vivenciarem e estimularem a constância dos meus objetivos, afinal, quantas noites em claro para elaborar avaliações ou preparar aulas para ministrar aos meus alunos. Agradeço ao meu chefe, Professor Reges pela oportunidade de atuar em diversos cargos, e em especial, em ministrar a disciplina de Geografia, em suas unidades de ensino particular, por toda compreensão e confiança depositada, juntamente com as coordenadoras pedagógicas e secretárias.

Encontrei durante este processo de aprendizagem conheci pessoas de várias cidades, áreas diferentes do conhecimento e resumidamente maravilhosas, umas mais próximas e companheiras de risadas e choros como Isabel, Ariane e Grazi Cintra. Gabriela companhia de estrada e estudos estatísticos, pessoas intelectuais como Ramariz, Ana Paula de Anapólis e Ana Paula de Quirinópolis como assim nos referíamos e a Grazi com suas aves. Renata que tivemos oportunidade de nos reaproximarmos. Hayala com toda sua garra e dedicação. Susana uma pessoa educada e viajada que sempre me acolhia com seu sorriso e palavras sábias. Wellida com seu jeitinho de caçar escorpiões e encarar a vida. Sandro aquele que sempre esta disposto a ajudar o próximo fez a diferença nas nossas aulas, quando começamos parecia ser tudo difícil mais se passaram dois anos e saibam que aprendi muito com cada um de vocês e levarei todos no meu coração.

Ressalto ainda, a minha sincera gratidão e respeito ao PPGAS (Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ambiente e Sociedade), desde a ex-coordenação do Professor Dr. Marcos Pesqueiro, que ao lado de vários docentes dos diversos cursos do Câmpus lutaram para a implantação do programa, e hoje, é realidade e já somos os primeiros de muitos frutos, SOMOS PIONEIROS, desejo que ocorram nos próximos anos vários processos seletivos, a presença de profissionais cada vez mais capacitados envolvidos no programa e comprometidos com as pesquisas, e que estas possam ser publicadas e colocadas em prática a favor do meio ambiente e da sociedade.

RESUMO

O município de Morrinhos, está localizado ao Sul do estado de Goiás tem sua economia centrada na agropecuária, com foco na agricultura de sequeiro e irrigada de cana de açúcar, soja, milho, tomate, feijão, além da criação de gado. As características do meio físico apresenta relevo plano a suavemente ondulado, solos profundos com textura média a argilosa e clima tropical sub úmido com duas estações bem definidas, uma chuvosa, de outubro a abril e outra seca de maio a setembro favorecem tais atividades econômicas. Os tipos de usos e manejo do solo tal uso quando não obedece as limitações naturais têm contribuído para o surgimento de erosões lineares de grande porte no município, causando perdas de solos e assoreamento da drenagem local e regional. A pesquisa teve como objetivos diagnosticar as causas do surgimento de duas voçorocas em bacias hidrográficas distintas, na área rural do município, visando, identificar os mecanismos erosivos que controlam a sua evolução, para propor medidas adequadas de contenção. A pesquisa foi realizada a partir de revisão bibliográfica, cadastramento e trabalhos de campo realizados na Fazenda Serra e Fazenda Mimoso: a) caracterização das incisões, dimensões, formas e características do meio físico da área de contribuição, b) identificação dos mecanismos erosivos que comandam suas dinâmicas, c) elaboração de topossequência; d) descrição morfológica dos solos em campo; e) coleta de amostras de solos deformadas para análise física de textura e química de rotina; e) registros fotográficos convencionais e tomadas aéreas com Drone DSI Phantom 2. Em outra etapa, foram elaborados mapas temáticos (localização, geologia, geomorfologia, hipsometria, declividade, solos, hidrografia, uso e ocupação do solo e suscetibilidade erosiva) que permitiram melhor entendimento da relação entre o tipo de uso do solo e as características do meio físico de cada área de contribuição, no desenvolvimento das voçorocas investigadas. A Voçoroca da Vendinha está localizada a oeste da sede municipal, a 11 km do centro urbano a 670m de altitude. Surgiu do escoamento superficial de uma estrada vicinal, que concentra o escoamento pluvial em direção a uma área de receptação de águas. Encontra-se instável, com taludes solapados, *pipings* temporários e movimentos de massa generalizados. A Voçoroca Mimoso está localizada a uma elevação de 804m. Refere-se à reativação de uma erosão natural induzida pela ação antrópica, em área de pastagem. Possui trechos instáveis com ocorrência de movimentos de massa em pontos de taludes muito íngremes. Contudo, apresenta sinais de estabilização com repovoamento espontâneo com vegetação típica de áreas úmidas ou de mata de galeria. Para a contenção das voçorocas sugere-se: a) isolamento do entorno com cerca de arame; b) plantio de espécies nativas arbóreas no interior das incisões; c) plantio de gramíneas e bambus nos taludes e interior das voçorocas; d) construção de paliçadas transversais ao seu eixo principal; e) monitoramento contínuo das intervenções executadas; f) uso alternativo dessas áreas. A caracterização dos solos afetados pelas erosões conclui que uma erosão apresenta textura Franco Argilosa e Arenosa e em contrapartida a outra Franco Argilosa e Muito Argilosa, nas características químicas a mais argilosa tem maior disponibilidade de nutrientes, tendo facilidade de repovoamento induzido, fato complicado na erosão arenosa.

Palavras-chave: Voçorocas, descrição morfológica, erosões lineares.

ABSTRACT

The city of Morrinhos, located in the state of Goiás, Brazil, has its economy based on agriculture, with a focus on rainfed agriculture and irrigated sugar cane, soybeans, corn, tomatoes, beans, as well as livestock. The characteristics of the physical environment have flat relief to gently rolling, deep soils with medium texture to clayey and humid sub tropical climate with two distinct seasons, a rainy, from October to April and a dry season from May to September encourage such economic activities. The types of uses and soil management such use when they do not obey the natural limitations have contributed to the emergence of large linear erosions in the city, causing loss of soil and silting of local and regional drainage. The research aimed to diagnose the causes of two gullies emergence in different river basins in the rural area of the municipality, aimed to identify the erosive mechanisms controlling its development, to propose appropriate containment measures. The survey was conducted from literature review, registration and field work at Fazenda Serra and Fazenda Mimoso: a) characterization of the incisions, dimensions, shape and characteristics of the physical environment of the catchment area, b) identification of the erosive mechanisms that govern its dynamics, c) development of toposequence; d) morphological description of the field in soils; e) collection of deformed soil samples for physical analysis of texture and routine chemistry; e) conventional photographic records and aerial shots with Drone DSI Phantom 2. In another step, they were prepared thematic maps (location, geology, geomorphology, hypsometry, slope, soils, hydrology, land use and occupation and erosion susceptibility) which allowed a better understanding of the relationship between the type of land use and the characteristics of the environment physical of each contribution area, the development of gullies investigated. The gully of Vendinha is located west of the municipal headquarters, 11 km from the city center to 670m altitude. It appeared runoff from a side road, which concentrates the storm water runoff toward a water receiving area. It is unstable, with eroded slopes, temporary pipings and widespread mass movements. The gully Mimoso is located at an elevation of 804m. It refers to the reactivation of a natural erosion induced by human activities in pasture area. It has unstable stretches of occurrence of mass movements at points of very steep slopes. However, it shows signs of stabilization with spontaneous repopulation with typical vegetation of wetlands or riparian vegetation. To containing gullies is suggested: a) surrounding the insulated wire fence; b) planting native tree species within the incisions; c) planting grasses and bamboos on the banks and within the gullies; d) construction of cross palisades to its main axis; e) continuous monitoring of implemented interventions; f) alternative use of these áreas. A characterization of soils affected by erosion concludes that erosion has texture Franco clayey and Sandy and in return the other Franco clayey and clayey, the chemical characteristics more clayey has higher nutrient availability, and ease of repopulation induced complicated fact the sandy erosion.

Keywords: Gullies, morphological description, linear erosions

TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE MORFOLÓGICA, FÍSICA E QUÍMICA DE DUAS OCORRÊNCIAS EROSIVAS LINEARES DE GRANDE PORTE NO MUNICÍPIO DE MORRINHOS (GO)

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alik Timóteo de Sousa
Orientador

Prof^a. Dra. Adriana Aparecida Silva
UEG – Cidade de Goiás/Cora Coralina – Membro da Banca Examinadora

Prof^oDr. Aristeu Geovani de Oliveira
UEG – Campus Morrinhos – Membro da Banca Examinadora

Prof^oDr. Rildo Aparecido Costa
UFU – Campus Pontal/Ituiutaba-MG – Suplente Externo

Data: __/__/__

Resultado: _____

SUMÁRIO

	Lista de ilustrações	
	RESUMO	
	ABSTRACT	
	INTRODUÇÃO	13
	BASES CONCEITUAIS DA PESQUISA	15
1	Conceitos sobre processos erosivos	15
1.1	Fatores que comandam a evolução das erosões hídricas.....	17
1.1.1	Litologia.....	17
1.1.2	Relevo (Topografia).....	18
1.1.3	Solos.....	20
1.1.4	Cobertura Vegetal.....	22
1.1.5	Chuva.....	24
1.1.6	Uso, ocupação e manejo do solo	25
1.2	Erosão Linear.....	28
1.3	Cadastro de erosões.....	32
1.4	Controle de erosões de grande porte.....	33
1.5	Uso alternativo de áreas degradadas por voçorocas.....	35
1.6	Bacias Hidrográficas.....	37
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	39
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	45
3.1	Caracterização Geral do Município de Morrinhos e das áreas de pesquisa.....	45
3.1.1	Bacia hidrográfica do ribeirão da Serra e área de contribuição da Voçoroca da Vendinha.....	46
3.1.2	Localização da voçoroca da vendinha	46
3.1.3	Caracterização física.....	49
3.1.4	Uso e ocupação do solo.....	62
3.1.5	Suscetibilidade erosiva.....	65
3.1.6	Ficha de cadastro da Voçoroca da Vendinha.....	68
3.2	Bacia hidrográfica do ribeirão Mimoso e área de contribuição da voçoroca homônima.....	72
3.2.1	Localização da voçoroca do Mimoso.....	72
3.2.2	Caracterização física.....	75
3.2.3	Uso e ocupação do solo.....	87
3.2.4	Suscetibilidade erosiva.....	89
3.2.5	Ficha de cadastro Voçoroca Mimoso.....	91
3.3	Caracterização dos solos afetados pelas erosões.....	95
3.3.1	Descrição morfológica dos solos afetados pela voçoroca Vendinha.....	95
3.3.2	Descrição da seleção dos pontos de coleta da Voçoroca da Vendinha.....	98
3.3.3	Descrição morfológica dos pontos de coleta dos horizontes da Voçoroca Mimoso.....	99

3.3.4	Descrição da seleção dos pontos de coleta da Voçoroca do Mimoso.....	104
3.3.5	Análise físico-química dos solos afetados pela Voçoroca da Vendinha e Voçoroca Mimoso.....	104
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	109
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	111

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Efeito Splash – primeiro passo da erosão hídrica.....	16
Figura 2	A interceptação da precipitação pluvial pela cobertura vegetal	23
Figura 3	Modelo de evolução de voçorocas.....	30
Figura 4	Três tipos de formas de voçorocas.....	32
Figura 5	Localização geográfica e apresentação de ambas as incisões erosivas	40
Figura 6	Localização da Voçoroca da Vendinha	47
Figura 7	Croqui da Voçoroca da Vendinha.....	48
Figura 8	Geologia da bacia do ribeirão da Serra.....	50
Figura 9	Compartimentação geomorfológica da bacia do ribeirão da Serra.....	52
Figura 10	Hipsometria da bacia hidrográfica do ribeirão Serra.....	54
Figura 11	Declividade da bacia hidrográfica do ribeirão da Serra.....	56
Figura 12	Solos da bacia hidrográfica do ribeirão da Serra.....	59
Figura 13	Hierarquia dos canais de drenagem da bacia hidrográfica do ribeirão da Serra.....	61
Figura 14	Uso e ocupação do solo da bacia do ribeirão da Serra.....	64
Figura 15	Suscetibilidade erosiva da bacia do ribeirão da Serra.....	66
Figura 16	Suscetibilidade a erosão em porcentagem (%) na bacia do ribeirão da Serra.....	67
Figura 17	Localização e formato da Voçoroca da Vendinha.....	70
Figura 18	Vista aérea da voçoroca, evidenciando que não está conectada a nenhum curso d'água.....	70
Figura 19	Vista aérea do banco de areia à jusante da Voçoroca da Vendinha.....	70
Figura 20	Talude solapado muito instável indicando previsão de evolução da erosão remontante.....	71
Figura 21	Presença de <i>piping</i> temporário na cabeceira da erosão.....	71
Figura 22	Sulcos próximo a cabeceira da erosão (Dez/2014).....	71
Figura 23	Sulco em evolução demonstrando uma previsão de interligação (Abril/2015).....	71
Figura 24	Localização do trecho médio superior da bacia hidrográfica do ribeirão Mimoso.....	73
Figura 25	Croqui da Voçoroca Mimoso.....	74
Figura 26	Geologia do trecho médio superior da bacia do ribeirão Mimoso.....	76
Figura 27	Compartimentação Geomorfológica do trecho médio superior da bacia do Ribeirão Mimoso.....	78
Figura 28	Hipsometria do trecho médio superior da bacia do ribeirão Mimoso.....	80
Figura 29	Classes de acordo com o mapa declividade de área em %.....	81
Figura 30	Declividade do trecho médio superior da bacia do ribeirão Mimoso.....	82
Figura 31	Solos da bacia do ribeirão Mimoso.....	84
Figura 32	Hidrografia do trecho médio superior da bacia do ribeirão Mimoso.....	86

Figura 33	Uso do solo do trecho médio superior da bacia do ribeirão Mimoso.....	88
Figura 34	Suscetibilidade da erosão do trecho médio superior da bacia do ribeirão Mimoso.....	90
Figura 35	Desmatamento próximo à erosão.....	93
Figura 36	Reativação erosiva de um processo natural.....	93
Figura 37	Ribeirão Mimoso à jusante da erosão demonstrando assoreamento.....	93
Figura 38	Taludes com solo exposto à montante da erosão.....	93
Figura 39	Trilhas de gado à montante da erosão.....	94
Figura 40	Ramificação bulbiforme com incidência de avanço lateral.....	94
Figura 41	Comprimento de 101,24m da Voçoroca Mimoso.....	94
Figura 42	Largura de 50,35m da Voçoroca Mimoso.....	94
Figura 43	Representação dos horizontes do Ponto 1 da Voçoroca Vendinha.....	95
Figura 44	Representação dos horizontes do Ponto 2 da Voçoroca Vendinha.....	96
Figura 45	Representação dos horizontes do Ponto 3 da Voçoroca Vendinha.....	96
Figura 46	Topossenquência dos solos afetados pela Voçoroca da Vendinha.....	98
Figura 47	Pontos de coleta da Voçoroca Vendinha.....	99
Figura 48	Material Coluvial à montante da erosão.....	100
Figura 49	Ponto de coleta 1 da Voçoroca Mimoso.....	100
Figura 50	Acebolamento balsático – GO 419 próximo da Voçoroca Mimoso.....	101
Figura 51	Ponto de coleta 2 – Voçoroca Mimoso.....	101
Figura 52	P3-Cilindro textura muito argiloso e plástico.....	101
Figura 53	Ponto de coleta 3 – Voçoroca Mimoso.....	101
Figura 54	Topossenquência dos solos afetados pela Voçoroca Mimoso	103
Figura 55	Pontos de coleta da Voçoroca Mimoso.....	104
Figura 56	Concentração média das frações do solo (areia, silte e argila) da Voçoroca da Vendinha.....	105
Figura 57	Concentração média das frações do solo (areia, silte e argila) da Voçoroca Mimoso.....	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Declividade da bacia do ribeirão da Serra.....	56
Tabela 2	Uso do solo e cobertura vegetal em área (km ²).....	63
Tabela 3	Suscetibilidade a erosão em área (km ²) na bacia do ribeirão da Serra.....	67
Tabela 4	Declividade em área (km ²)	81
Tabela 5	Porcentagem de uso do solo da área da Voçoroca Mimoso.	87
Tabela 6	Suscetibilidade a erosão – Voçoroca Mimoso.....	89
Tabela 7	Síntese da descrição macromorfológica dos horizontes nos perfis da Voçoroca da Vendinha.....	97
Tabela 8	Síntese da descrição macromorfológica dos horizontes nos perfis da Voçoroca Mimoso.....	103
Tabela 9	Análise granulométrica (textura) da Voçoroca da Vendinha ..	105
Tabela 10	Análise química do solo – Voçoroca da Vendinha.....	106
Tabela 11	Análise granulométrica (textura) da Voçoroca Mimoso.....	107
Tabela 12	Análise química do solo – Voçoroca Mimoso.....	108

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Classificação das erosões lineares.....	29
Quadro 2	Ficha de Cadastro da Voçoroca da Vendinha.....	68
Quadro 3	Ficha de Cadastro da Voçoroca Mimoso.....	91

INTRODUÇÃO

O município de Morrinhos está localizado ao Sul do estado de Goiás, na Microrregião Meia Ponte. Com uma extensão territorial de 2.846,156 km², e população de 44.607 (IBGE, 2015), é banhado pelos rios Piracanjuba e Meia Ponte, tributários do rio Paranaíba, um dos formadores da bacia do rio Paraná. Sua economia é centrada nas atividades agropecuárias com ênfase em lavouras de sequeiro, de tomate, de feijão, milho, soja, sorgo, laranja, mamão, abacaxi e algodão (Arriel, 2005).

É entrecortado pela BR 153, uma importante rodovia nacional, que interliga vários estados brasileiros das regiões Sudeste, Sul e Centro Oeste. Dentre as três rodovias estaduais que cortam o município destaque para: GO 206, GO 147 e a GO 419. Essas rodovias favorecem o fluxo de mercadorias e pessoas, dinamizando a economia local.

Possui clima tropical subúmido, com duas estações hídricas bem definidas, com estiagem entre maio a setembro e período chuvoso de outubro a abril que apresenta altos índices de precipitações pluviométricas, aliados ao uso inadequado do solo desencadeia-se o aparecimento, evolução e agravamento de inúmeros processos erosivos que afetam áreas agricultáveis, pastagens, margens de rodovias e de estradas vicinais, acarretando prejuízos aos recursos hídricos do município e região.

A pesquisa tem como objetivos diagnosticar as causas de surgimento e evolução de duas erosões de grande porte em diferentes tipos de solos no município de Morrinhos buscando, especificamente, analisar a dinâmica dos processos que comandam a progressão lateral e remontante; caracterizar a distribuição pedológica do topo à base da vertente (topossequência) das ocorrências erosivas; propor medidas de estabilização e/ou controle com base nas análises química e física do solo.

A pesquisa está organizada em três capítulos. Explora-se no primeiro capítulo os conceitos fundamentais da pesquisa, de acordo com o levantamento bibliográfico que aborda os processos erosivos, fatores que comandam a evolução das erosões hídricas, caracterização da erosão linear, cadastro das erosões, controle de erosões de grande porte, uso alternativo de áreas degradadas

por voçorocas e o levantamento da legislação sobre a questão das áreas degradadas, no primeiro capítulo.

No segundo capítulo, estão apresentados os materiais e métodos para desenvolvimento da pesquisa, com o auxílio e a discussão de diversos autores, que discorrem sobre os conceitos relacionados aos processos erosivos, foi possível a compreensão e esclarecimento dos fatores agregados às incisões erosivas selecionadas no embasamento técnico desta investigação científica.

Enquanto no terceiro capítulo são apresentados os resultados e discussões pertinentes às investigações realizadas nas voçorocas selecionadas, apresentando a caracterização geral do município de Morrinhos e das áreas de pesquisa, definição das bacias hidrográficas de contribuição das incisões erosivas estudadas, além da caracterização físico-química dos solos afetados em ambas erosões, concluindo assim as características de cada uma e as proposições de controle consideradas adequadas.

BASES CONCEITUAIS DA PESQUISA

1. Conceitos sobre processos erosivos

Geomorfologia é a ciência que estuda as formas de relevo (CHRISTOFOLETTI, 1980). Os fatores endógenos e exógenos do planeta são responsáveis por transformações do relevo terrestre ao longo do tempo geológico, que se modifica ininterruptamente (CASSETI, 1994). Contudo, dentro da ciência geomorfológica, a identificação, a análise e classificação genética das formas de relevo estão baseadas na relação entre a geologia e unidades geográficas representativas das superfícies aplainadas (GUERRA, 2012).

A geologia e a geomorfologia são ciências dependentes entre si, e necessárias na investigação e compreensão de áreas degradadas. Casseti (1994) ressalta que a geomorfologia permite o entendimento do processo evolutivo do relevo em diferentes circunstâncias, possibilitando a reconstituição do modelado como um todo, sintetizando as diferentes formas do relevo e as alterações ocasionadas de forma natural e com as intervenções antrópicas.

Os processos erosivos se associam diretamente aos diversos tipos de relevo, clima, hidrografia e principalmente ao uso inadequado do solo, que pode provocar intensos danos ambientais, resultando em prejuízos sociais e econômicos para a humanidade (ARAUJO et al, 2014). Dentre os impactos ambientais que ocorrem na superfície terrestre, destacam-se os processos erosivos acelerados, que são provocados pela ação antrópica inadvertida.

A erosão dos solos é um processo que envolve três fases: a remoção das partículas do solo, o transporte desse material pelos agentes erosivos e o depósito do material transportado (GALETI, 1973; SOUSA, 2001). Camapum de Carvalho (2006, p.44) ressalta que as erosões se classificam quanto à forma como surgiram em dois grandes grupos, a erosão natural ou geológica e a erosão antrópica ou acelerada. Para o autor, os processos erosivos constituem-se na modelagem natural do relevo e atuam com os processos pedogenéticos.

Brady e Weil (2013, p.552) afirmam que a “erosão que ocorre naturalmente, sem influência das atividades humanas é denominada erosão geológica” ou natural. Por outro lado, os processos erosivos desencadeados pela ação

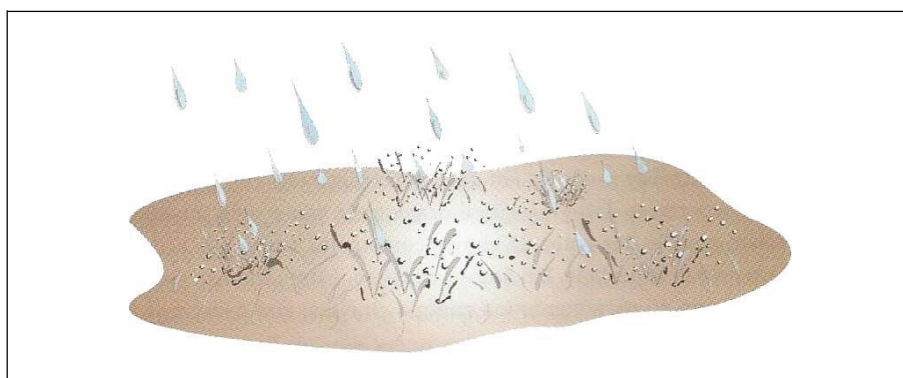
antrópica são denominados de erosões aceleradas (SALOMÃO, 1999; CASTRO *et al.*, 2016; dentre outros).

Florenzano (2008) relata que os processos erosivos ocorrem em grande parte do Brasil e podem ser classificados como: pluvial (água da chuva), fluvial (água dos rios) e movimentos de massa (desprendimento e transporte de solo e/ou material rochoso) no qual o transporte ocorre de montante para jusante. Lepsch (2010) é divergente e diz que quando a água da chuva escoar forma a enxurrada, desgastando o solo de formas diversas, originando três tipos principais de erosão hídrica: laminar, em sulcos e voçorocas.

Segundo Martini *et al* (2006), no Brasil, a precipitação pluviométrica é reconhecida como o principal agente deflagrador (“gatilho”) dos processos de erosão e movimentos de massa, causando problemas físicos associados com ação antrópica.

O efeito *splash* representa o início do processo erosivo pluvial onde ocorre o contato das gotas das precipitações pluviométricas com o solo, faz com que o solo se desprenda e seja levado para outras áreas. Sua magnitude varia com as características das chuvas (Figura 1), quanto maior a intensidade da precipitação maior a velocidade do escoamento, e conseqüentemente maior será o avanço do processo erosivo (LEPSCH, 2010).

Figura 1. Efeito *Splash* – primeiro passo da erosão hídrica



Fonte: Lepsch (2010, p.192)

A continuidade do evento pluviométrico proporciona a atuação cada vez maior do *splash*, chegando à saturação do solo desencadeando a formação de poças d'água nas micro depressões das encostas. Em seguida, inicia-se o escoamento

superficial que libera e transporta partículas unitárias do solo, formando pequenos canais de montante para jusante, paralisando nos sopés das encostas ou até conectarem-se aos cursos d'água mais próximos. Guerra e Cunha; (2008, p. 165) afirmam que a erosão dos solos é um processo que ocorre em duas fases: remoção (*detachment*) de partículas e o transporte desse material, efetuado pelos processos erosivos.

1.1 Fatores que comandam a evolução das erosões hídricas

Neste item foram abordados elementos do meio físico, como a litologia, o relevo (topografia), os solos, a cobertura vegetal, a chuva, o uso e a ocupação/manejo do solo, os quais influenciam direta ou indiretamente o surgimento e evolução dos processos erosivos, visando o entendimento dos focos erosivos selecionados nesta pesquisa.

1.1.1 Litologia

A litologia refere-se aos tipos de rochas, identificando sua formação, período de origem e resistência ao intemperismo. Integra-se aos processos condicionantes endógenos, importantes na caracterização e compreensão da gênese, evolução e para estabelecer medidas corretas de contenção nas incisões erosivas.

De um substrato rochoso de constituição mineralógica, os processos de alterações ocorrem por intemperismos físicos (variação da temperatura, acidez da água, erosão, tensões tectônicas, cobertura, animais e microrganismos) e químicos (soluções, hidratação/hidrólise, oxidação/redução, troca iônica e carbonatação) (DINIZ, 2006).

Sousa (2010) afirma que determinados tipos de rochas são naturalmente mais suscetíveis ao ravinamento e ao voçorocamento que outras. Em uma mesma unidade litológica ocorrem diferentes resistências do substrato a ocorrência de erosões lineares de diversos formatos.

No Centro Oeste brasileiro ocorrem formações geológicas oriundas de ambientes da Bacia do Paraná e do Embasamento Cristalino, com diferentes litologias (basaltos, migmatitos, arenitos, argilitos, granitos). A Bacia Sedimentar do Paraná e a Província Geológica ocupam grande parte dos terrenos também do Centro Oeste (DINIZ, 2006). Além da Formação Serra Geral – Grupo São Bento que é marcada pelo extravasamento do basalto, uma formação geológica de aproximadamente 200 milhões de anos. Porém o Grupo Araxá é mais antigo, data do Pré-Cambriano constituído principalmente por xisto e micaxisto.

Outro aspecto que merece destaque é a neotectônica (movimento crustal nas estruturas geológicas), pode ser representado por fraturas e falhas, que comandam a gênese e a evolução de erosão linear de grande porte. Algumas erosões se instalam acompanhando as direções de estruturas geológicas que surgiram a partir de fenômenos neotectônicos e em outros casos, os *pipings* no interior da voçoroca coincidem claramente com as direções das fraturas (SOUSA, 2010).

1.1.2 Relevo (Topografia)

O relevo é o resultado de forças endógenas e exógenas, sendo palco da sustentação dos atos humanos, que por vezes implicam em desastres, catástrofes ou sucessos ambientais. O estudo das diversas formas de relevo é de importância fundamental para a recuperação de áreas degradadas, mas também na prevenção da ocorrência de processos erosivos acelerados, que acontecem, em especial, sobre as encostas (ARAUJO, 2014).

Para Bernardo da Silva (2006, p.82), cada perfil topográfico ou morfologia das vertentes constituem uma bacia em estudo, necessário nas interpretações sobre o movimento da água superficial nas encostas.

Casseti (2015) afirma que são pertinentes quanto à “compartimentação morfológica as observações dos diferentes níveis topográficos e características do relevo”. Florenzano (2008, p.300) aponta a declividade (inclinação do relevo em relação ao horizonte) como um dos fatores primordiais na topografia que influencia

na velocidade de transformação da energia potencial em energia cinética (velocidade das massas de água – *runoff*), que tem capacidade para liberar e transportar partículas dos solos ao longo das encostas.

As áreas com declividades elevadas possuem facilidade em erodir, por isso, a intervenção humana deve ser planejada para não acarretar maiores danos e prejuízos ambientais e o aumento do custo para a recuperação (SILVA e PASQUALETTO, 2007).

Bertoni e Lombardi Neto (2005) afirmam que o comprimento da rampa é um dos mais importantes fatores na erosão do solo e salienta que

O comprimento de rampa não é menos importante que o declive, pois à medida que o caminho percorrido vai aumentando, não somente as águas vão-se avolumando proporcionalmente como, também, a sua velocidade de escoamento vai aumentando progressivamente. Em princípio, quanto maior o comprimento de rampa, mais enxurrada se acumula, e a maior energia resultante se traduz por uma erosão maior.

Cada topografia da encosta possui uma forma e um grau de declividade, interligando o topo (trecho superior) ao fundo de vale (trecho inferior – rebaixado) que pode ser conectado com um curso d'água. Sousa (2010) diz que quanto maior a declividade e o comprimento da vertente maior será o poder abrasivo da enxurrada. Sousa (2001, p.43) enfatiza que,

Durante um evento pluviométrico, uma vertente extensa e com forte declividade coberta por uma densa vegetação natural poderá não sofrer erosão pelo escoamento superficial. Por outro lado, uma vertente curta e com pequena declividade, porém desprotegida de vegetação, poderá sofrer grandes danos erosivos nas mesmas condições de precipitação, principalmente se o solo for inerentemente suscetível à instalação de processos erosivos.

No topo das chapadas com superfícies planas é pequeno o risco de ocorrer erosões, pois predomina a infiltração da água, alimentando os mananciais nas vertentes. O maior risco de erosões se encontra no topo das chapadas com alta declividade, suficiente para produzir voçorocas quilométricas, proveniente de cicatrizes de movimentos de massa (ARAÚJO, 2014).

Os dados topográficos fornecem variáveis importantes para a pesquisa dos processos erosivos e são frequentemente aplicadas em análises ambientais de microbacias, em que os mecanismos de atuação do relevo ocorrem desde a distribuição dos processos hidrológicos até a temperatura do solo (VALERIANO, 2003).

A curvatura vertical de caráter convexo e côncavo do terreno está associada à dispersão e acumulação da água, de sedimentos, minerais e de matéria orgânica

devido à gravidade da superfície terrestre (CEMIG, 2001).

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2005), na topografia do terreno caracterizam-se as formas de declive: côncavo ou convexo, homogêneo ou deformado. Os efeitos do declive côncavo e convexo, nas perdas por erosão não estão bem avaliados, devido à divergência de resultados de pesquisadores da área. Em geral, o comprimento de rampa pode subestimar as perdas de solo de declives convexos e superestimar as dos côncavos. Dentre os fatores que interferem nos processos erosivos a declividade, o comprimento e forma da encosta podem aumentar a suscetibilidade erosiva do solo.

1.1.3 Solos

O solo é a base essencial da existência humana, está diretamente relacionado à rocha matriz, que é denominada de material de origem. É resultado da ação do clima (água, temperatura e vento) associado à atuação de micro-organismos ao longo do tempo, cada tipo de solo apresenta o seu perfil que pode ser estudado do topo à rocha matriz.

Para Galetti (1973), assim como os solos variam de um lugar para o outro, também variam a maneira de ver ou compreender, sendo produto da rocha, do intemperismo e da topografia local. Os solos residuais tropicais ou solos intemperizados (áreas tropicais úmidas) possuem processos de alteração pedogenética bastante ativos, com litologia ígnea, metamórfica ou sedimentar (DINIZ, 2006, p. 224).

Segundo Sousa (2001, p.44), a textura interfere na porosidade dos solos. Os solos argilosos são menos porosos e permeáveis do que os arenosos e, proporcionam uma boa coesão entre as suas partículas, dificultando seu desprendimento e transporte pela ação das enxurrada.

Barbalho (2002) afirma que, os tipos de solos estão diretamente relacionados ao relevo e ao substrato rochoso, determinando o maior ou a menor suscetibilidade a erosão. Em áreas planas há o desenvolvimento de solos profundos (Latosolos), em geral mais resistentes aos processos erosivos,

enquanto que nas áreas inclinadas, ocorrem solos rasos (Cambissolos e Neossolos Litólicos) menos evoluídos, portanto, menos resistentes aos processos erosivos.

A permeabilidade é uma característica do solo que influencia em sua porosidade, determinando a maior e a menor capacidade de infiltração das águas da chuva na cobertura pedológica. Sendo que solos arenosos (areias médias ou grossas) são mais permeáveis que os argilosos ou arenosos finos e siltosos, por serem mais porosos (BARBALHO, 2002). Além disso, a espessura dos solos também influencia em sua resistência à erosão. Solos rasos podem saturar rapidamente e favorecer o desencadeamento de enxurrada (CASTRO e XAVIER, 2004, p. 34).

Nas áreas com solos argilosos, as ravinas restringiram-se aos fundos dos vales, enquanto nos solos arenosos as ravinas se encontram de forma mais generalizada pelas encostas (GUERRA, 2012). O volume erodido é muito maior nos campos agrícolas arenosos do que nos argilosos.

Para Barbalho (2002, p.57)

Solos arenosos, sobretudo grossos, são geralmente mais porosos, permitem a infiltração rápida das águas das chuvas, dificultando o escoamento superficial. As partículas argilosas atuam como um agente de ligação entre as partículas maiores apresentam facilidade de remoção mesmo em pequenas enxurradas. Solos arenosos finos, devido a uma porosidade mais fina permitem a infiltração, mais lenta, aliado ao volume dos episódios chuvosos se excede a capacidade de infiltração, poderá causar a concentração de água na superfície.

Lepsch (2010) afirma que os solos escuros costumam indicar altos teores de restos orgânicos decompostos, já a cor vermelha indica solos bem drenados e com altos teores de óxidos de ferro; os tons cinza, com pequenas manchas indicam excesso de água no perfil. Já para Oliveira (2012) a cor do solo varia em função da umidade e a presença dos constituintes: matéria orgânica (escuro), ferro (avermelhado), calcário e sais (branco), ferro ferroso (acinzentado ou azulado), goetita (amarelado) e hematita (avermelhado). Os solos mais escuros (enriquecidos com matéria orgânica) tendem a ser menos suscetíveis à erosão, pois a matéria orgânica confere maior estabilidade aos agregados do solo (OLIVEIRA, 2012).

Kertzman et al. (1995, p.32) afirmam que os sedimentos de incisões erosivas que são depositados nas vertentes, destrói solos férteis, e os depósitos nos fundos de vale, provocam o mais grave impacto da erosão caracterizado como assoreamento dos cursos d'água promovendo o desequilíbrio com enchentes e

prejuízos ligados ao abastecimento e produção de energia.

Os solos apresentam erodibilidade distinta. Para Florenzano (2008, p.301), o termo erodibilidade refere-se à capacidade de um determinado solo de resistir ou não à erosão. Camapum de Carvalho (2006, p.44) afirma que existem solos que são mais suscetíveis ao transporte de partículas do que outros por meio dos agentes erosivos, diferença proveniente das propriedades pedológicas, ou seja, a erodibilidade do solo ocorre devido as características físicas e químicas associadas a condicionantes externos. A suscetibilidade erosiva de um solo varia em função de suas características físicas e químicas, podendo ser classificada como forte, moderada, fraca ou nula (CASTRO e XAVIER, 2004, p.34).

A compactação do solo ocorre em função dos diferentes tipos de usos afeta a infiltração e condutividade da água, a temperatura e aeração do solo, provocando perda de produtividade e degradação (SILVA *et al.*, 2007). Alcântara e Madeira (2008, p.12), alertam que a compactação não é um fenômeno natural.

O processo de compactação do solo ocorre principalmente com o uso excessivo de maquinários de grande porte na produção agrícola, e com pisoteio do gado em áreas de pastagens, os quais criam caminhos ou “trilhas” durante sua locomoção diária, contribuindo assim, para a agregação das partículas de solo reduzindo a infiltração da água nos horizontes superficiais do solo e provocando o surgimento das erosões antrópicas ou aceleradas.

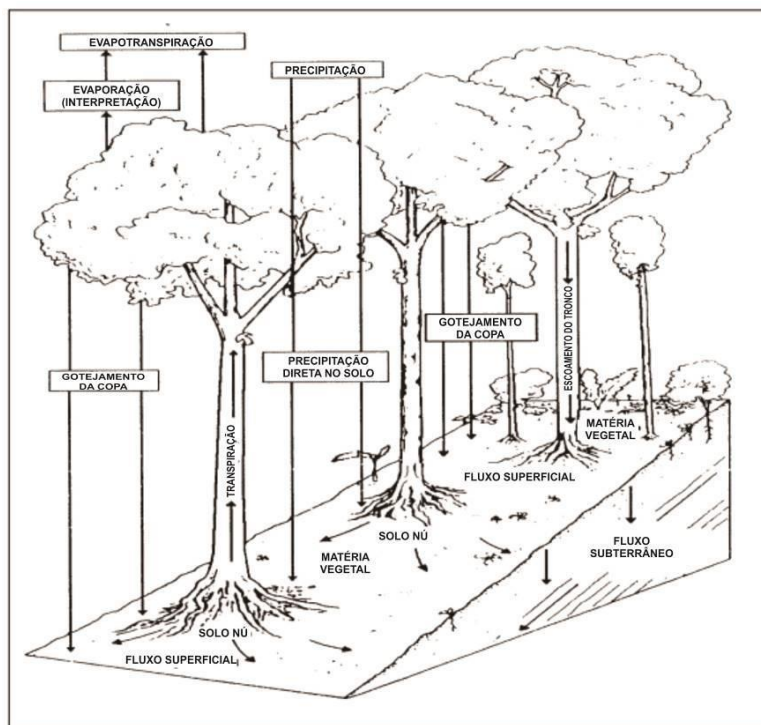
1.1.4 Cobertura Vegetal

A água retida nas folhas propicia o gotejamento da copa das árvores e arbustos em direção ao solo. Quanto maior a verticalização da vegetação, o impacto produzindo pelo efeito *splash* será maximizado no contato com o solo desprotegido. A enxurrada proporciona a remoção das partículas do solo liberadas pelo *splash*, porém, a cobertura vegetal e a serapilheira contribuem para aumento da infiltração reduzindo o volume a ser escoado superficialmente.

Para Florenzano (2008, p.302) a cobertura vegetal tem um papel importante no trabalho de retardar o ingresso das águas provenientes das precipitações pluviais nas correntes de drenagem, pelo aumento da capacidade de infiltração. A

vegetação é fundamental no balanço de energia e no fluxo de volumes de água (TUCCI e CLARKE,1997). A parcela inicial da precipitação é retida pela vegetação; quanto maior for à superfície de folhagem, maior a área de retenção da água durante a precipitação (Figura 2).

Figura 2. A interceptação da precipitação pluvial pela cobertura vegetal



Fonte: Bruljnzeel, 1990. Adaptado por Tucci e Clarke, 1997

A cobertura vegetal é importante, pois evita ou minimiza a deflagração de erosões. O desmatamento favorece a instalação dos processos erosivos (SOUSA, 2001, p.42). Atualmente o uso e a ocupação do solo de forma inadequada, principalmente com a introdução dos maquinários e produção em larga escala destinada às *commodities*, devastam inúmeras áreas que deveriam ter a cobertura vegetal preservada, com isso, o número de ocorrências erosivas aumentam gradativamente.

1.1.5 Chuva

A água é um dos elementos físicos mais importantes na composição da paisagem terrestre, interligando a atmosfera inferior à litosfera, além disso interfere como agente modelador do relevo e influência na vida vegetal, animal e humana (NETTO, 2008, p.93).

A chuva é também considerada um agente erosivo da superfície terrestre (SANTOS *et al.*, 2002), uma vez que a água é um agente condicionante e deflagrador dos processos de instabilização de encostas, ocasionados pelos fluxos d'água superficiais e subsuperficiais em solos e rochas (GODOIS, 2011). Para Florenzano (2008, p. 301), a chuva é o agente ativo da erosão, e o solo é o agente passivo.

Araújo (2014) estabelece que a quantidade e distribuição das chuvas, temperatura, umidade, além dos ventos com sua velocidade, duração, direção e grau de turbulência são responsáveis por afetar e intensificar o processo da incisão erosiva.

O clima de cada região influencia as precipitações pluviométricas com suas respectivas variações, representadas pelo volume total e intensidade, e revestem de suma importância no desenvolvimento dos processos erosivos. Vale ressaltar que o clima sempre variou ao longo do tempo geológico (CASSETI 2005, p.8), refletindo na intensidade das erosões de origem hídrica.

“As águas das chuvas, ao atingir a superfície do solo, se distribuem em três direções: para a atmosfera; parte é evaporada; sendo que pode ocorrer escoamento superficial que é a enxurrada e ocorre ainda a infiltração” (GALETI, 1973. p.42). Quanto maior o fluxo de enxurrada, maior será o desgaste do solo.

As gotas das chuvas que golpeiam o solo contribuem de três formas para o processo erosivo: (a) desprendem partículas de solo; b) transportam por salpicamento, as partículas desprendidas; (c) imprimem energia, em forma de turbulência, à água superficial (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2005).

1.1.6 Uso, ocupação e manejo do solo

O ser humano modifica o ambiente desde o momento que iniciou o processo de ocupação do espaço terrestre. Nos primórdios da história, utilizavam-se de instrumentos rudimentares para o uso e manejo do solo, nos dias atuais, as inovações tecnológicas e os maquinários comandam as áreas rurais, contudo, acabam devastando as áreas preservadas para a produção agropecuária em larga escala.

A vegetação nativa esta ameaçada com a ocupação desordenada, intensificação de maquinários, aumento de produção industrial que gera uma produção cada vez maior de matéria-prima. Para subsidiar aumentar essa produção consequentemente intensifica o processo de desmatamento transformando em áreas de lavouras e as queimadas da vegetação nativa gerando potencial para o agronegócio.

Além das queimadas intencionais ou acidentais que favorecem a erosão do solo por destruir a vegetação de cobertura (ALCÂNTARA e MADEIRA, 2008, p.11). A erosão preocupa a comunidade científica e agricultores conscientes, sendo que a ação antrópica acelera o empobrecimento do solo com desmatamento, queimadas desordenadas, encostas íngremes aradas na direção de maior declividade, a monocultura instalada constantemente com solo desprotegido de precipitações pluviométricas (LEPSCH, 2010, p.190).

A intervenção antrópica na natureza deveria ser alicerçada em uma relação harmônica do homem-natureza, destacada atualmente e futuramente na filosofia do desenvolvimento (FURLANI, 2003, p.106).

Contudo, Camapum de Carvalho (2006) salienta que novos focos erosivos originam das precárias condições de infraestrutura, de projetos mal concebidos, da escolha de áreas adversas para a ocupação com altas declividades, da alta susceptibilidade natural à erosão, dos fundos de vales e áreas com erosão já instalada.

O super pastoreio pode ser prejudicial, pois quanto maior o número de rebanhos competindo pela mesma pastagem, podem ultrapassar a produtividade natural da área e destruir a cobertura vegetal, acelerando a erosão (ARAUJO *et al.*, 2014).

De acordo com Stefanoski *et al.*, (2013), a estrutura do solo é boa para indicar sua qualidade devido sua sensibilidade em perceber às práticas de manejo adotadas, por sistemas que mantenham a proteção do solo com resíduos orgânicos é essencial para manutenção e ou melhoria da estrutura do solo.

No Brasil, se pratica três tipos de manejo de terras agrícolas, o plantio convencional, o plantio direto e a agricultura orgânica. Para CEPA-SC (1999, p.13) o plantio convencional consiste no preparo do solo anualmente com maquinário agrícola, utilizando normalmente práticas de subsolagem, gradagem profunda e rotativagem. Neste sistema, a camada superficial do solo fica totalmente revolvida e livre dos restos de cultura da safra anterior.

O Plantio Convencional movimenta o solo da camada superior da superfície terrestre, visando uma área de produção rentável. Com o desprendimento das partículas o solo ficará exposto, no caso de ocorrência de eventos pluviométricos essas partículas serão arrastadas de acordo com a energia cinética, com a declividade do solo, a intensidade da chuva e outros fatores que ocasionarão a origem e evolução de processos erosivos.

O Plantio Direto apresenta algumas vantagens: minimização de erosão, maior infiltração, menor escoamento superficial, menor evaporação, redução de 20% na necessidade de irrigação, pouca mecanização comparado ao sistema convencional, elevação do teor de matéria orgânica, regulação térmica do solo e outros (ALCÂNTARA e MADEIRA, 2008).

O Plantio Direto ocorre em geral: sem revolver o solo, sem uso de arado e grades e o uso racional de adubos. Estes fatores contribuem para um menor risco de ocorrências erosivas. Já o Plantio Convencional tem um alto custo de produção, pois se utiliza de maquinários de grande porte e com tecnologia avançada para a produção latifundiária, ao revolver o solo, libera partículas que podem ser transportadas originando os sulcos que podem evoluir para erosões de grande porte.

Nesse sentido, Araujo *et al.* (2014) alerta que não devem ser negligenciadas técnicas para melhorar a saúde do solo, como o aumento do teor de matéria orgânica, a ciclagem de nutrientes, conservação do solo através do uso de práticas de manejo biológicas (adubação verde, culturas de cobertura, consorciamento de culturas, sistemas agroflorestais e rotação de culturas).

No entanto, Alcântara e Madeira (2008) ressaltam que o uso da agricultura orgânica é diferente do Plantio Direto e da Convencional, pois, a aração e gradagem ocorrem apenas no primeiro plantio, para proporcionar a qualidade do solo com revolvimento mínimo, aumento da matéria orgânica, de atividade biológica para a manutenção da cobertura vegetal, recomenda-se a adubação verde, e não utilização dos fertilizantes químicos.

Camapum de Carvalho (2006) resalta que

o modo como a terra é manejada, quando cultivada, condiciona uma maior ou menor erodibilidade dos solos. [...] a desagregação e o transporte das partículas, sob condições idênticas de chuva e de solo, variam de acordo com o sistema de cultivo. Alguns desses sistemas agrícolas tornam um mesmo solo mais suscetível à erosão do que outros. Por exemplo, as culturas anuais (como milho, algodão e soja) deixam a superfície mais exposta do que os cultivos perenes (como seringueira, laranjeira e o cafeeiro) ou semiperenes (como a cana-de-açúcar). A forma dos cultivos também influi muito. Em qualquer tipo de agricultura, existe uma série de precauções que devem ser observadas para proteger o solo, e são denominadas práticas conservacionistas.

Em geral, o surgimento e a intensificação dos eventos erosivos atuais estão relacionados às atividades humanas, associados à fragilidade do meio físico. Conforme Casseti (2005, p.2), desde os vermes até animais de grande porte associados às raízes das plantas compõem um cenário de modificação da superfície terrestre. A maioria da degradação provém de desmatamento para ocupação humana desordenada para construção de habitações e rodovias, implantação de pastagens e lavouras (GUERRA, 2014).

Sousa (2010, p.33) destaca outras intervenções antrópicas específicas que contribuem para o desenvolvimento de erosões: trilhas de gado, estradas rurais, rodovias sem pavimentação ou com drenagem precária, uso e ocupação inadequada do solo, práticas agrícolas em declividades elevadas ou em solos suscetíveis à erosão, vertente com grande comprimento de rampa e forma concavizada ou retilínea.

1.2 Erosão Linear

A erosão linear refere-se às feições erosivas que deixam marcas perceptíveis na paisagem. Podem ser de pequeno porte, denominadas de sulcos ou apresentar grandes dimensões, ravinas e boçorocas ou voçorocas.

Para Salomão (2012), no estudo da erosão linear (sulco, ravina e boçoroca), além de entender os fatores naturais, é fundamental conhecer o comportamento das águas de chuva e do lençol freático.

Segundo Sousa (2001), em relação às feições lineares, o que importa é compreender que sempre se inicia como sulcos, evoluindo assim, para ravinas e posteriormente para boçoroca/voçoroca. No meio geotécnico tem aumentado o estudo das erosões de origem hídrica, ditas lineares, que são classificadas como ravina, sem surgência de água e voçorocas, com surgência de água em seu interior (CAMAPUM DE CARVALHO et al., 2006).

Para Rodrigues (2014), a erosão por sulcos ocorre em áreas sem proteção vegetativa, potencializada em função do comprimento da rampa, inclinação da encosta, características pedológicas e tipos de uso e manejo do solo. Podem ser eliminados por medidas simples, como pequenos barramentos transversais ao sentido do escoamento superficial, cultivo em curvas de nível e uso de maquinário agrícola na preparação do solo para o cultivo.

Sulcos são aberturas superficiais no solo, sendo o primeiro estágio da erosão linear e que sucede a erosão laminar. Para Rodrigues (2014, p.65), sulcos é uma forma erosiva mais agressiva do que a erosão laminar.

Nas áreas rurais, a erosão linear em forma de sulcos, pode ser desfeita com operações de preparo do solo, já no estágio avançado impedem o trabalho das máquinas agrícolas e prejudica a produtividade (CAMAPUM DE CARVALHO, 2006, p. 54).

Dentre as várias classificações apresentadas neste item das erosões Oliveira (1999) citado por Sousa (2001) classificou as erosões de acordo com os modelos de escoamento, dimensões, bordas das feições e mecanismos erosivos que ocorrem em cada feição (Quadro 1).

Quadro 1. Classificação das erosões lineares

Modelos de Escoamento		Classes de erosão	Feições Correspondentes		Dimensões (Ordens de Grandeza)	Bordas da Feição	Mecanismos de Erosão		
Escoamento Superficial Difuso		Erosão Laminar ou Erosão entre Sucos	-		-	-	Desprendimento e transporte, partícula a partícula, na superfície do solo	Movimento de Massa	Erosão Subterrânea
Escoamento Superficial Concentrado		Erosão em Sulco	Feições Erosivas de Pequeno Porte	Sulco	Largura = 10 a 30 em profundidade = 5 a 15 cm	Suaves sem ruptura significativa da superfície do terreno			
		Erosão em Calha		Calha	Largura = 1 a 10 mt profundidade = 5 a 30 cm				
	Escoamento Superficial	Erosão em Ravina	Feições Erosivas de Grande Porte	Ravina	Largura = superior a 1mt profundidade = superior a 0,5	Abruptas com ruptura instável da superfície do terreno			
		Erosão em Boçoroca		Boçoroca	Largura = superior a 5mt profundidade = superior a 2mt				

Fonte: (Oliveira 1999, adaptado por Sousa 2001, p.33).

De acordo com Oliveira (1999) citado por Sousa (2001), a erosão em sulco corresponde às feições erosivas de pequeno porte com largura de 10 a 30 cm e profundidade 5 a 15 cm, com suas bordas suaves sem ruptura significativa na superfície do terreno. Enquanto que a erosão em calha, difere da erosão em sulco e quanto as dimensões sendo mais largas, variando entre 1 a 10 metros de largura e possuindo de 5 a 30cm de profundidade.

Para Silva (2012), a enxurrada ao longo do seu trajeto adquire mais volume, maior velocidade e começa a transportar partículas de solo da erosão, propiciando a formação de sulcos cada vez mais profundos. Para Camapum de Carvalho (2006, p.47), os sulcos evoluem a partir do desprendimento de partículas do solo pela energia do fluxo superficial e não pelo impacto da gota de chuva, como na erosão laminar.

Para Guerra (2012), com o início do escoamento superficial o fluxo linear (flowline), evolui para microravinas (micro-rills), depois para microravinas com cabeceiras (headcuts), ao mesmo tempo essa evolução vai estabelecendo na superfície do terreno o desenvolvimento de bifurcações, através de pontos de ruptura (knickpoints) das ravinas.

Oliveira (2012), em relação às feições erosivas e identificação de processos erosivos diz que os principais mecanismos responsáveis pela erosão por ravinas e voçorocas são: deslocamento de partículas por impacto de gotas de chuva;

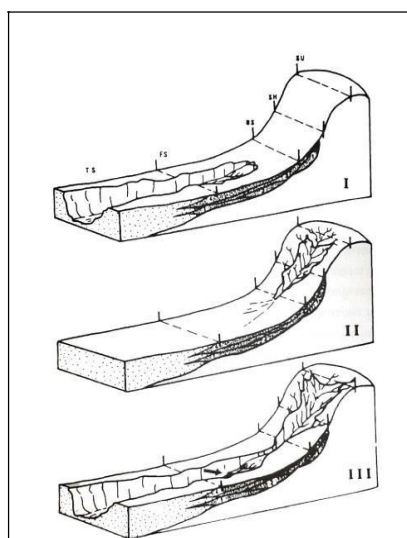
transporte de partículas de solo pelo escoamento superficial difuso; transporte de partículas por fluxos concentrados; erosão por quedas – d'água; solapamento da base de taludes; liquefação de materiais de solo; movimentos de massa localizados; arraste de partículas por percolação; arraste de partículas por fluxos concentrados em túneis ou dutos.

O mesmo autor assegura que para distinguir uma ravina de uma voçoroca, predominam distinções de caráter dimensional, ravinas seriam incisões de até 50 centímetros de largura e profundidade, e voçorocas incisões com largura e profundidade superiores a 50 centímetros, mas, outros autores como Salomão (2012); Castro (2004) e IPT-SP (1999) afirmam, que só considera-se uma voçoroca quando atinge o lençol freático.

Para Furlani (2003), as voçorocas relacionam-se aos espaços revestidos de campos cerrados, e não se instalam em áreas de florestas, em algumas intervenções e estudos relacionados às erosões do Município de Casa Branca (SP) , enfatiza que quanto mais coberto ou vegetado estiver o solo, menor será a incisão erosiva e maior a infiltração e retenção de água nos solos.

Existem três tipos ou condições de voçorocas nas encostas. Sendo um onde as incisões surgem conectadas diretamente ao curso de água, outro em que aparecem desconectadas e outro tipo em que as voçorocas surgem desconectadas e posteriormente, se conectam a drenagem após evolução do fenômeno (OLIVEIRA, 2012) (Figura 3).

Figura 3. Modelo de evolução de voçorocas.



Fonte: Oliveira (2012) – modificado de Oliveira (1985) e Oliveira (1989)

Neste sentido Sousa (2001) afirma que há voçorocas que começam no fundo do vale e aumentam regressivamente à montante, com sua gênese e evolução conectada ao curso d'água, e as que surgem desconectadas dos canais de drenagem, inicia-se à montante como ravina e evolui para jusante atingindo o lençol freático. Da mesma forma, Camapum de Carvalho (2006) ainda salienta que as incisões se caracterizam quando conectadas à rede de drenagem, expandindo-se a montante e linearmente; já as incisões desconectadas aumentam a montante e constrói um cone de dejeção a jusante.

Nas voçorocas ocorrem mecanismos típicos deste estágio erosivo, dentre eles, destacam-se os *pipings*, as alcovas de regressão, a alterita residual dentre outros.

Sousa (2001) informa que a erosão interna ou em tubos pode ocorrer associado à evolução de uma voçoroca quando em suas paredes ou cabeceiras, percebe-se o festonamento dos taludes e consequente evolução regressiva. Contudo, o *piping* pode ocorrer sem ligação com uma voçoroca, em área com forte gradiente hidráulico, em elevados níveis de umidade dos solos, resultado de infiltração excessiva, que pode desencadear a formação de dutos no interior do solo.

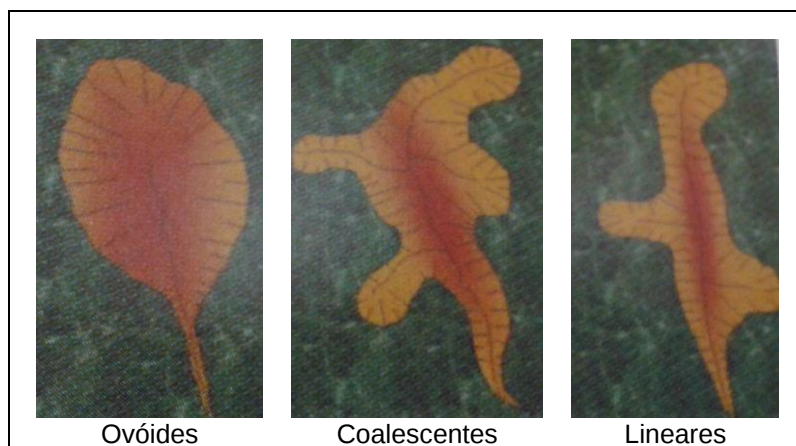
Nas voçorocas ocorrem também às alcovas de regressão, que são feições erosivas que ocorrem sob diferentes condições litológicas e climáticas, podendo ser esculpidas tanto pelo escoamento superficial na forma de filetes subverticais, quanto pela exfiltração do lençol freático, ou ainda pela combinação desses dois mecanismos (OLIVEIRA, 2012).

Em voçorocas é comum à ocorrência de movimentos de massa ou deslizamentos, para Ferreira (2012) existem dois tipos: de rotação e translação. Sendo o deslizamento de rotação de solos homogêneos, apresentando a forma curva ou circular e o deslizamento de translação surge em solos com pouca profundidade e paralelo à superfície do talude, expondo a forma plana ou poligonal.

Com relação à forma existem três tipos de voçorocas: ovóides, coalescentes e lineares (Figura 4). As ovóides são mais típicas, com configuração de anfiteatro de paredes íngremes na parte superior, com canal estreito à jusante. As coalescentes são constituídas por mais de um anfiteatro à montante, resultante de reentrâncias nas paredes laterais, evoluem de forma independente. As formas

lineares possuem um grande desenvolvimento longitudinal, assemelha-se com um cânion, mas termina em canal estreito (CEMIG, 2001).

Figura 4. Três tipos de formas de voçorocas



Fonte: CEMIG, 2001

1.3 Cadastro de erosões

O cadastro de erosões é realizado visando melhor diagnóstico e prognóstico de incisões erosivas e do seu entorno com objetivo de elaboração de medidas para contenção. Para Martins et al. (2006, p.193) a palavra cadastro é derivada da palavra grega “*katastichon*”, em latim “*catastrumm*”, um termo que se refere à taxação, o propósito inicial do cadastro.

Para obter um cadastramento correto é necessário realizar diagnóstico preliminar sobre a feição erosiva em geral, observações de cunho qualitativo já são suficientes. A identificação das feições erosivas possibilita a avaliação das interações possíveis entre mecanismos individuais no interior de uma erosão (OLIVEIRA, 2012).

Segundo Sousa (2010), o cadastro auxilia no entendimento dos mecanismos envolvidos no desencadeamento, na evolução e na dinâmica de erosões lineares de grande porte (ravina e voçoroca), consiste em anotações numa ficha de dados regionais e locais relativos à ocorrência erosiva, visando implantar medidas corretivas e preventivas mais eficazes para o controle do problema.

Oliveira (2012) afirma que a observação dos mecanismos no campo é relativamente rara, a identificação de feições erosivas com o cadastramento

dessas, torna mais eficiente as medidas corretivas a serem implantadas de acordo com o recurso financeiro disponível.

A necessidade de quantificação de dados aumenta de acordo com o avanço dos impactos ambientais na superfície terrestre, o cadastro técnico inclui todos os tipos de mapeamentos do espaço físico, a avaliação da terra objetivando a “proteção” ambiental (MARTINS et al., 2006).

O cadastro permite também caracterizar a erosão com maior número de detalhes possível. Por isso, é um registro do diagnóstico atual da erosão, possibilitando proposições e/ou indicações de prognóstico de evolução para posterior consulta e comparação do desenvolvimento do fenômeno. Pode ser realizado por meio do uso de técnicas do geoprocessamento, com a utilização de vários SIGs como o SPRING, por exemplo. Essa tecnologia permite análises mais complexas e completas do fenômeno erosivo em pouco tempo de pesquisa (SOUSA, 2010).

O cadastro e suas ferramentas como fotogrametria, fotointerpretação, sensoriamento remoto, geoprocessamento e outras tecnologias avaliam o meio ambiente, define uma maneira técnica e executável para recuperação dos processos erosivos que são fornecidos para órgão ou proprietário da área interessado (MARTINS et al., 2006). Portanto, o cadastro é em geral, de cunho técnico.

De acordo com Guerra (2012) o monitoramento do surgimento e evolução das ravinas tem sido feito através das estações experimentais, com dimensões e tratamentos variados, dependendo dos objetivos do estudo. Outra forma de se compreender o papel das ravinas no processo erosivo é através do seu monitoramento *in situ*, ou seja, na área de ocorrência.

1.4 Controle de erosões de grande porte

Sales (2006) entende-se por “controle de erosão” toda e qualquer ação que vise prevenir, cessar ou recuperar um processo erosivo, potencial ou em curso, em uma área determinada. Para Rodrigues (2014), nas áreas de Cerrado, os

procedimentos de recuperação de áreas degradadas por erosão são vários, pois ocorre uma complexidade dos fenômenos envolvidos nos processos erosivos, que se estende para a recuperação dessas áreas, que podem variar de sulcos em áreas rurais a voçorocas em áreas urbanas.

“Felizmente, muito se tem aprendido sobre os mecanismos erosivos, e algumas técnicas têm sido desenvolvidas para controlar, de forma efetiva e com baixo custo, as perdas de solo na maioria das situações” (BRADY e WEIL; 2013).

O projeto de controle de erosão urbana envolve aspectos geotécnicos e urbanísticos. Dentre as principais causas do desencadeamento e evolução nas cidades destacam-se: plano de obra inadequado do sistema viário e ruas sem pavimentação, recomenda-se pavimentar imediatamente as ruas, assim que concluídas, as obras de galerias pluviais. Em relação ao traçado inadequado do sistema viário, não considerando a declividade e comprimento das vertentes, deve-se prever a implantação de lombadas transversais à direção do fluxo de água, desviar as águas das ruas e estradas até um local de controle seguro.

A expansão urbana descontrolada, a implantação de loteamentos e conjuntos habitacionais, especialmente em locais que apresentam um terreno suscetível a processos de ravinamentos e/ou boçorocamentos, deve prever obras de controle da erosão (SALOMÃO, 2012).

São muitas as ações que podem ser empregadas como medida de controle de uma erosão. Didaticamente poder-se-ia agrupá-las em: medidas preventivas que visam evitar que um determinado agente se instale e inicie o processo erosivo, medidas corretivas que são ações propostas em uma erosão já instalada, e se subdividem em medidas de estabilização e de medidas de recuperação (SALES et al., 2006).

Dentre as técnicas de controle de erosões em áreas rurais, sugere-se: a construção de terraços, bolsões para acúmulo de água e barreiras físicas para a retenção de sedimentos. Como medida vegetativa, propõe a implantação de espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas, que têm a função de proteger a superfície do solo, ou seja, retomar condições ecológicas alteradas pela erosão e recompor seu interior e bordas com cobertura vegetal (RODRIGUES, 2014)

Há inúmeras espécies de plantas que podem ser utilizadas para a produção de cobertura morta (palhada), espécies de adubos verdes, leguminosas, gramíneas, plantas de interesse econômico: milho, soja, ervilha, as quais

contribuem para evitar a perda de solos por erosão. A escolha dessas plantas dependerá de fatores como o clima, a rotação de culturas, a capacidade de hospedarem pragas e as características químicas do solo (ALCÂNTARA e MADEIRA, 2008).

De acordo com Rodrigues (2014), em relação à recuperação de vertentes e para amenizar os processos erosivos devem ser inseridas leguminosas, que cobrem o solo, plantio de gramíneas, que vão conter o escoamento superficial, posteriormente com a vegetação arbustiva e arbórea, propiciará uma sucessão ecológica adequada e um equilíbrio ambiental com proteção do solo com as copas das árvores e a serapilheira produzida.

O controle de erosão em terras rurais é muito complexo, por envolver questões técnicas e de ordem socioeconômica, para ser avaliadas em busca de uma política agrícola que contemple a manutenção ou aumento do potencial produtivo das terras, além de medidas preventivas contra a erosão associada a estradas e o planejamento da ocupação agrícola de acordo com a capacidade de uso das terras (SALOMÃO, 2012).

1.5 Uso alternativo de áreas degradadas por voçorocas

Existem diferentes alternativas de recuperação de áreas degradadas por erosão de grande porte, porém, as intervenções dependem da realidade de cada fenômeno em área urbana ou rural.

Zambianqui et al. (2014) ressalta que para a intervenção sustentável do processo erosivo, visando minimização e controle, o manejo engloba um conjunto de práticas para reter o máximo da água das chuvas, adequando sua velocidade de infiltração e escoamento, aumentando a capacidade de armazenamento do solo, favorecendo as condições físicas, químicas e biológicas com a harmonia entre água e solo que promove o equilíbrio dos ecossistemas e a proteção dos recursos naturais.

No Brasil existem poucos trabalhos científicos que relatam usos alternativos de áreas com voçorocas. Até pouco tempo, era comum às erosões de grande

porte ser entulhadas na tentativa de entupir o “rasgo” no solo nas cidades e em áreas rurais, fato observado em Franca (SP), Goiânia (GO), Bauru (SP), Goianésia (GO). Em Vila Propício, o proprietário foi flagrado descartando lixo nas maiores dolinas da propriedade. Em São Miguel do Passa Quatro (GO), outro produtor rural depositava animais mortos (gado), por doença não identificada, contaminando o manancial hídrico que abastece a sua fazenda, bem como, em muitas outras cidades brasileiras (SOUSA, 2010).

No município de Asa Branca (SP), Furlani (2003, p.90) afirma que as boçorocas são santuários ecológicos nas cidades, porque reservam massas florestais residuais, vegetação ciliar e fragmentos de Cerrado em seu interior e cabeceiras.

Vianna et al. (2005) relata o caso do assentamento Dona Antônia no Estado da Paraíba, que para conter a erosão implementaram práticas vegetativas com a construção de barragens vegetativas com fardos de capim e bambu dentro da erosão. A identificação do potencial hídrico da erosão possibilitou o uso para lazer, criação de peixes, hidroponia e a industrialização da água, melhorando a economia do assentamento e promovendo o uso alternativo para a área degradada.

Soares e Silva (2009) salientam que a atividade turística é uma alternativa para a recuperação de áreas degradadas revertendo o quadro de desvalorização ambiental e comercial da região degradada, melhorando a qualidade de vida da comunidade do entorno, gerando novos empregos e agregando valor cultural para a localidade.

Povidelo e Neto (2006) citados por Soares e Silva (2009) salientam que muitas áreas degradadas foram reabilitadas para atividades turísticas em vários lugares no mundo, com destaque para as antigas minas de carvão, na região do vale do Ruhr, na Alemanha, transformadas em museus que retratam o histórico da atividade. Citam ainda, os exemplos da Pedreira Paulo Leminsky, atualmente Ópera de Arame, importante atração turística de Curitiba (PR); em São Paulo, mencionam os casos da Pedreira do Chapadão em Campinas, fonte de extração de diabásio, utilizada para grandes eventos e o Parque do Varvito em Itu, muito visitado por estudantes devido a sua importância geológica.

Sousa (2001) relata que a professora Cristina Augustin, em palestra proferida

no Simpósio Brasileiro de Geografia Física, na UFMG, em Belo Horizonte, em 1999, afirmou que as voçorocas atualmente funcionam como áreas de “refúgio ecológico”, pois, muitas espécies de plantas e animais ameaçados de extinção, encontram abrigo nessas erosões espalhadas por todo país.

Soares e Silva (2009) afirmam que existem leis que disciplinam o uso e ocupação do solo e a implementação dos planos de recuperação de áreas degradadas, as leis têm que ser cumpridas, para que além da sustentabilidade ambiental, as áreas possam ser reutilizadas para fins turísticos, que se torna uma grande fonte alternativa de renda e emprego para a população.

1.6 Bacias hidrográficas

Uma bacia hidrográfica pode ser compreendida como sendo a área da superfície terrestre drenada por um curso d'água principal e seus afluentes, limitada pelos divisores topográficos. A circulação de água e sedimentos, superficiais e subsuperficiais são conduzidas para o canal principal (SOUSA, 2001).

Botelho (2012) denomina a bacia hidrográfica como uma célula natural que pode, a partir da definição de seu *outlet*, ou ponto de saída, possa ser delimitada sobre cartas topográficas, ou que permita uma visão tridimensional da paisagem, como fotografias aéreas e imagens de satélites.

As bacias são constituídas de um rio principal e seus afluentes, que ao longo dos canais transporta água e sedimentos. Delimitadas por divisores de água, que separam uma bacia da outra, internamente existem elevações que são denominadas de interflúvios, que dividem as sub-bacias hidrográficas (OLIVEIRA et al., 2014).

A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta no Capítulo I do Art. 1º baseia-se nos seguintes fundamentos: I – a água é um bem de domínio público; (...) e no V – a bacia hidrográfica é uma unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos

Hídricos (MMA, 2014).

Segundo Christofolletti (1980), a drenagem fluvial é composta por um conjunto de canais de escoamento que formam a bacia de drenagem, que é uma área drenada por um rio. As bacias de drenagem podem ser classificadas, de acordo com o escoamento global, nos tipos: exorréicas, endorréicas, arréicas e criptorréicas.

A quantidade de água que atinge os cursos fluviais está na dependência do tamanho da área ocupada pela bacia, da precipitação total e de seu regime, e das perdas devido à evapotranspiração e à infiltração (CHRISTOFOLETTI, 1980. p.102). Entretanto, Sousa (2001) afirma que há uma discussão entre a sociedade científica e programas governamentais instituídos, assim como, o Ministério da Agricultura, em relação a diferenciação de bacia para sub-bacia e de microbacia, pois, a leitura da realidade é complexa e distorcida, mas pode ser compreendida por autores que assumem a dimensão em área como elemento de diferenciação.

Para Pires *et al.* (2009), a análise do arranjo espacial de cursos fluviais dentro de uma microbacia hidrográfica, que em grande parte é controlada pela estrutura geológica, estabelece o padrão de drenagem da mesma. Padrões diferentes podem ocorrer dentro de uma mesma bacia, sempre influenciados pela disposição, natureza e grau de resistência das rochas, diferenças de declividade e geomorfologia da região.

Bertoni e Lombardi Neto (2005) afirmam que a microbacia hidrográfica, unidade básica das atividades é entendida como uma área fisiográfica drenada por um curso d'água ou por um sistema de cursos de água conectados e que convergem, direta ou indiretamente, para um leito ou para um espelho d'água, constituindo uma unidade ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais no meio ambiente.

De acordo com Oliveira *et al.* (2014), as bacias hidrográficas têm grande importância na recuperação de áreas degradadas, os danos ambientais estão situados nas bacias hidrográficas, surgindo a necessidade do conhecimento da formação, da constituição e dinâmica para promover uma recuperação eficaz para as erosões.

Para Melo e Filho (2004, p.1), a bacia hidrográfica, integrada de processos e receptora de impactos ambientais em função das atividades

humanas, necessita de pesquisas para entendimento de seu funcionamento e programas de uso adequado de seus domínios para melhor preservação de seus recursos, evitando ações degradantes.

Sousa (2001) afirma que as voçorocas ao interceptarem o lençol freático, o fluxo fluvial, passa a correr no fundo delas, constituindo um pequeno canal de drenagem, seus taludes representariam o vale e linha que os contorna, os fluxos direcionam a água que alimenta a um pequeno córrego ou canal maior, de uma espécie de microbacia de drenagem.

Para Cunha (2004), os estudos e monitoramentos ambientais das bacias hidrográficas buscam as inter-relações entre as diversas variáveis, buscando a interdisciplinaridade e a transdisciplinaridade na pesquisa ambiental, essa dinâmica do ambiente natural, além da interconexão entre seus elementos influenciada pela dinâmica social em seu processo de ocupação histórica, ocorre interações entre as variáveis do ambiente biofísico e sociais são os elementos responsáveis pelos processos e pela dinâmica da paisagem.

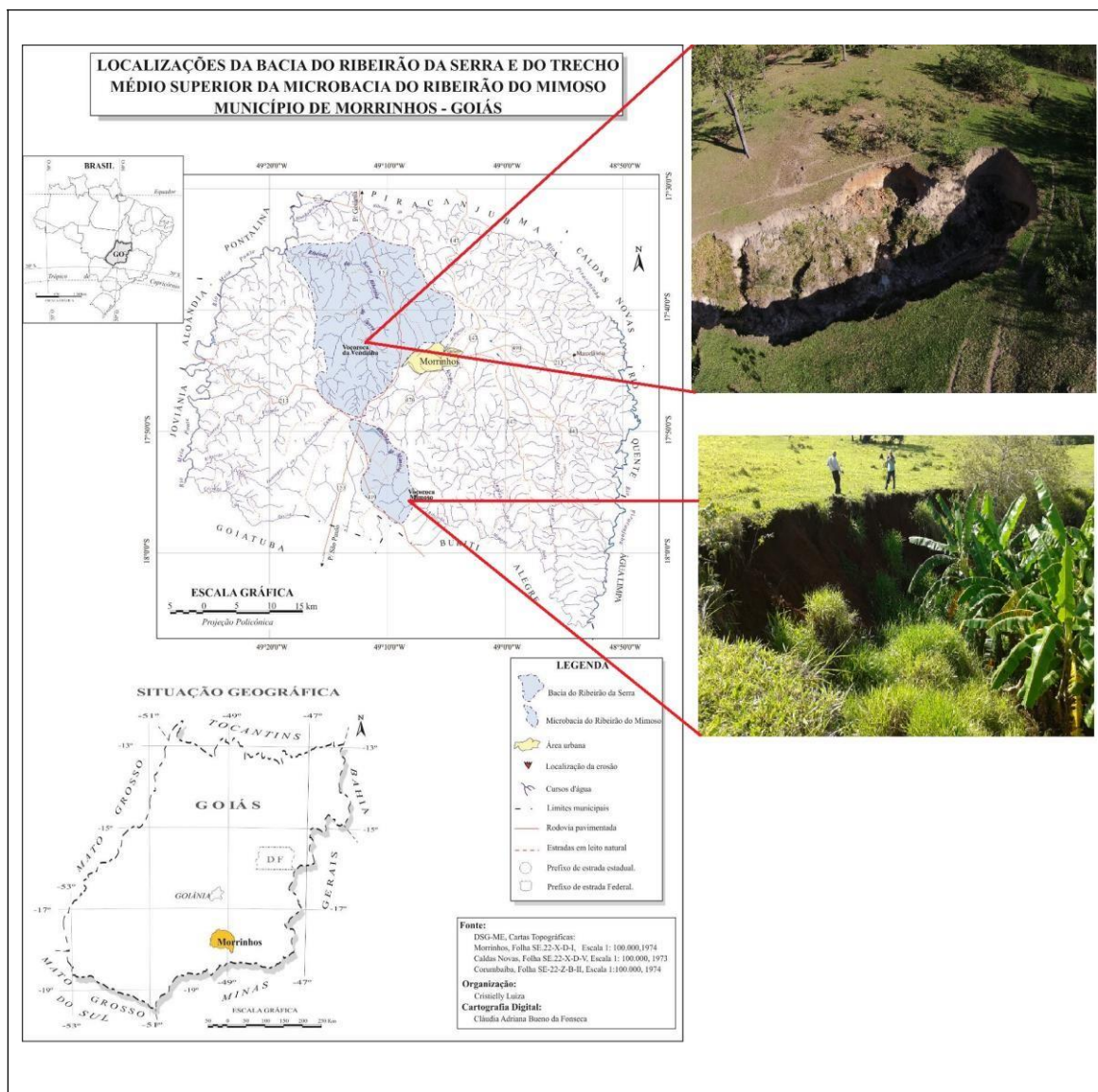
O processo de escolha de uma bacia, e nela de uma unidade hidrológica menor para um estudo de detalhe, a sua dimensão está ligada aos meios físicos, a ocupação, uso e manejo (Sousa, 2001).

2. MATERIAL E MÉTODOS

O município de Morrinhos localiza-se na Mesorregião Sul Goiano e Microrregião Meia Ponte, sendo banhado pelos rios Piracanjuba e Meia Ponte, apresenta clima tropical subúmido com duas estações bem definidas, uma seca, de maio a setembro e outra chuvosa, de outubro a abril, com ocorrência de precipitações pluviométricas intensas, que podem desencadear a gênese e evolução de erosões pluviais de grande porte.

Foram selecionadas duas erosões de grande porte na área rural do município, em bacias hidrográficas distintas (Figura 5). Sendo uma muito instável e desconectada de curso d'água, mas, na margem esquerda do ribeirão Serra, no Oeste de Morrinhos.

Figura 5. Localização geográfica e apresentação de ambas incisões erosivas



A outra erosão localiza-se no sul do município, está conectada a um curso de primeira ordem, afluente do ribeirão Mimoso, referente a reativação de uma antiga erosão natural ou geológica, encaixada em área de fraqueza de basaltos da Formação Serra Geral, Grupo São Bento Segundo observações feitas em campo correlacionadas ao mapa de geologia que será posteriormente apresentado ao longo desta pesquisa.

A primeira erosão selecionada é denominada de Voçoroca da Vendinha, pois, se encontra a menos de 650m de um armazém/rural na região, conhecido popularmente como “Vendinha” por todos os proprietários ao entorno da região da Fazenda Serra e pela população urbana, constituindo um ponto estratégico de referência. A segunda erosão selecionada é denominada de Voçoroca Mimoso,

por estar conectada a um afluente do ribeirão Mimoso.

O trabalho inicial decorreu da revisão bibliográfica na busca dos conceitos relacionados aos processos erosivos. O método de investigação adotado foi o sistêmico. O pensamento sistêmico empregado nos estudos geográficos tem em vista interpretar a complexidade que explica a organização de um sistema espacial segundo as interações que se processam entre os atributos formadores e que lhes confere caráter dinâmico e não-linear. A Teoria Geral dos Sistemas influenciou vários segmentos do conhecimento científico, entre eles, a Geografia Física (MARQUES NETO, 2008).

Foram realizadas sucessivas visitas técnicas em cada erosão durante o período chuvoso e de estiagem para: a) preenchimento do cadastro de cada erosão, conforme metodologia proposta pelo IPT/SP (1986), visando identificação dos mecanismos erosivos que atuam nas incisões; b) identificação e caracterização dos elementos do meio físico da bacia de contribuição e adjacências; c) registros fotográficos convencionais e tomadas de imagens aéreas com Drone (DSI Planton 2) das incisões, dos solos, dos tipos de usos, manejo e ocupação do solos do entorno das voçorocas; d) coleta das coordenadas geográficas com GPS (Trex 10 - Garmin); e) medição das dimensões: profundidade, extensão e largura das erosões.

Os trabalhos de campo foram importantes para reconhecimento das dinâmicas das erosões, para elaboração de seus croquis, bem como, para melhor interpretação das imagens de satélites, que foram base para a confecção dos mapas temáticos. As visitas técnicas favorecem a captura de tomadas aéreas com uso de Drone – DSI Planton 2, bem como o uso de aparelhos como GPS Extrex 10 Garmin e softwares - TrackMaker utilizando imagens de satélite CNES/Astrium e os softwares Spring, ArcGis10 e CorelDRAWX5 para a confecção dos mapas temáticos para caracterização do meio físico e de uso e ocupação do solo no entorno das erosões investigadas.

Os mapas temáticos (localização, geologia, geomorfologia, hipsometria, declividade, solos, hidrografia, uso e ocupação do solo, suscetibilidade erosiva) foram confeccionados por meio do software ArcGis e CorelDRAWX5 para o reconhecimento do meio físico e de uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas selecionadas para a investigação.

A última etapa da pesquisa no campo foi à coleta de solo, que ocorreu em Maio/2016. Foram coletadas amostras deformadas de solo, nos taludes das voçorocas pesquisadas, para a caracterização física e química de rotina dos horizontes pedológicos afetados pelas voçorocas. Foram coletadas 13 amostras em geral, na Voçoroca da Vendinha foram realizadas 6 coletas de amostras, em 4 pontos, enquanto que na Voçoroca do Mimoso, coletou-se 7 amostras em 3 pontos nos taludes da erosão os pontos de coleta foram denominados de P1; P2; P3 e P4. As amostras de solo foram extraídas no período de estiagem (maio de 2016), com uso de faca, martelo pedológico, escada, corda e pá de jardim. Foram colocadas em sacos plásticos para 1 kg de 20cmx30cm esterilizados e identificados com etiquetas adesivas, caneta marcador permanente para registrar as informações no saco plástico, com intuito de preservar a identidade das amostras de solo que foram lacradas para evitar extravio, perda, misturas e contaminação entre as mesmas que podem alterar os resultados finais.

Inicialmente promoveu-se a limpeza do talude, visando à identificação dos horizontes do topo à base do perfil, no caso, fundo da erosão. Em seguida, procedeu-se a descrição macro morfológica dos solos em campo, conforme metodologia proposta por Santos et al. (2015), a partir da separação dos horizontes para determinação da cor de cada horizonte com utilização da carta de cores (tabela de Münsel), profundidade, espessura, transição entre os horizontes, textura, estrutura, pegajosidade, porosidade, coesão, consistência (seca e molhada) dentre outras características.

As análises de textura e química de rotina das amostras indeformadas de solos, coletadas nos taludes das erosões foram realizadas no Laboratório Terra em Goiânia (GO). Seguiu-se a metodologia da Embrapa (1997) para a realização das análises. A composição granulométrica do solo foi realizada pelo Método da Pipeta, em que as partículas grosseiras (areia fina e grossa) são separadas por tamisação, secas em estufa e pesadas para obter os percentuais. O silte corresponde ao complemento dos percentuais para 100%. É obtido por diferença das outras frações em relação à amostra original (EMBRAPA,1997,p.27).

O pH (H_2O , KCP e $CaCl_2$) foi obtido com a medição do potencial eletronicamente por meio de eletrodo, sendo que a extração dos elementos ocorre em solução quelante (DTPA-solução mista de ácidos). A determinação dos

elementos foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica com auxílio do método de Mehlich modificado (EMBRAPA,1997, p.27). A sigla CTC do solo é igual à soma de cátions que o solo pode reter na superfície disponível para as plantas.

Portanto, a pesquisa foi desenvolvida em etapas, a saber:

Delimitação da bacia do Ribeirão da Serra e do Ribeirão Mimoso utilizando a base digital da Carta Topográfica SE-22-X-D (Morrinhos) em escala 1:1250.000 e a compilação do mapa hidrográfico para o estado de Goiás/IBGE/Agência Rural em escala 1:100.000. Definida topograficamente, drenada pelos cursos d'água e conectados a vazão dos afluentes ao Ribeirão principal.

a) Descrição dos critérios para das bacias hidrográficas, de acordo com os aspectos físicos de cada incisão erosiva em relação à localização, pedologia, geomorfologia, hidrologia, declividade, hipsometria, susceptibilidade, uso e ocupação do solo.

Segundo Mendonça (2007), trata-se de uma operação voltada à medição de altitudes dos pontos de um terreno e a representação das altitudes numa planta topográfica. No método hipsométrico, as altitudes de uma região são apresentadas por diferentes cores (cores hipsométricas).

As cores não são aleatórias, mas obedecem a uma convenção - o marrom (ou alaranjado) mais escuro representa as maiores altitudes, cuja tonalidade vai clareando conforme diminuem as altitudes; o amarelo representa médias altitudes e o verde, as baixas altitudes. Já as águas continentais e marítimas se representam em azul - quanto mais carregada for a tonalidade do azul nos mares e oceanos serão mais profundos (MENDONÇA, 2007).

b) Delimitação dentro da bacia hidrográfica das erosões, levando em conta as visitas técnicas de campo e cadastro das mesmas.

c) Descrição morfológica dos solos expostos nos taludes de cada incisão erosiva do topo para a base da vertente, sucedido pela coleta de amostras de solos para análises físico químicas em laboratório.

d) Análise e interpretação dos dados obtidos, seguido da comparação estabelecida entre as voçorocas pesquisadas e elaboração de sugestões para o seu controle.

A partir dos levantamentos documentais cartográficos disponíveis, as características físicas das áreas foram baseadas nas cartas temáticas do IBGE-Superintendência de cartografia (1974), folha SE-22-X-D Carta topográfica da Região Centro Oeste do Brasil, município de Morrinhos-GO, na escala de 1:250000.

A folha SE-22-X-D-IV do município de Morrinhos foi justaposta com a carta topográfica do município de Piracanjuba, ambas na escala 1:100000. A justaposição se deu para a interpretação de montante, pra jusante da bacia hidrográfica do Ribeirão Mimoso que deságua a jusante no Rio Piracanjuba, entretanto, a Voçoroca Mimoso se localiza à montante no trecho médio superior.

Com a imagem satélite LANDSAT 5 TM, Órbita/ Ponto 222/072. Data: 15/07/2013. Composição colorida R5G4B3 - INPE DPI (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/ Divisão de Processamento de Imagens), no qual foram segmentadas e classificadas as tipologias de uso do solo.

Concluindo assim, a delimitação da área e interpretação dos dados, os mapas temáticos foram elaborados a partir de bases digitais de informações contidas em documentos do SIG-Goiás e da imagem SRTM (SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHIC MISSION), e definidos na escala dos mapas em 1: 200000.

O uso das geotecnologias foi essencial para o desenvolvimento e interpretação dos eventos erosivos, em que, as características físicas locais são complexas, sendo correlacionadas, adquirindo os resultados dessa pesquisa e uma aproximação do diagnóstico local.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização geral do município de Morrinhos e das áreas de pesquisa

Morrinhos está localizado no Sul do Estado de Goiás, possui população estimada de 44.607 habitantes (IBGE, 2015). Situa-se na vertente goiana do rio Paranaíba e é banhada pelos rios Piracanjuba e Meia Ponte e ribeirões Formiga, Monjolinho, da Divisa, Mimoso, Serra e outros menores. Sua altitude média é 753 metros. Possui clima tropical subúmido. Sua topografia é plana a suavemente ondulada (MOREIRA DA SILVA, 2001).

Inserido no bioma Cerrado, possui diversidade de fauna e flora, que nos últimos anos, se encontra cada vez mais escassas em função das atividades antrópicas que tem intensificado a degradação ambiental, representadas pelas extensas lavouras de sequeiro e irrigadas de cana de açúcar, soja, milho, sorgo, tomate, dentre outras e pastagens.

Morrinhos possui ruas bem arborizadas, grande número de árvores frutíferas, sendo, por isso, cognominada de “Cidade dos Pomares” (MOREIRA DA SILVA, 2001).

Oliveira e Sousa (2012) confirma que a microrregião Meia Ponte tem parte de sua economia sustentada na agropecuária, sendo que a agricultura ocupa papel de destaque. Região com solos, geomorfologia e clima favorável ao desenvolvimento da agricultura de sequeiro, soja, milho, cana de açúcar, algodão, feijão, tomate, sorgo e outros.

O município está entre as coordenadas: 17°30'0"S – 18°0'0"S e 49°20'0"W – 48°50'0"W. Limita-se com nove municípios vizinhos (Piracanjuba, Caldas Novas, Rio Quente, Água Limpa, Buriti Alegre, Goiatuba, Joviânia, Aloândia e Pontalina). Morrinhos é entrecortado por rodovias pavimentadas, sendo a Federal Br-153 e Estaduais GO-419 e 476.

As voçorocas investigadas estão instaladas na zona rural próximas ao perímetro urbano. A Voçoroca da Vendinha se localiza a oeste da área urbana na bacia hidrográfica do Ribeirão da Serra, próximo à BR 153 nas proximidades do acesso para Goiânia, Pontalina, Aloândia e Joviânia. A Voçoroca Mimoso se encontra ao sul do município, conectando-se ao trecho médio superior da Bacia do Ribeirão Mimoso, entre a GO-476 e GO-419 próximo ao acesso à BR 153 e

saída para o município de Buriti Alegre.

3.1.1 Bacia Hidrográfica do ribeirão da Serra e área de contribuição da voçoroca da Vendinha

Neste item, foi realizada uma descrição dos principais aspectos físicos (geologia, geomorfologia, hipsometria, declividade, solos, hidrografia - hierarquia dos canais de drenagem, além do uso e ocupação do solo e suscetibilidade erosiva).

3.1.2 Localização da voçoroca da Vendinha

A voçoroca da Vendinha está situada na vertente esquerda do Ribeirão da Serra, que por sua vez é afluente do rio Paranaíba tributário do rio Paraná.

Localizada na Fazenda Serra a 12 Km do Viaduto da entrada principal da sede municipal. O acesso à voçoroca ocorre pela BR153 (Figura 6).

A bacia de contribuição da voçoroca é constituída por relevo movimentado, com trechos convexos, côncavos e retilíneos. A vertente possui aproximadamente 700 metros de extensão. O substrato geológico é constituído por vários tipos de rochas muito fragmentadas e intemperizadas, demonstrando fragilidade, recobertas por solos rasos e arenosos (Figura 7).

Figura 6. – Localização da Voçoroca da Vendinha

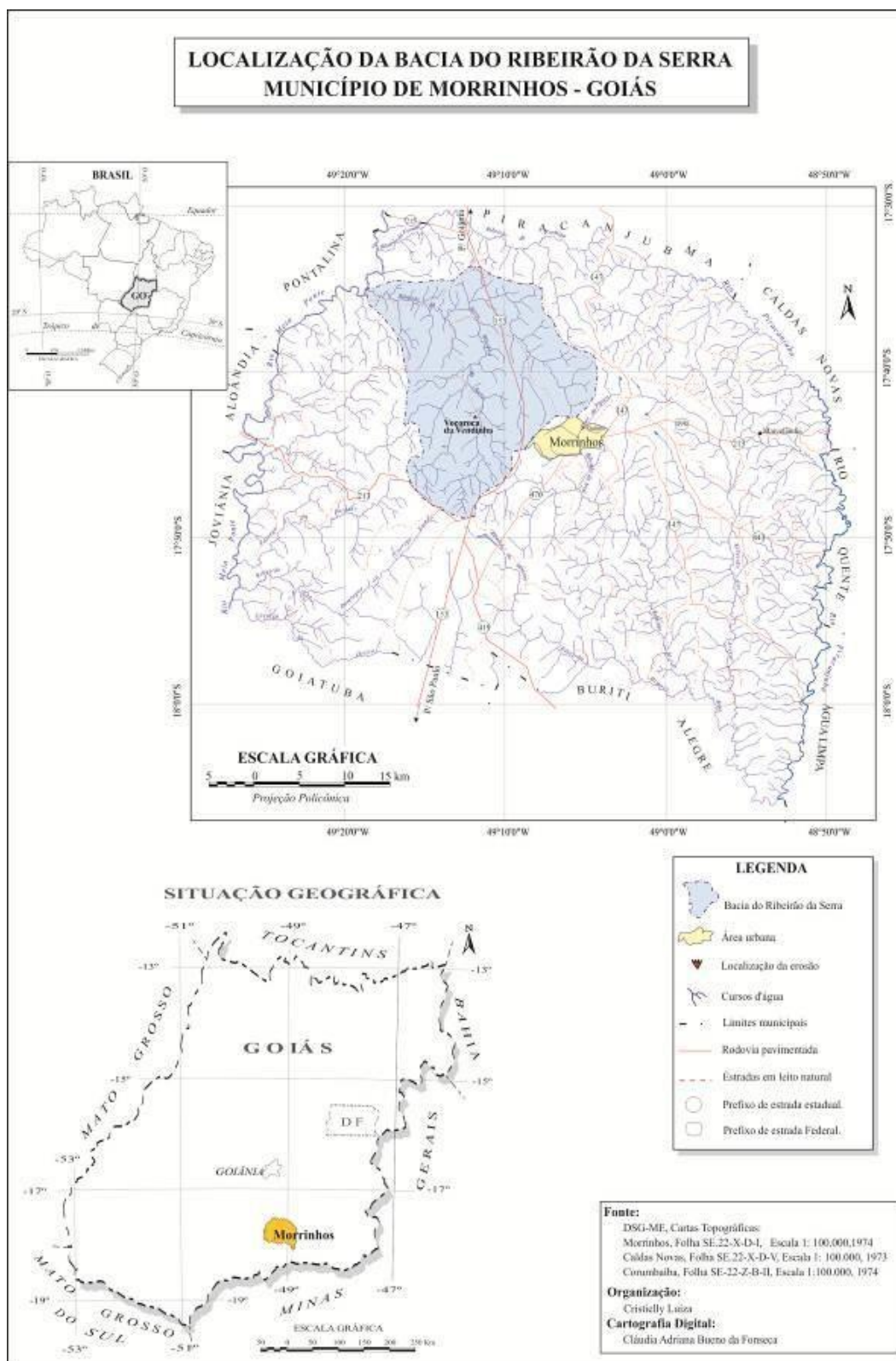
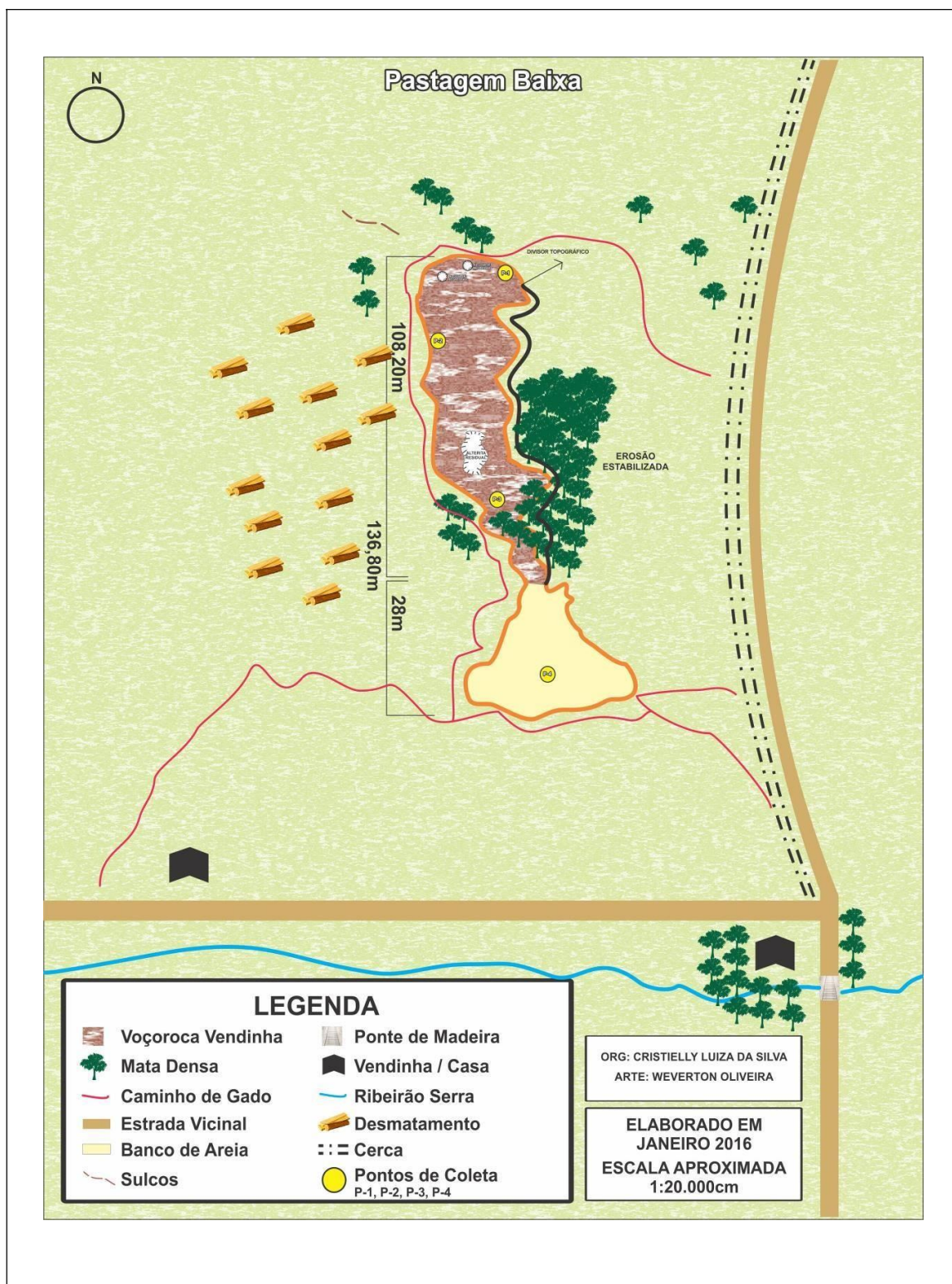


Figura 7. Croqui da Voçoroca da Vendinha



3.1.3 Caracterização Física

3.1.3.1 Análise da formação Geológica da Bacia do Ribeirão da Serra

Analizando a geologia da bacia do ribeirão da Serra (GO) é verificada uma predominância da unidade geológica Ortognaisses do Oeste de Goiás, (Gnaiss, Tonalito e Granito) em toda a bacia, incluindo na área em que se encontra a Voçoroca da Vendinha (Figura 8).

Segundo Moreira et al. (2008), a unidade geológica Ortognaisses apresenta natureza cálcica a calci-alcalina, coloração acinzentada a rosada, granulação média a grossa, textura granoblástica a porfirítica, e estrutura fitada, resultante da alternância de bandas máficas, ricas em hornblenda e biotita, e bandas félsicas, formadas por quartzo e feldspato.

A segunda formação geológica de predomínio na bacia é a do grupo Araxá, que foi definido inicialmente como Formação Araxá, nas proximidades da cidade homônima, no Triângulo Mineiro, como sendo constituído basicamente por xistos verdes, micaxistos e migmatitos, estendendo-se posteriormente sua área de ocorrência para o Estado de Goiás (BARBOSA, 1963).

Para Navarro (2006), o Grupo Araxá é uma unidade constituída por metassedimentos geossinclinais do Proterozóico Médio, composto por sequências de micaxisto associado a xistos feldspáticos, anfíbolitos, hornblenda-granada xistos feldspáticos (metagrauvacas),

Em menores porções da bacia do ribeirão da Serra, encontram-se Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas. As coberturas detrito-lateríticas são largamente distribuídas na região do Centro-Oeste, formadas a partir de alterações físico-químicas e lixiviação de grandes volumes de rochas, hospedam significativos depósitos de ouro em zonas de favorabilidade geológica econômica (MOREIRA et al., 2008).

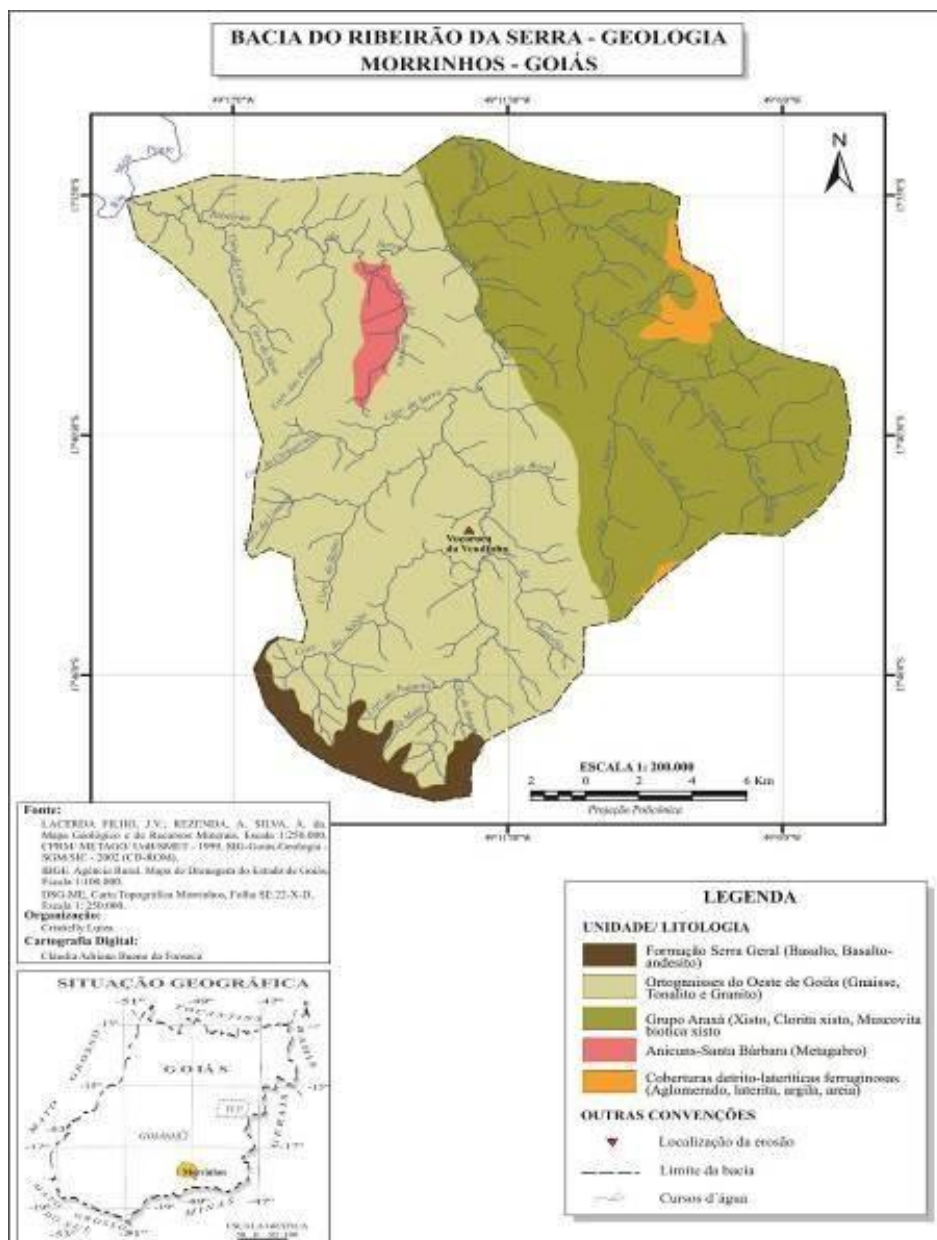
Na porção mais central da bacia (pequena mancha longitudinal de cor rosa no mapa) é encontrada a Formação Anicuns-Santa Bárbara (Metagabro). Compreende um conjunto de corpos plutônicos, diferenciados, de natureza básico-intermediária, compostos por litótipos gabróicos e dioríticos. Essa formação é caracterizada por metagabros, metahornblenda gabros, metanortositos e

metanoritos que transicionam para diorito e microdiorito, com quartzo diorito nas bordas e subordinadamente, anfibolitos, estes como produto de retrometamorfismo das rochas gabróicas (MORETON et al., 2008).

Outra formação geológica presente na bacia ribeirão da Serra é a Serra Geral, destacada no mapa na cor marrom, constituída por basalto e basalto-andesito, de idade Mesozóica, do Período Cretáceo Inferior.

Resumidamente, a formação Serra Geral “consiste de derrames de basaltos toleíticos, com vulcânicas riolíticas e riodacíticas subordinadas. Os basaltos sustentam relevo plano, são maciços, cinza-escuros, finos, homogêneos, por vezes amigdalóides e com disjunções colunares” (MOREIRA, et al., 2008).

Figura 8. Geologia da Bacia do Ribeirão Serra



3.1.3.2 Compartimentação Geomorfológica

O estudo do processo de formação e transformação do relevo é o principal objeto de estudo da geomorfologia, sendo imprescindível no estudo sobre as formas topográficas o conhecimento sobre as características geológicas, climáticas, hidrológicas, pedológicas, biológicas e antrópica em uma determinada área.

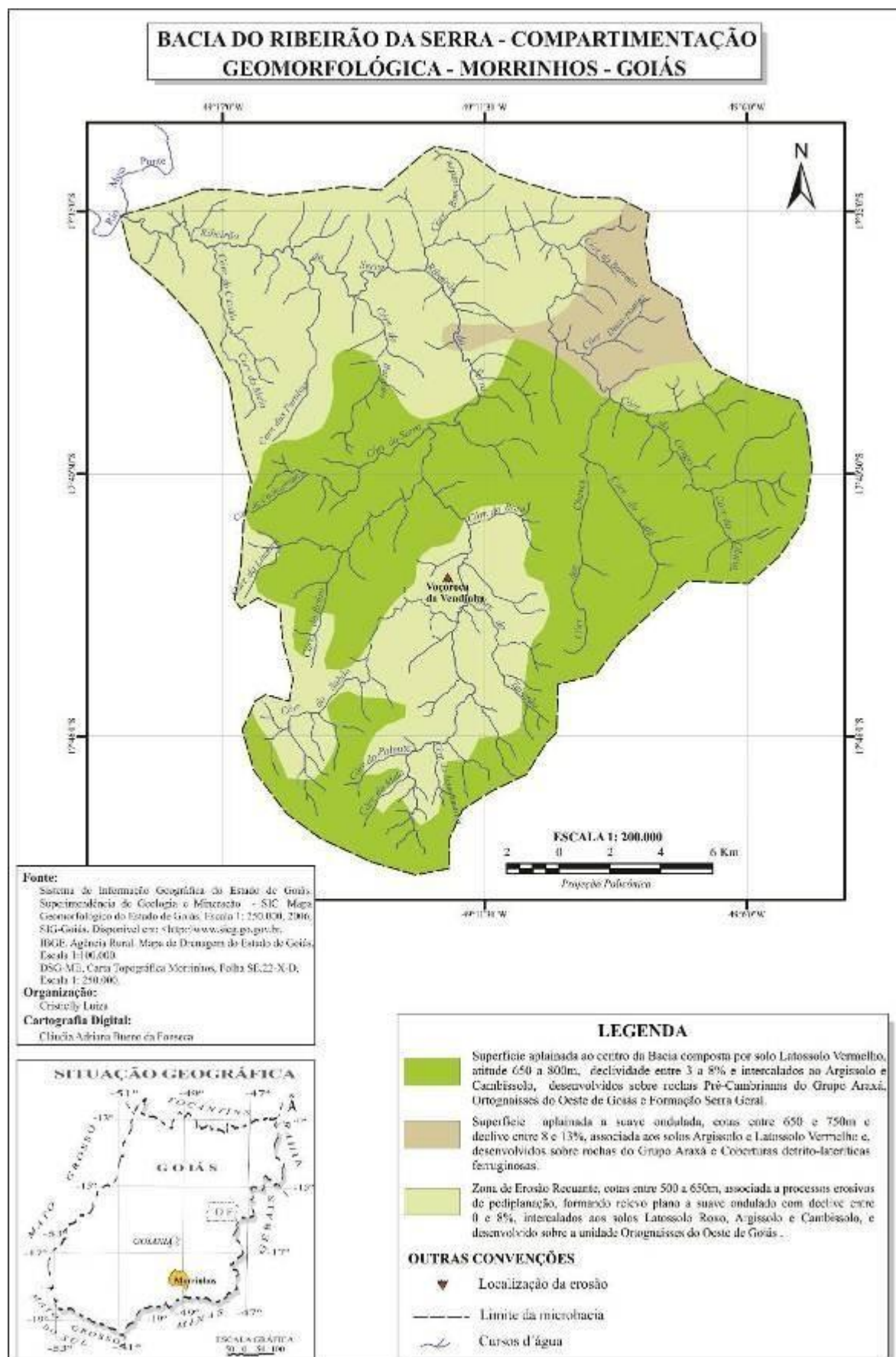
com análise da compartimentação Geomorfológica da Bacia Ribeirão da Serra foi verificado uma predominância na bacia de três áreas com aspectos distintos, sendo uma com superfície aplainada, outra superfície aplainada e suave ondulada e a terceira caracterizada como uma zona de erosão recuante, local esse, de interferência direta na Voçoroca da Vendinha (Figura 9).

A primeira corresponde à superfície aplainada ao centro da bacia com altitude de 650 a 800 m, declividade entre 3 a 8%, desenvolvidos sobre rochas Pré- Cambrianas do Grupo Araxá, Ortognaisses do Oeste de Goiás e Formação Serra Geral.

A segunda foi designada superfície aplainada a suave ondulada, com cotas entre 650 e 750m e declive entre 8 e 13% desenvolvido sobre as rochas do Grupo Araxá e Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas.

A terceira foi denominada de zona de erosão recuante. É mais rebaixada, com cotas entre 500 a 650m, formando relevo plano a suave ondulado com declive entre 0 e 8% é neste setor que se localiza a Voçoroca da Vendinha.

Figura 9. Compartimentação geomorfológica da Bacia do Ribeirão da Serra



3.1.3.3 Hipsometria da Bacia Ribeirão da Serra

Estudos hipsométricos das vertentes contribuem para a modelagem e prevenção de movimentos de massa, por este processo sofrer forte influência das forças gravitacionais.

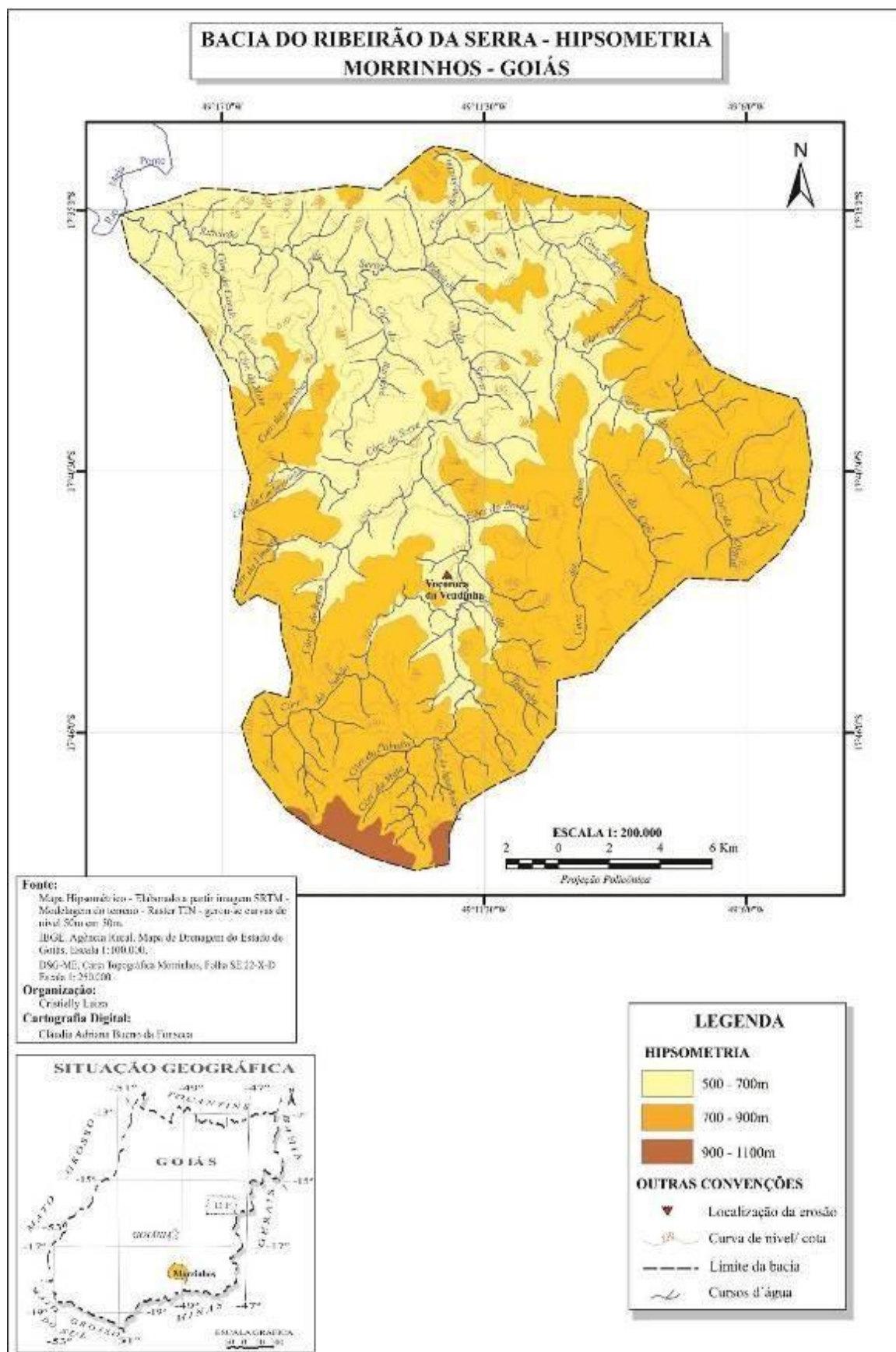
Mendonça (1995) destaca que é importante a elaboração de carta hipsométrica, porque permite a observação e um melhor conhecimento da variação da altimétrica de uma determinada região.

Nesse contexto, foi realizado o mapeamento da hipsometria da bacia ribeirão da Serra, por meio do qual foi possível verificar que nessa bacia, a altitude varia de 500 m a 1100 m acima do nível do mar (Figura 10).

No sul e leste da referida bacia hidrográfica, predominam as maiores altitudes. A área em que se encontra a Voçoroca da Vendinha está entre 500 e 700m. Nas proximidades da erosão, a altitude oscila entorno de 650 m.

Portanto, dentre as três classes elencadas para o mapeamento hipsométrico a Voçoroca Vendinha está na porção com os menores valores da bacia do ribeirão Serra, correspondendo o setor que recebe sedimentos dos setores mais elevados.

Figura 10. Hipsometria da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Serra



3.1.3.4 Declividade da Bacia Ribeirão da Serra

Estudos sobre declividade de uma determinada área são essenciais para compreender fatores que estão diretamente relacionados às características do modelado e com as formas de uso e ocupação da terra, que podem potencializar impactos ambientais, dentre eles, movimentos de massa generalizados e erosões hídricas aceleradas em regiões de clima tropical.

Para Silveira et al. (2006) “quanto maior o ângulo da declividade, mais rapidamente a energia potencial das águas pluviais se transforma em energia cinética, aumentando a velocidade das massas de água e sua capacidade de transporte”, desse modo, vertentes com maior declividade, geralmente apresentam maior perda de solo, fato esse, responsável pelos processos erosivos que modelam as formas de relevo - morfogênese.

Já Morgam (1986) citado por Guerra (2007), coloca que em encostas muito íngremes, a erosão pode diminuir devido ao decréscimo de material disponível. A declividade também influencia diretamente na quantidade de radiação solar que chega às diferentes encostas e explica as diferenças observadas na distribuição e nas propriedades dos solos em encostas (CHAGAS et al., 2013).

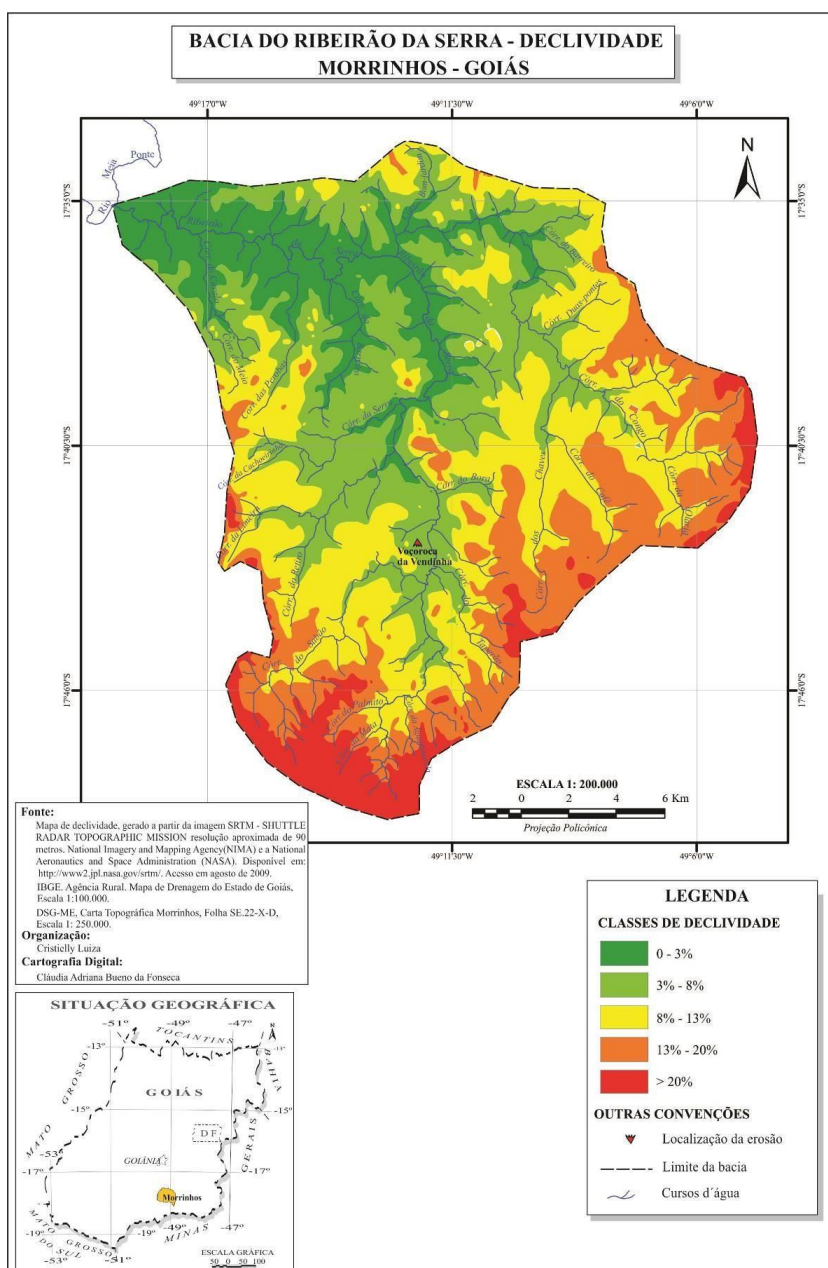
Diante do exposto, foi elaborado o mapa da declividade da área da bacia ribeirão da Serra (Figura 11). Onde, predomina um relevo suave ondulado, conforme salienta Ramalho Filho e Beek (1994).

A Voçoroca da Vendinha encontra-se na classe de declividade de 3% a 8% (Tabela 1). A segunda menor classe da bacia. Rauws (1987) citado por Guerra (2012) relata que ravinas começam a se formar em encostas com declividade entre 2% e 3%, a partir de cabeceiras (*headcuts*), sempre que a velocidade do fluxo da água exceder 3,2 a 3,4cm/s, já aparecem turbulências.

Tabela 1. Declividade da bacia do ribeirão da Serra

Declividade	Área (Km ²)	Área (%)
0 - 3%	63,22	15,31
3% - 8%	116,99	28,33
8% - 13%	127,06	30,77
13% - 20%	77,32	18,73
> 20%	28,34	6,86
Área total da bacia	412,93	100%

Fonte: *Calculate geometry*, tabela de atributos do software ArcGis 10.

Figura 11. Declividade da Bacia Hidrográfica do ribeirão da Serra

3.1.3.5 Tipos de solos da Bacia do ribeirão da Serra

Na bacia ribeirão da Serra, predomina os Cambissolos (Figura 12). De acordo com a EMBRAPA (2006), este solo é constituído por material mineral com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial (exceto hístico com 40 cm ou mais de espessura) ou horizonte A chernozêmico, quando o B incipiente apresentar argila de atividade alta e saturação por bases alta.

Outro solo de grande importância que ocorre no topo, trecho médio e jusante da Bacia, é o Latossolo Vermelho. Estes são porosos, bem drenados e relativamente resistentes aos processos erosivos, pois, geralmente apresentam textura média a argilosa e ocorrem em áreas planas a levemente inclinadas.

De acordo com a EMBRAPA (2006), os Latossolos, são solos que durante sua formação passam por intensos processos de intemperismo, além disso, são solos profundos e com boa capacidade de drenagem, ocorrendo principalmente em relevos planos e suavemente-ondulados, aspecto esse, que pode ser observado na bacia do Ribeirão da Serra. Os Latossolos também apresentam propriedades físicas favoráveis à utilização agrícola.

Na porção aplainada da bacia é encontrado também solos do tipo Argissolo e Cambissolos, os quais foram desenvolvidos sobre rochas Pré-Cabriano do Grupo Araxá, Ortognaisses.

Os Argissolos ocorrem em vertentes com inclinação moderada, em áreas pontuais no centro, no leste e na margem direita, no trecho jusante da bacia. Estes solos naturalmente são relativamente suscetíveis a erosão, devido a topografia em que se localizam e por geralmente apresentarem diferenças bruscas de textura entre os horizontes A e B.

O Gleissolo é outro tipo de solo verificado em menores áreas da bacia do ribeirão da Serra. São solos hidromórficos, constituídos por material mineral, que apresentam horizonte Glei, dentro de 150 cm da superfície do solo, imediatamente abaixo de horizontes A ou E (com ou sem gleização), ou de horizonte hístico, com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos (EMBRAPA, 2006).

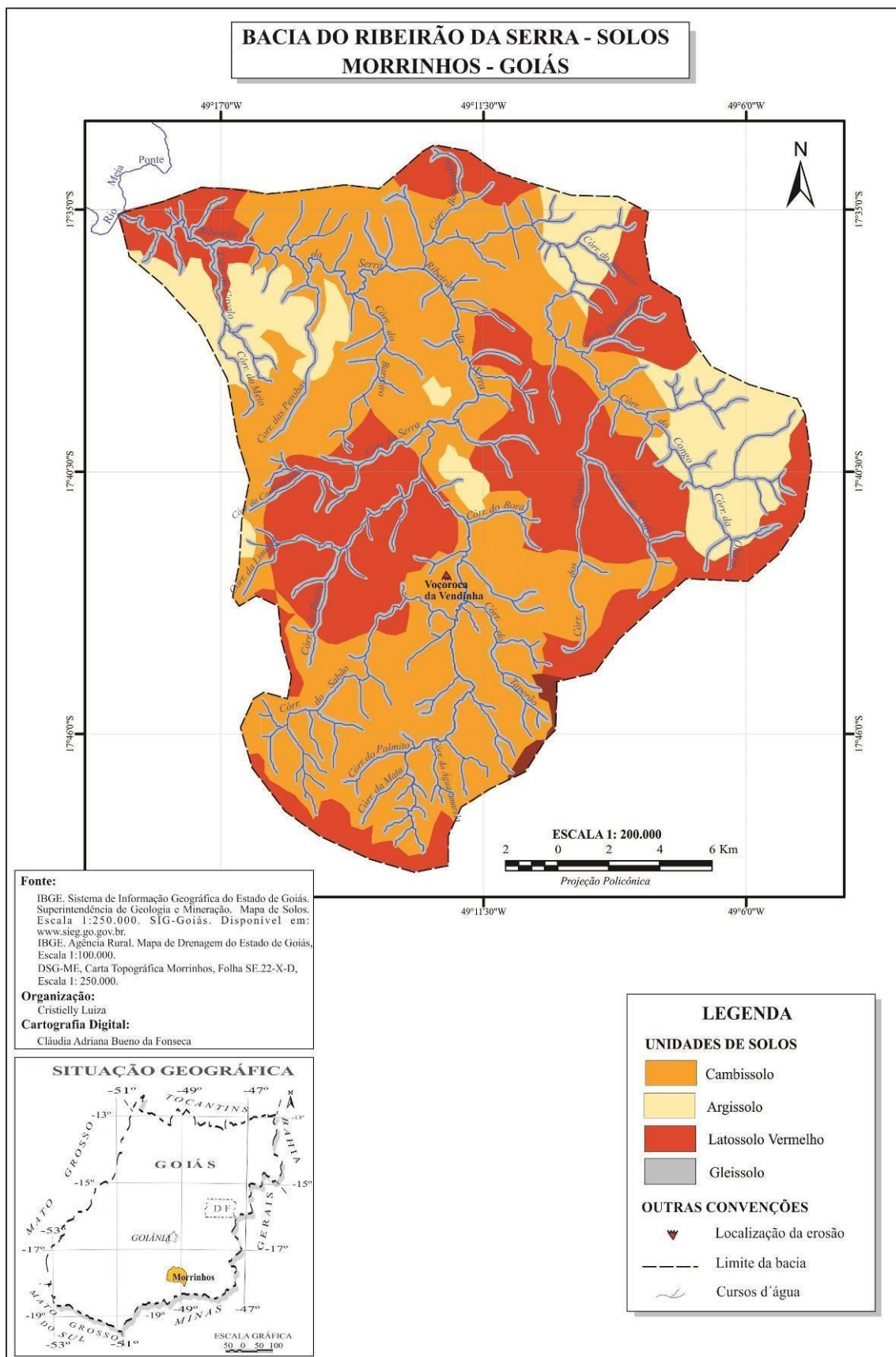
Os Gleissolos caracterizam-se também pela forte gleização, “em decorrência do ambiente redutor, virtualmente livre de oxigênio dissolvido, em

razão da saturação por água durante todo o ano, ou pelo menos por um longo período, associado à demanda de oxigênio pela atividade biológica” (EMBRAPA, 2006, p. 80).

Portanto, na bacia do ribeirão da Serra existem quatro tipos de solos principais, sendo que os Cambissolos são os que ocupam a maior parte da bacia, em sequência os Latossolos Vermelhos, os Argissolos e em menores áreas estão os Gleissolos, localizados nas cabeceiras de drenagem, fundos de vales e em margens dos cursos d'água.

Dentre os tipos de solos presentes na Bacia Ribeirão da Serra é o Cambissolo o principal solo, esse que apresenta como seu maior problema o risco de erosão (EMBRAPA, 1999), fato esse, que explica ser exatamente nessa região de maior concentração do cambissolo na bacia, que se encontra. A Voçoroca da Vendinha está em área de ocorrência de Cambissolos, sobre relevo relativamente movimentado que favorece o desencadeamento de processos erosivos acelerados, associado ao desmatamento, abertura de estradas vicinais e implantação de pastagem.

Figura 12. Solos da Bacia Hidrográfica do ribeirão da Serra



3.1.3.6 HIERARQUIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM DA BACIA RIBEIRÃO DA SERRA

Segundo Lima & Zakia (2000) bacia hidrográfica é um sistema aberto que recebe energia através de agentes climáticos e perdem energia através do deflúvio, podendo ser descritas em termos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno de um padrão e, desta forma, mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, encontram-se em equilíbrio dinâmico.

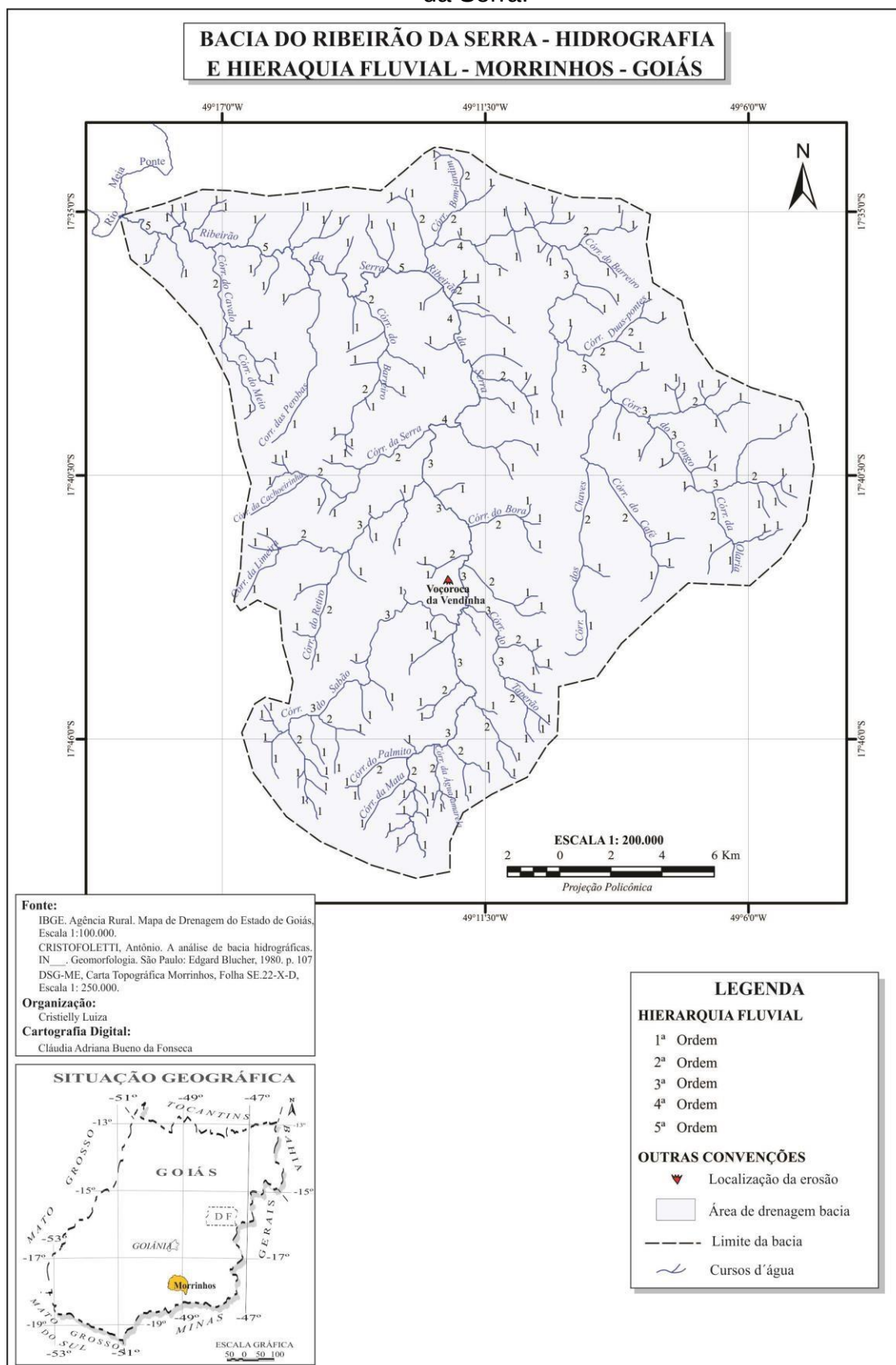
Bacia hidrográfica pode ser entendida como uma rede de drenagem ou conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, em que as águas das chuvas escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para a formação de nascentes e do lençol freático (BARRELLA, 2001).

A bacia hidrográfica do ribeirão da Serra (Figura 13) apresenta os seguintes afluentes dispostos no mapa de hidrografia: Córrego do Carvalho, Córrego do Melo, Córrego das Perobas, Córrego do Barreiro, Córrego da Serra, Córrego Bom Jardim, Córrego do Bora, Córrego Taperão, Córrego do Palmito, Córrego da Mata, Córrego das Chaves, Córrego do Café, Córrego Duas-Pontes e Córrego do Congo e outros menos expressivos.

O ribeirão da Serra é um curso d'água de quinta ordem, sendo assim, o que apresenta a drenagem maior. A sua bacia hidrográfica possui predominantemente padrão de drenagem paralelo, relativamente denso.

Nas proximidades da voçoroca Vendinha, existem cursos de primeira ordem. Neste trecho, o ribeirão da Serra ainda constitui um curso hídrico de terceira ordem, portanto, no trecho médio da bacia.

Figura 13. Hierarquia dos canais de drenagem da Bacia Hidrográfica do ribeirão da Serra.



3.1.4 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Compreender os aspectos de uso e ocupação do solo é essencial para conhecer as modificações ocorridas naturalmente ou pela ação humana em um determinado ambiente. Desse modo, o estudo do uso do solo e cobertura vegetal de uma determinada área é fundamental para a compreensão da organização espacial e transformações que ocorrem nesses locais ao longo de um tempo.

Para Rosa (2007), o estudo do uso da terra é um meio de buscar conhecimento de toda a sua utilização por parte do homem ou, quando não utilizado pelo homem, a caracterização dos tipos de categorias de vegetação natural que reveste o solo, como também , suas respectivas localizações.

Desse modo, a expressão “uso da terra ou uso do solo” pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem (ROSA, 2007).

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (2010), os diferentes tipos de cobertura vegetal e suas respectivas densidades destacam-se entre as forças passivas atuantes na erosão dos solos, portanto, as diversas coberturas do solo, naturais ou realizadas pelo homem, exercem diferentes resistências aos processos erosivos.

No mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal, é fundamental o uso das técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, devido possibilitarem a visualização e identificação direta dos elementos geometricamente apresentados para as formas de uso do solo. De acordo com Rosa (2009), o geoprocessamento e o sensoriamento remoto, são instrumentos poderosos no levantamento, mapeamento e monitoramento dos recursos naturais.

A pastagem e a agricultura são os principais tipos de usos do solo na referida bacia, sendo que da área territorial total da bacia de 412, 93 Km², 212,23 Km² corresponde a estes dois tipos de usos, com leve predomínio das pastagens sobre as lavouras (Tabela 2).

Na bacia, existe área de solo exposto, correspondendo a 56,65 Km², podendo ser relative a área pastagem degradada ou área de plantio convencional, com revolvimento dos horizontes superficiais dos solos. Tal ambiente pode resultar no carreamento de sedimentos para os cursos d'água da bacia, ocasionando o

consequente assoreamento.

Tabela 2. Uso do Solo e Cobertura Vegetal em Área (Km²).

Uso do Solo e Cobertura Vegetal	Área (Km²)
Cerrado/ Floresta	87,56
Mata ciliar	52,55
Predomínio da agricultura	102,56
Predomínio de Pastagem	109,67
Solo exposto	56,65
Área Pivô central	3,94
Área total da bacia	412,93

Fonte: *Calculate geometry*, tabela de atributos do software ArcGis 10.

A vegetação nativa restringe-se as Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal, sobre afloramentos rochosos, nas margens de córregos e do ribeirão da Serra. Destacam-se o Cerrado/floresta e Mata Ciliar e/ou de Galeria, as quais representam respectivamente 87, 56 Km² e 52,55 Km². Dimensões bem inferiores as áreas com agricultura e pastagem, revelando a intensa ocupação agropecuária na bacia.

Portanto, na bacia do ribeirão da Serra, o uso do solo tem predomínio da agricultura e pecuária, que correspondem respectivamente a 25% e 26% da área total, enquanto que 21 % são recobertos por Cerrado e floresta (Mata Seca e/ou Cerradão); 13% por Mata Ciliar/Mata de Galeria; 14% ocupados por solo exposto; e, 1% da área encontram-se pivôs centrais

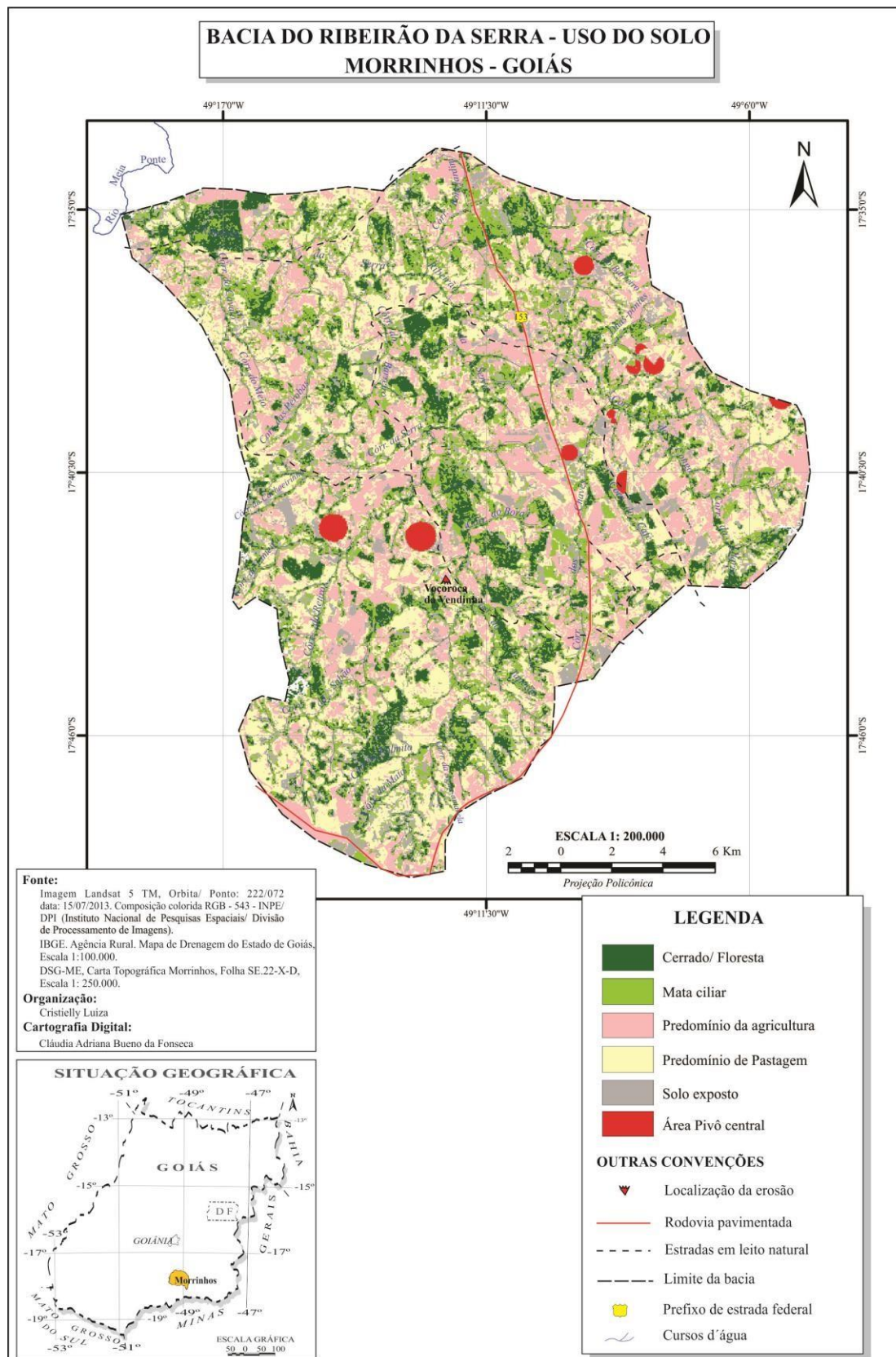
Nessa bacia ocorre predomínio da lavoura de sequeiro em relação ao cultivo irrigado, pois, foi encontrado menos de 1% de área com pivôs centrais. Isso pode estar associado ao relevo relativamente movimentado dessa bacia que dificulta a implantação dessa técnica de irrigação.

Na bacia de contribuição da voçoroca, predomina a pastagem cultivada, pequenas lavouras no entorno e pivôs centrais no trecho jusante. Vale ressaltar, que no topo da vertente sobre a erosão, existe uma estrada vicinal que concentra água pluvial com lançamento na direção de sua cabeceira.

Nesse contexto, foi realizado o mapeamento do uso do solo e cobertura

vegetal da Bacia Ribeirão da Serra (Figura 14), o qual permitiu verificar as atividades antrópicas e vegetações naturais presentes na bacia.

Figura 14. Uso e ocupação do solo da Bacia do ribeirão da Serra



3.1.5 Suscetibilidade erosiva

A erosão de forma geral, segundo Bertoni e Lombardi Neto (1990), é um dos maiores inimigos da terra, pois, ao arrastar as camadas superiores do solo agricultável, retira importantes quantidades de nutrientes provocando seu empobrecimento químico e físico.

Para Barbosa (2011), a erosão do solo compreende um conjunto de fenômenos naturais envolvendo a remoção e o transporte de sedimentos provenientes da decomposição e desagregação das rochas e dos solos.

De acordo com Saito (2004, p. 32), a susceptibilidade à erosão pode ser compreendida como “características inerentes do meio representado à fragilidade do ambiente em relação aos escorregamentos”.

Barbosa (2011) ressalta ainda que, o escoamento superficial provoca a chamada erosão laminar, ocorrendo no instante que a remoção de partículas do solo se dá uniformemente na superfície do terreno, processo esse que ampliam quando há a ausência de cobertura do terreno, se desenvolvem em estágios bem mais acelerados, como a erosão em sulcos, ravinas e voçorocas, essas ocorrem quando o processo erosivo é gerado pelo fluxo de água concentrado.

Dessa forma, o estudo de áreas susceptíveis a erosões são essenciais para diagnosticar e desenvolver soluções para áreas que estão sofrendo processos erosivos. Nesse sentido foi realizado o mapeamento da Suscetibilidade a erosão da bacia ribeirão da Serra (Figura 15), a partir da interpolação das informações dos mapas de declividade, tipos de solo e uso da terra e cobertura vegetal no software ArcGIZ 10.3, por meio das ferramentas Feature to raster - Conversion Tools, Reclassify e Mapa Algebra-Raster Calculator-Spatial Analyst Tools, comandos esses, que reclassifica os mapas temáticos e geram o mapa de susceptibilidade a erosão, que nesse estudo é apresentado em três classes, sendo elas; baixa potencialidade, média potencialidade e alta potencialidade.

As características do meio físico e os tipos de usos dos solos conferem a bacia ribeirão da Serra predominância de alta potencialidade e média potencialidade a erosão (Tabela 3).

Figura 15 – Suscetibilidade Erosiva da Bacia do ribeirão da Serra

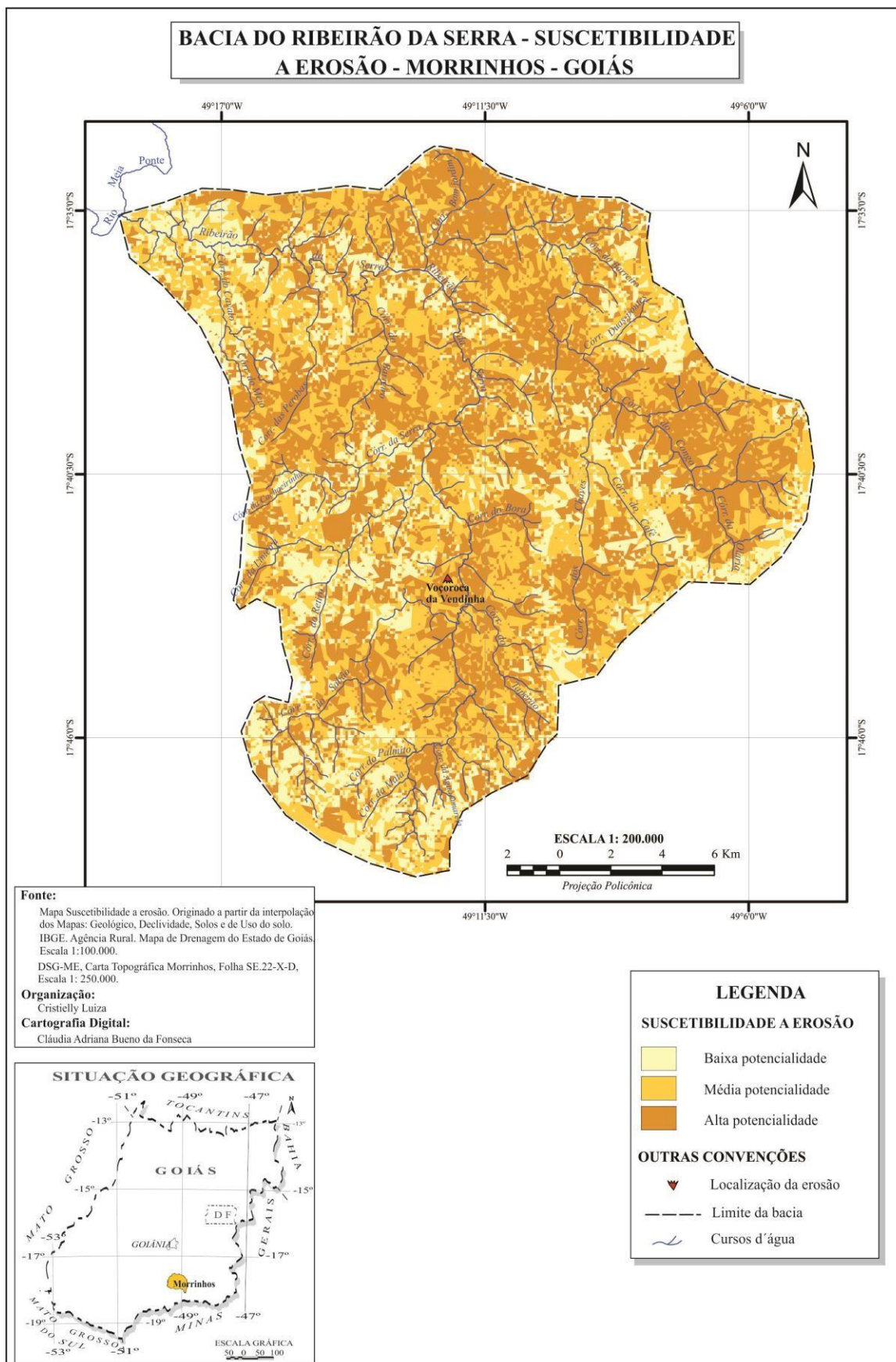
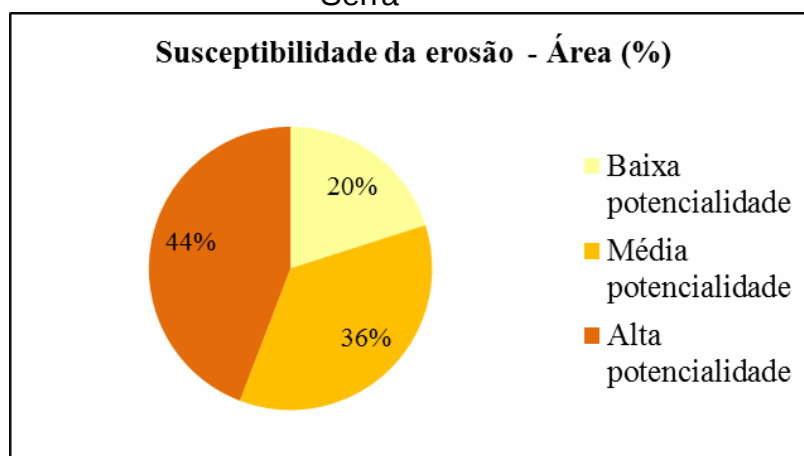


Tabela 3. Suscetibilidade a Erosão em área (Km²) na bacia do ribeirão da Serra

Suscetibilidade a Erosão	Área (Km ²)
Baixa potencialidade	82,86
Média potencialidade	147,62
Alta potencialidade	182,45
Área total da microbacia	412,93

Organização: SILVA, Cristielly Luiza (2016).

Cerca de 44% da área da bacia encontra-se na classe de alta potencialidade a erosão, portanto, os tipos de usos e manejo do solo devem ser revistos para evitar perdas de solos e assoreamento da drenagem local e regional. Cerca de 36% da área possui média potencialidade erosiva, que requer cuidados para evitar a atuação dos processos erosivos acelerados. Apenas 20% da área podem ser considerados de baixa potencialidade erosiva (Figura 16).

Figura 16. Suscetibilidade a erosão em porcentagem (%) na bacia do ribeirão da Serra

Organização: SILVA, Cristielly Luiza (2016).

Vale ressaltar, que na bacia do ribeirão da Serra predomina a classe de alta potencialidade a erosão e é nessa área que se encontra a Voçoroca da Vendinha, portanto, o entorno dessa incisão apresenta elevada predisposição para impactos ambientais dessa natureza, requerendo cuidados especiais para evitar a progressão destes fenômenos.

3.1.6 Ficha de Cadastro da Voçoroca da Vendinha

Nesta ficha, consta o histórico geral da Voçoroca da Vendinha, para facilitar o entendimento e a compreensão das particularidades da área estudada (Quadro2).

Quadro 2. Ficha de cadastro da Voçoroca da Vendinha

FICHA DE CADASTRO DA EROSÃO	
1 – Identificação e localização da erosão Município: Morrinhos Estado: GO	
Descrição: Voçoroca Vendinha	Localização: Fazenda Serra à 12 Km do Viaduto da entrada principal da sede municipal.
Acesso: Estrada vicinal que dá acesso à região Serra. No viaduto da BR153 segue 11 km no sentido da vendinha. Após este comércio, na bifurcação das estradas continua à esquerda aproximadamente 1 km até a erosão em área de pastagem.	
2 – Dados regionais	
Bacia Hidrográfica: Ribeirão da Serra, Rio Meia Ponte, Rio Paranaíba, Bacia do Paraná.	Geomorfologia: Planalto Central Brasileiro; Planalto Central Goiano e na sub unidade: Planalto do Alto Tocantins Paranaíba.
Geologia: Ortognaisses do Oeste de Goiás (Gnaiss, Tonalito e Granito).	Pedologia: Latossolo Vermelho (LV); Cambissolo Háplico (CX), Neossolo Litólico (RL).
3 – Características da bacia de contribuição	
O relevo da área de contribuição da voçoroca é movimentado, com trechos convexos, côncavos e retilíneos. A vertente possui aproximadamente 700 metros de extensão. O substrato geológico é constituído por vários tipos de rochas fragmentadas demonstrando fragilidade, recobertas por solos rasos e arenosos.	
Uso do Solo Pastagens cultivadas, para criação bovina leiteira e de corte. A bacia de contribuição da voçoroca é circundada por estradas vicinais.	
Causas, condicionantes e atenuantes: A erosão surgiu sobre antiga trilha de gado associada ao escoamento concentrado proveniente de uma estrada vicinal localizada a 150 metros a seu montante. Sua gênese parece estar associada ao uso inadequado do solo, desmatamento em área com forte declividade e implantação de pastagem sem práticas conservacionistas. A concentração de enxurrada proveniente de sangra d'água da estrada em direção a cabeceira tem contribuído para a sua progressão durante o período chuvoso. Outros elementos do meio físico, como extenso, comprimento de rampa e forma da encosta: convexa – côncava no trecho superior e médio e retilíneo na jusante também patrocinaram sua evolução lateral e remontante. Em sua jusante, o proprietário rural construiu um barramento para reter sedimentos arenosos provenientes da erosão. Este material é comercializado na cidade de Morrinhos, em lojas de material de construção civil.	

4 – Características da Voçoroca

Descrição Geral: A voçoroca possui formato de palito de fósforo (Figura 17), sendo estreita na jusante e mais larga em sua cabeceira. À jusante foi construído um barramento para retenção de sedimentos. Não está conectada a drenagem local (ribeirão da Serra) (Figura 21). Em sua margem esquerda existe uma ravina estabilizada com presença de repovoamento espontâneo. O ambiente atingiu novo equilíbrio dinâmico, como proposto por Hack (1960) citado por Cassetti (1991). Em sua jusante existe uma formação de banco de areia proveniente de sedimentos de seus taludes e interior e uma estrada para o acesso à mesma (Figura 22). O proprietário da fazenda comercializa a areia para complementar a sua renda mensal, bem como, visando diminuir a acumulação de areia que aumenta principalmente em períodos de altos índices de precipitação pluviométrica, que tende assorear área de pastagem à jusante. As características topográficas representadas por declividade média à elevada, vertente côncavo-retilínea, no local da voçoroca e em seu entorno, associadas aos solos rasos no topo da encosta, litologia friável e uso inadequado do solo constituído pela abertura de estrada vicinal à montante, desmatamento de áreas íngremes, implantação de pastagem cultivada e criação de gado patrocinaaram o surgimento da referida erosão.

Descrição Detalhada:

Apresenta bordas instáveis (Figura 23), taludes íngremes e solapados com previsão de rápida evolução. A erosão interceptou o lençol freático suspenso, portanto, temporário com água em seu talvegue durante o período chuvoso. Durante a estiagem não aumenta suas dimensões.

Medição Detalhada: Comprimento ou extensão de 109m, profundidade média de 6m, largura média de 13m, totalizando um volume de 128m³

5 – Avaliação das condições da evolução

O solo local possui textura arenosa, portanto, friável conferindo elevada instabilidade dos taludes. Durante o período chuvoso a erosão tende a evoluir lateral e remontantemente, em função da atuação do escoamento superficial e subsuperficial, resultando na atuação de alcovas de regressão, *pipings* temporários e abatimentos sucessivos (Figura 24). No trecho inferior da voçoroca existe alterita residual que surgiu devido à erosão diferencial. A inclinação e instabilidade dos taludes associados à textura franco arenosa do solo e à litologia fraturada/fragmentada podem contribuir para a progressão lateral e remontante da erosão.

Na cabeceira da erosão existe um sulco que iniciou sobre um “caminho de gado”. Em dezembro de 2014, estava com 20 cm de profundidade e 30 cm de largura, e em abril de 2015 evoluiu para 80 cm de profundidade. Portanto, apresentou evolução de 60 cm, em cinco meses, indicando previsão de interligação com a voçoroca, caso não seja implantada nenhuma medida de contenção (Figura 25 e Figura 26).

6 – Principais Impactos

- Riscos de acidentes por quedas de animais e pessoas dentro da voçoroca;
- Perda de solo e da biodiversidade local;
- Redução de área de pastagem;
- Assoreamento da pastagem à jusante e do ribeirão Serra;
- Comprometer a qualidade de vida dos proprietários rurais próximos e para o próprio dono da área.

7 – Sugestões de medidas preventivas e corretivas

- Isolamento da área para evitar o trânsito de animais em seu entorno e interior e permitir o repovoamento espontâneo;
- Conscientização dos moradores ao entorno da erosão sobre a problemática erosiva;
- Reflorestar e conservar espécies nativas de árvores dentro da voçoroca e em pontos mais distantes de sua borda para evitar o efeito alavanca;
- Inserir armações em tela gabião e “pedra marruada” nos sopés e bordas dos taludes para aumentar a resistência do solo e reter os sedimentos de montante;
- Revegetar os taludes com espécies de gramíneas apropriadas, como mix de várias espécies vegetais que possam reforçar a estabilidade pedológica, com auxílio de biomanta antierosiva;
- Cultivar a gramínea Vetiver (*Vetiveria zizanoides*) que é perene, não palatável e possui sistema radicular muito profundo e resistente nos sopés dos taludes e no entorno da erosão, para reter os sedimentos de montante para aumentar a estabilidade do solo;
- Construção de sucessivas paliçadas de bambu ou madeira transversais ao sentido do escoamento no interior da erosão buscando gerar colmatação e o consequente repovoamento espontâneo.

7.1 – Bacia de contribuição:

- Isolar a área no entorno da erosão para propiciar o repovoamento gradativo e constante dos taludes e do interior da incisão erosiva.
- Construir bacias de infiltração nas laterais da estrada vicinal para recebimento da água pluvial da pista de rolamento, visando reduzir o escoamento concentrado em direção à cabeceira da voçoroca.
- Construir sangras d'água ou outras estruturas hidráulicas com redutor de velocidade para diminuir o poder abrasivo do escoamento superficial excedente proveniente da estrada vicinal à montante.

8 – Disponibilidade de materiais de construção

- Os materiais para sua implantação podem ser encontrados com facilidade, no município de Morrinhos.

9 – Laboratório: Laboratório Terra análises para agropecuária LTDA/Goiânia-GO – Análises de solos dos taludes da erosão: textura e química de rotina.

10 – Identificação da ficha

Referências: Gabriela Siqueira Duarte (graduação de Geografia-UEG/Morrinhos)

Coord. EO:
49°20' – 48°50' W

Coord. NS:
17°30' – 18°S

Equipe: Prof. Dr. Alik T. de Sousa e Cristielly Luiza da Silva

Data: Junho/2015

Figura 17. Localização e formato da Voçoroca da Vendinha



1 - Voçoroca Vendinha

2 - Banco de Areia

Fonte: Google Earth.

Figura 18. Vista aérea da voçoroca da vendinha, evidenciando que não está conectada a nenhum curso d'água.



Figura 19. Vista aérea do banco de areia á jusante da voçoroca da vendinha.



Fonte: SILVA, junho/2015

Figura 20. Talude solapado muito Instável indicando previsão de evolução da erosão remontante.



Figura 21. Presença de *piping* temporário na cabeceira da erosão.



Fonte: SILVA, junho/2015.

Figura 22. Sulcos próximo à cabeceira da erosão (Dez/2014)



Figura 23. Sulco em evolução demonstrando uma previsão de interligação (Abril/2015)



Fonte: SILVA, junho/2015.

3.2. Bacia Hidrográfica do Ribeirão Mimoso e área de contribuição da Voçoroca homônima

A seguir, são descritos os principais aspectos físicos (geologia, geomorfologia, hipsometria, declividade, solos, hidrografia - hierarquia dos canais de drenagem, uso e ocupação do solo e suscetibilidade erosiva) da bacia do ribeirão Mimoso.

3.2.1 Localização da Voçoroca Mimoso

A Porção Média Superior da bacia do ribeirão Mimoso, encontra-se localizada ao sul do município de Morrinhos (Figura 24) próximo à GO 419 que liga Morrinhos a Buriti Alegre, esta rodovia favorece o fluxo de mercadorias e pessoas, dinamizando a economia local.

O ribeirão Mimoso, que faz divisa entre os municípios de Morrinhos e Buriti Alegre deságua no Rio Piracanjuba, que por sua vez é afluente da bacia do rio Corumbá, tributário do rio Paraná.

Na porção Médio Superior da bacia do Ribeirão Mimoso, encontra-se o processo erosivo da Voçoroca Mimoso. Seu acesso se dá pela GO 476 no sentido centro urbano de Morrinhos ao Instituto Federal Goiano, à esquerda do trevo do IF Goiano, com mais 14 km de estrada vicinal, passa pela Fazenda Paraíso e Fazenda Jardim da Luz até chegar à Fazenda Mimoso, na margem esquerda do ribeirão homônimo(Figura 25).

Figura 24. Localização do trecho médio superior da bacia hidrográfica do ribeirão Mimoso

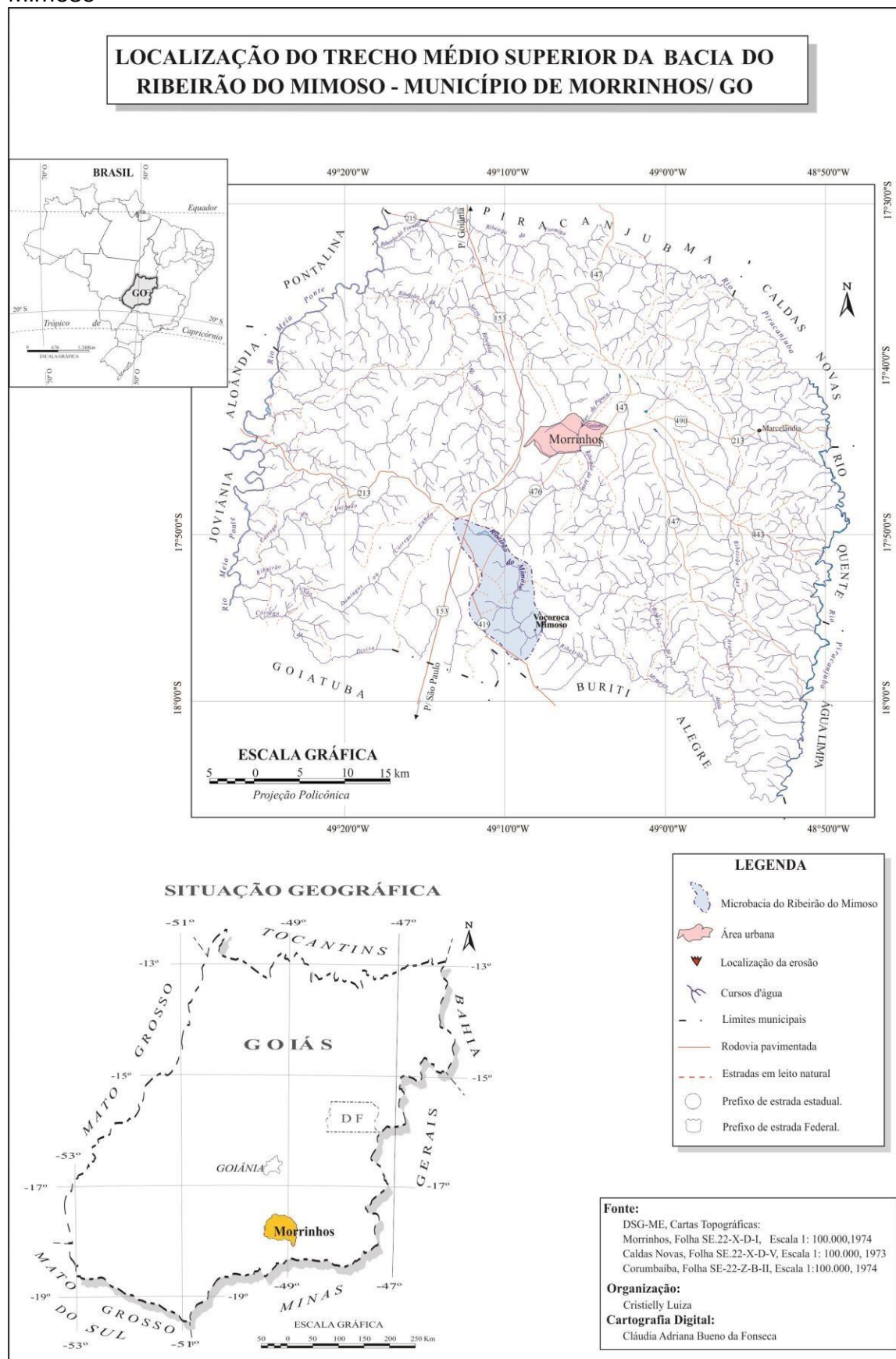
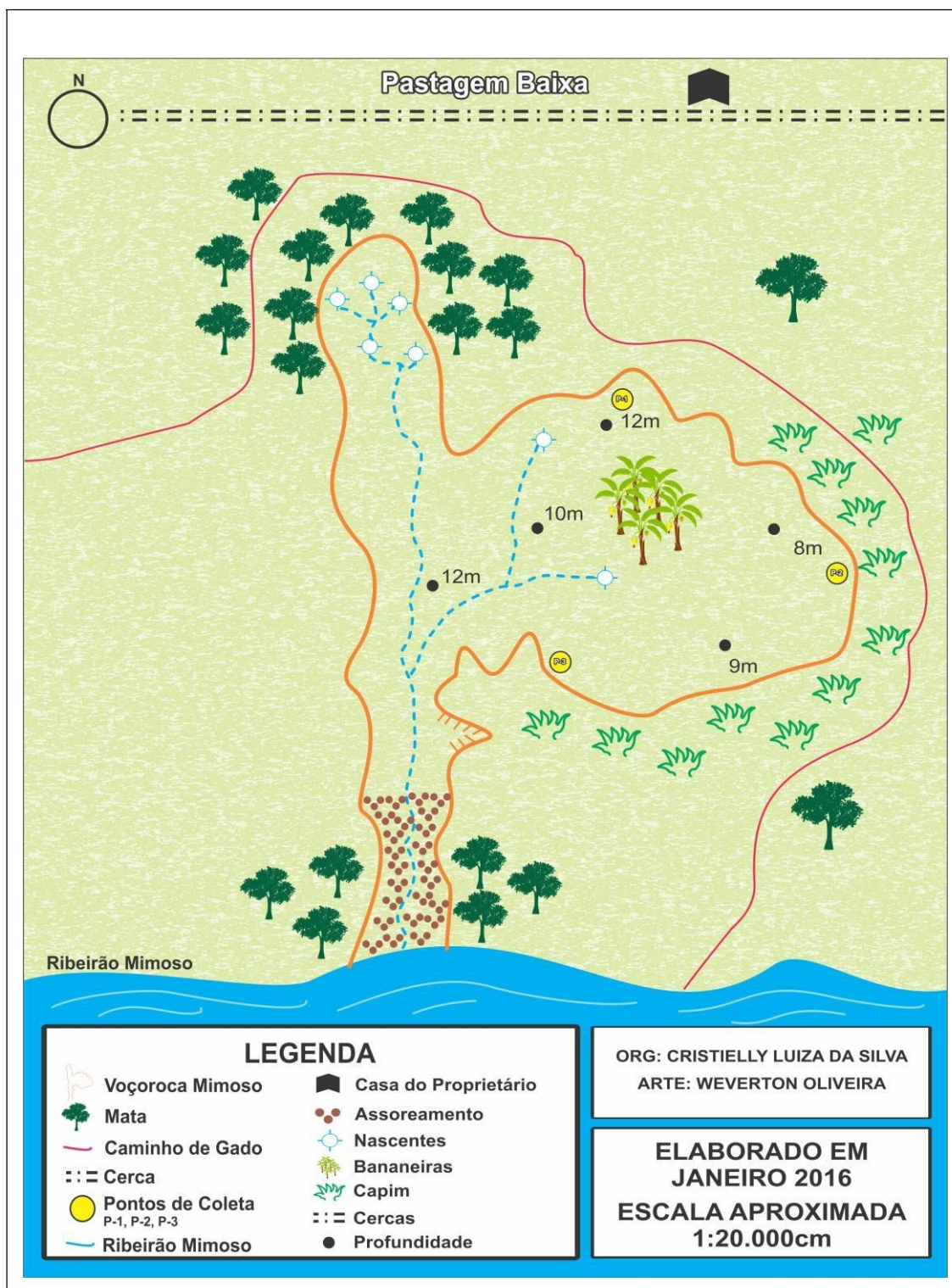


Figura 25. Croqui da Voçoroca Mimoso



3.2.2 Caracterização física

3.2.2.1 Análise da formação geológica da bacia do ribeirão Mimoso

Na análise da formação geológica da bacia do ribeirão Mimoso, foi verificado que a Formação Serra geral, do Grupo São Bento é a que predomina em toda área (Figura 26). As rochas foram originadas durante a Era Geológica Mesozóica e correspondem ao derrame basáltico da bacia do Paraná, estando incluídos nesse Grupo, os diques de diabásio, bastante correlacionados à referida formação geológica.

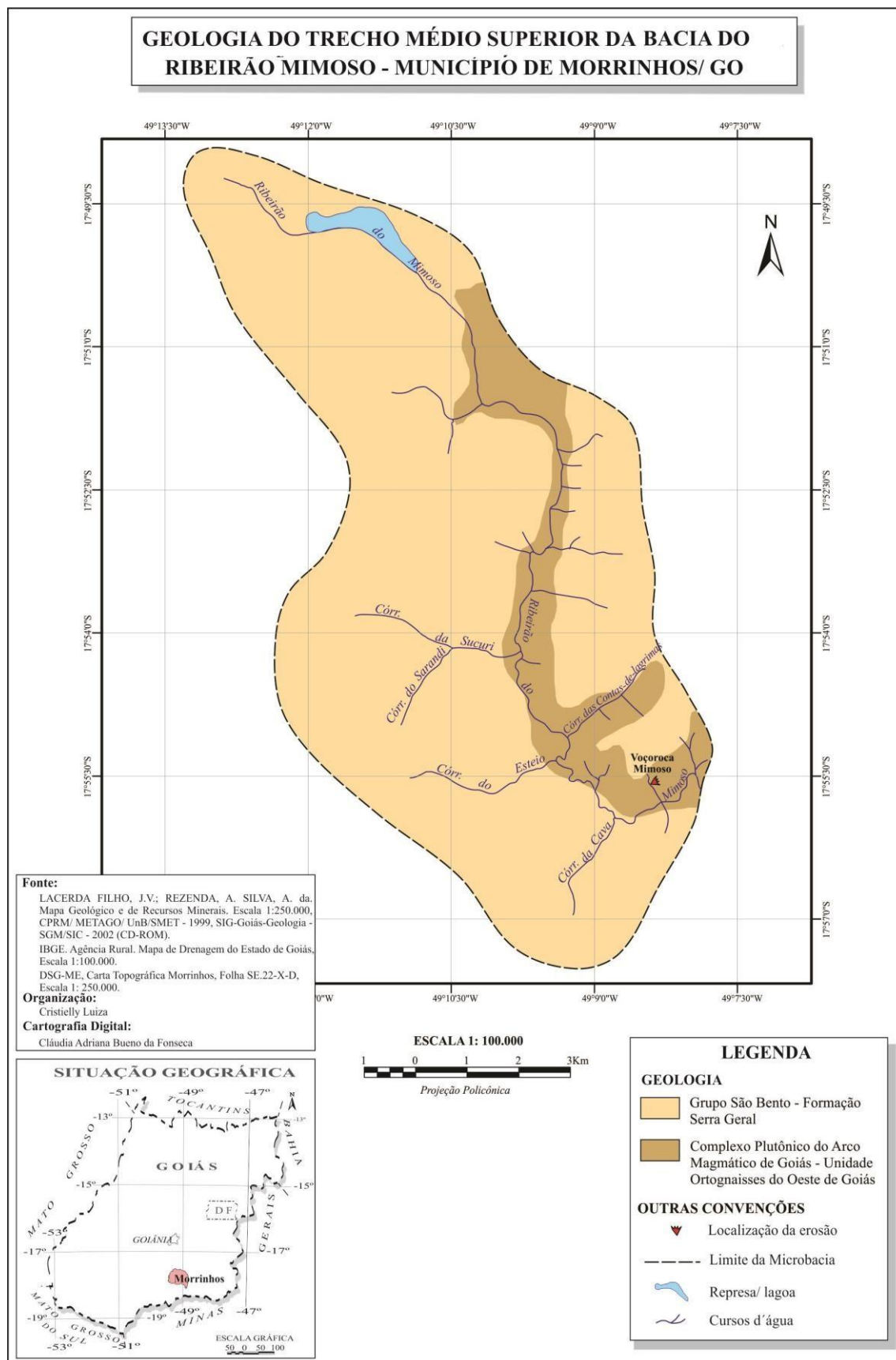
Compreende-se como Formação Serra Geral um espesso pacote de rochas vulcânicas que ocorre na bacia do Paraná, formado por uma extensa sucessão de derrames, que estende desde a borda norte em Goiás e Mato Grosso até outras regiões do território brasileiro (MOREIRA, et al. 2008)

Em menores extensões da bacia é encontrado o Complexo Plutônico do Arco Magmático de Goiás – Unidade Ortognaisses do Oeste de Goiás, aspecto geológico esse localizado próximo às margens e encostas dos córregos desta bacia, acompanhando todo o sentido do Ribeirão Mimoso e Córrego das Contas-de-Lágrimas.

O Arco Magmático de Goiás é representado por ortognaisses, com faixas de rochas metassedimentares e metavulcânicas, que são interpretadas como parte de crosta juvenil com assinatura geoquímica e isotópica de arcos magmáticos intraoceânicos a cordilheiranos, formados durante ciclo orogênico Brasileiro (PIMENTEL e FUCK 1991, 1992; PIMENTEL et al., 2000; VALERIANO et al., 2004).

A área em que se localiza a Voçoroca Mimoso encontra-se no Complexo Plutônico do Arco Magmático de Goiás – Unidade Ortognaisses do Oeste de Goiás. Entretanto, ocorrem basaltos da Formação Serra Geral, que não aparecem no mapa em função da escala adotada para mapeamento da formação geológica da região.

Figura 26. Geologia do trecho médio superior da bacia do ribeirão Mimoso



3.2.2.2 Compartimentação Geomorfológica da Bacia do Ribeirão Mimoso

Estudos voltados para análise da gênese à transformação das formas do relevo são importantes para compreender a dinâmica que ocorre em um ambiente ao longo do tempo e subsidiam no planejamento ambiental de uma região.

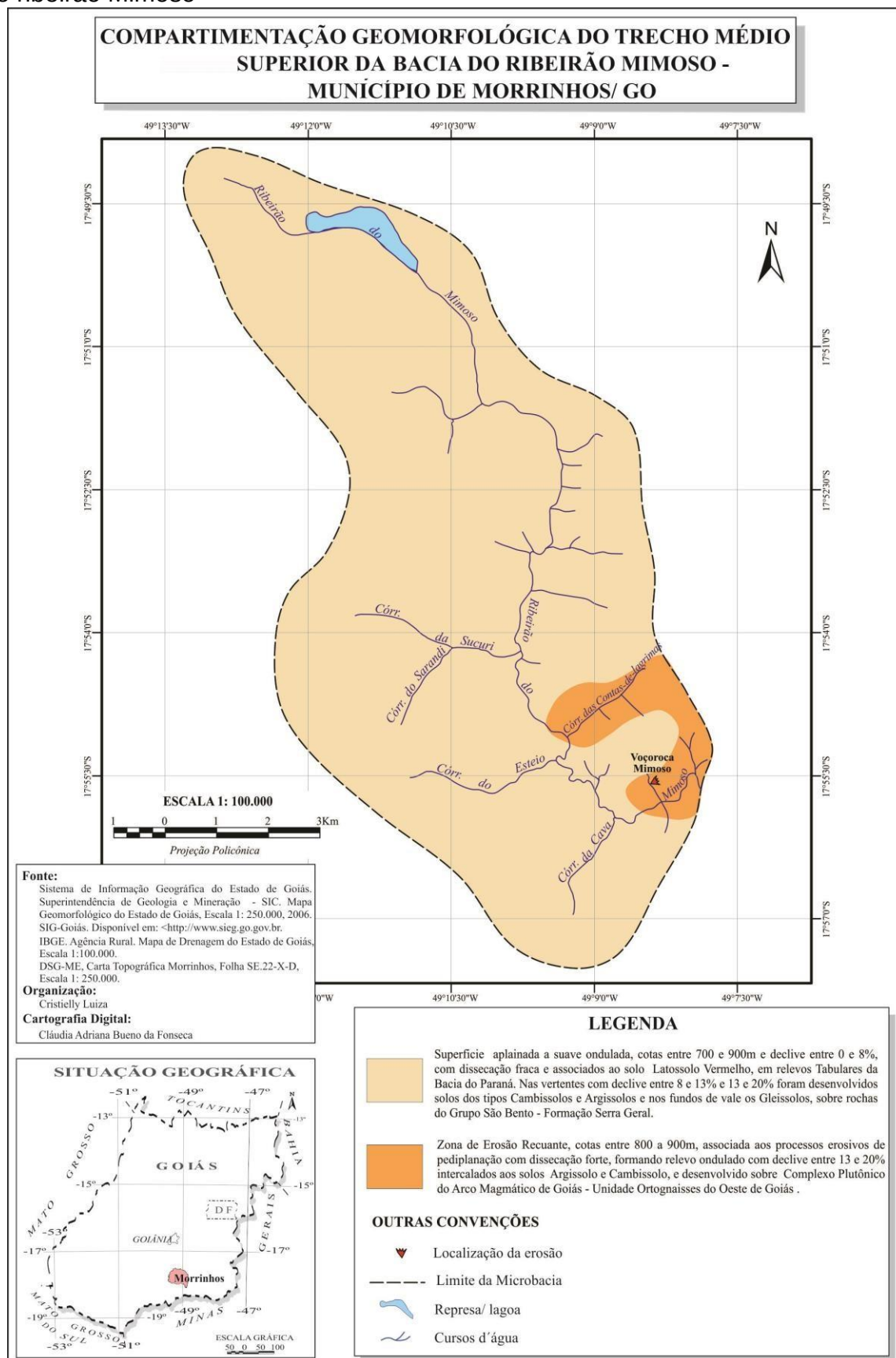
Nesse sentido, realizou-se o mapeamento da compartimentação Geomorfológica da bacia do ribeirão Mimoso, nessa área, predomina superfície aplainada, com base no ciclo de erosão Sul-Americano (King, 1956).

Nas bordas do relevo tabular existe a zona de erosão recuante. De acordo com Latrubesse et al. (2005), a Zona de Erosão Recuante (ZER), refere-se às áreas de erosão, como as escarpas erosivas e engolfamentos, em margens das superfícies regionais de aplainamento.

Nessa zona de erosão recuante, as cotas altimétricas variam de 800 m a 900 m, associadas ao processo de pediplanação com dissecação forte. Prepondera relevo ondulado com declividade entre 13 a 20%. Apresentam os Argissolos e Cambissolos desenvolvidos sobre Complexo Plutônico do Arco Magmático de Goiás, Unidade Ortognaisses do Oeste de Goiás.

É na Zona de Erosão Recuante, que está localizada a Voçoroca do Mimoso, em área com declividade elevada que associada ao tipo de uso atual, pastagem cultivada para criação intensiva de gado, conferem a área elevada suscetibilidade erosiva, contribuindo para a progressão da referida erosão (Figura 27).

Figura 27. Compartimentação Geomorfológica do trecho médio superior da bacia do ribeirão Mimoso



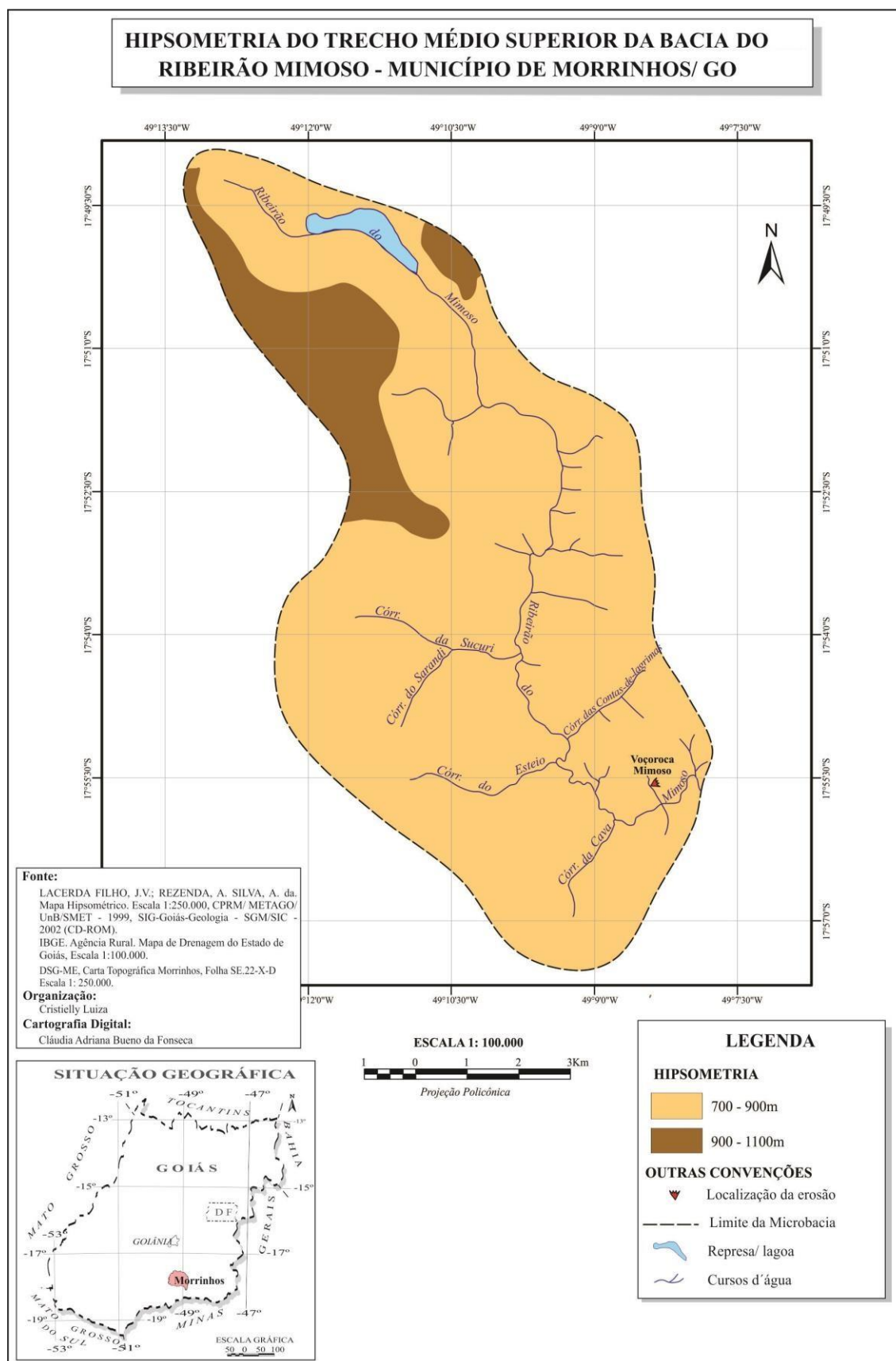
3.2.2.3 Hipsometria do trecho médio superior da bacia do Ribeirão Mimoso

A hipsometria refere-se à oscilação altimétrica de um determinado lugar. Na área da pesquisa, a altitude varia entre 700m a 1100m acima do nível do mar. Foram definidas duas classes de altitudes, a primeira entre 700 a 900m predominante na bacia, e a segunda entre 900 e 1100m ao Norte/Oeste da bacia do ribeirão Mimoso, em sua cabeceira (Figura 27).

A voçoroca investigada se encontra ao sul do mapa, na menor cota altimétrica, com declividade mais elevada, conectada a um curso de primeira ordem (antiga erosão geológica ou natural) afluente do ribeirão Mimoso. Neste trecho, o ribeirão recebe grande volume de sedimentos de montante devido aos tipos de usos atuais, representados por lavouras e pastagens.

Vale ressaltar, que os maiores níveis de altitude (900m - 1100m), no extremo Norte da bacia, nas proximidades de suas nascentes, o relevo é predominante plano, sendo ocupado por lavouras de sequeiro e irrigada.

Figura 28. Hipsometria do trecho médio superior da bacia do ribeirão Mimoso



3.2.2.4 Declividade do trecho médio superior da bacia do Ribeirão Mimoso

Neste trabalho, distinguiu-se seis (6) classes de declividades, sendo agrupadas em três (3) conjuntos baixa (0% – 8%), média (8% - 20%) e alta (superior a 20%) (Figura 29). Em mais de 72% do trecho médio superior da bacia do ribeirão Mimoso predomina declividade baixa de 0% a 3% (Tabela 4), portanto, prepondera área relativamente plana (Figura 30).

Secundariamente, a classe de 3% a 8% prevalece entre o topo e áreas que circundam os cursos d'água. Nas áreas mais rebaixadas da bacia, próximas aos córregos, ocorrem declividades mais acentuadas e com alterações bruscas, demonstrando a existência de rupturas de declive que podem favorecer a ocorrência de erosões. É comum valores entre 13% a 30% e pontos isolados com declividades acima dos 30%.

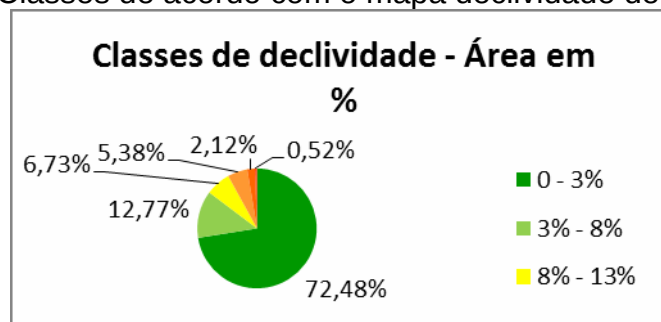
A Voçoroca do Mimoso está localizada em um trecho de declividade entre 20% a 30%. A sua cabeceira está próxima de uma forte ruptura de declive, momento que a vertente muda de retilínea para côncava, conferindo elevado risco de progressão dos mecanismos erosivos que atuam nessa incisão.

Tabela 4 - Declividade em Área (Km²).

Declividade	Área (Km²)	Área (%)
0 - 3%	63,54	72,48%
3% - 8%	11,19	12,77%
8% - 13%	5,90	6,73%
13% - 20%	4,72	5,38%
20% - 30%	1,86	2,12%
> 30%	0,45	0,52%
Área total da microbacia	87,66	100%

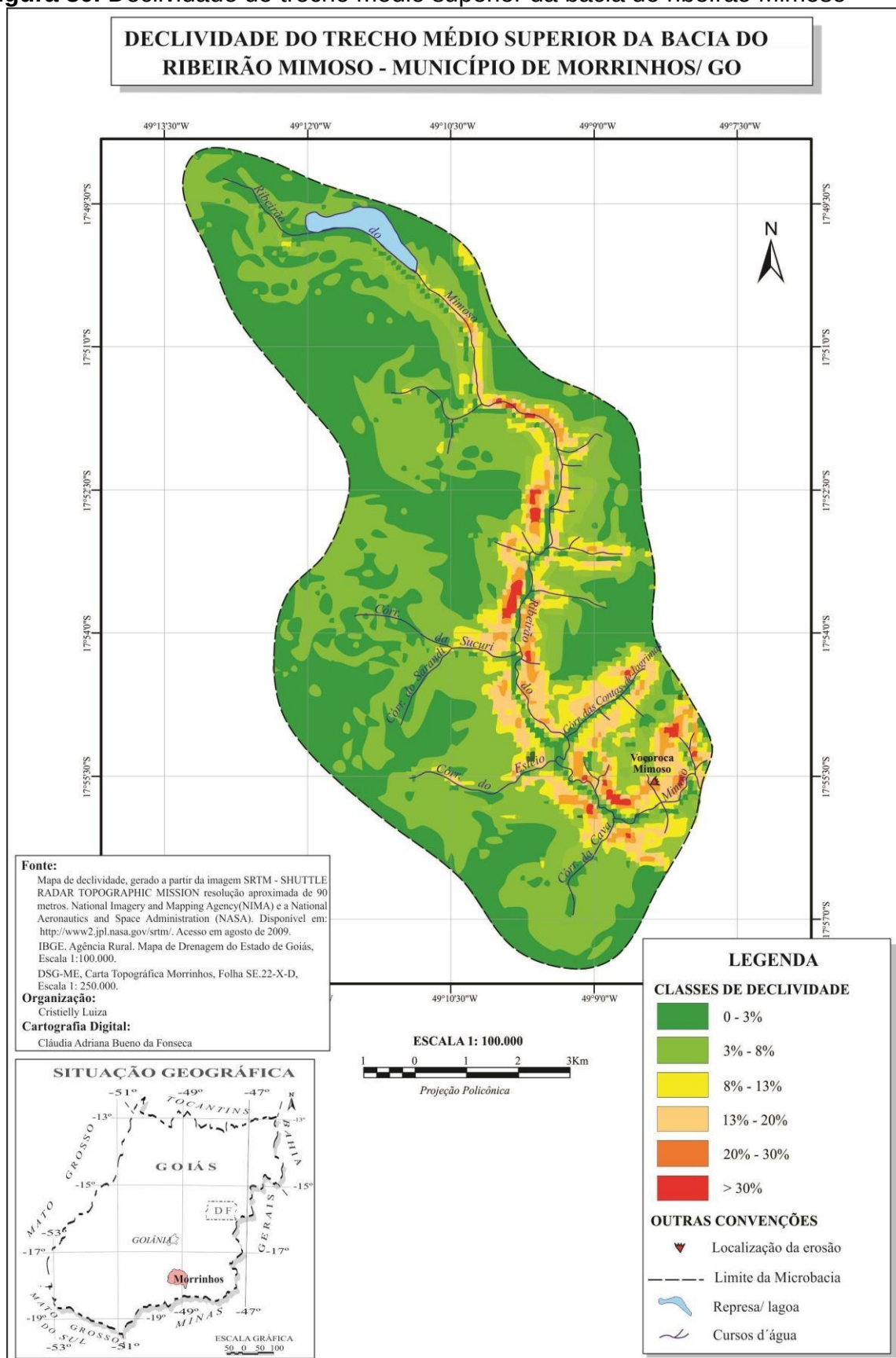
Fonte: *Calculate geometry*, tabela de atributos do software ArcGis 10.

Figura 29. Classes de acordo com o mapa declividade de área em %



Organização: SILVA, Cristielly Luiza (2016).

Figura 30. Declividade do trecho médio superior da bacia do ribeirão Mimoso



3.2.2.5 Tipos de solo do trecho médio superior da bacia do Ribeirão Mimoso

No trecho médio superior da bacia do ribeirão Mimoso, ocorre uma Superfície suave ondulada, com dissecação fraca e recoberta por Latossolos Vermelhos, em relevos tabulares da Bacia do Paraná (Figura 31).

Nas áreas mais movimentadas com declividade entre 8% e 13% e 13% e 20%, ocorrem solos fisicamente menos desenvolvidos como os Cambissolos e os Argissolos, nos trechos menos íngremes. Nos fundos de vales existem os Gleissolos ao longo da drenagem e em suas cabeceiras.

O solo que predomina na área investigada é o Latossolo Vermelho (Figura 33) sobre o relevo plano a suavemente ondulado, no topo de toda a região. Ocupa mais de 70% da bacia. Outro solo que se destaca na bacia é o Cambissolo, que ocorre associado às áreas com maiores declividades, normalmente nos residuais, junto aos afloramentos rochosos e rupturas de declives.

Entre as áreas com forte declividade e os cursos d'água, ocorre o Argissolo, localizado em uma faixa leste/sudeste da área de estudo. E por último, em menores porções próximo aos cursos d'água e em suas cabeceiras, existe o Gleissolo que é típico de ambientes com restrição de drenagem, relativamente rico em matéria orgânica.

A Voçoroca Mimoso ocupa uma área de domínio do Argissolo Vermelho em seu trecho médio/superior. Em seu contato com a erosão geológica, atualmente um curso d'água de primeira ordem, existia um Gleissolo, que foi totalmente desgastado pela dinâmica erosiva atual.

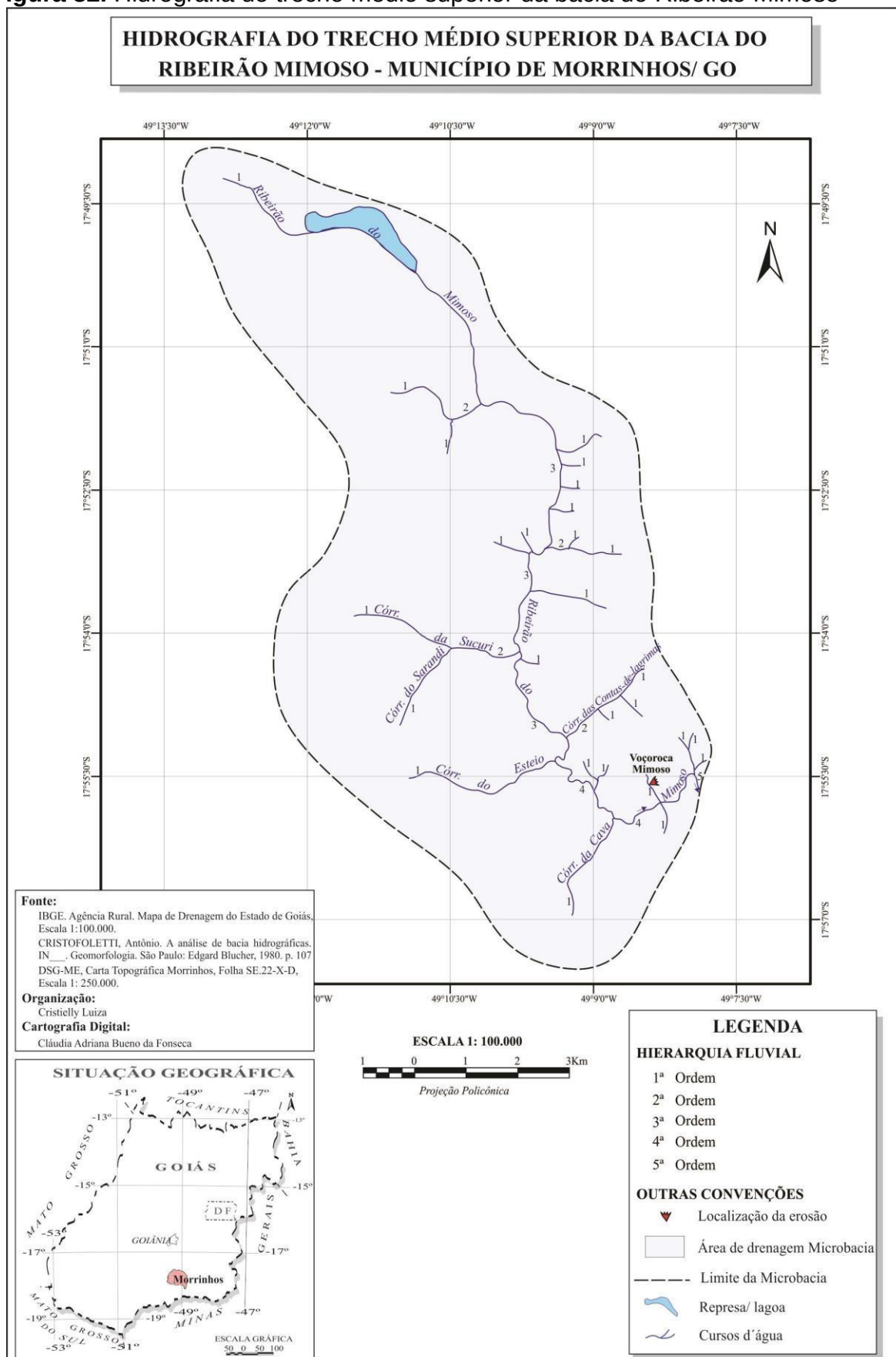
3.2.2.6 Hierarquização da rede de drenagem do trecho médio superior da bacia do Ribeirão Mimoso

A bacia hidrográfica do ribeirão do Mimoso possui como principais afluentes os seguintes córregos: Córrego da Sucuri, Córrego do Sarandi, Córrego do Esteio, Córrego da Cava, Córrego das Contas-de-Lágrimas e outros. A classificação da hierarquia fluvial varia de 1ª a 5ª ordem.

O Ribeirão Mimoso é um curso d'água de 5ª ordem na área selecionada para essa pesquisa (Figura 32). Possui padrão de drenagem paralelo-retangular e densidade de canais baixa a média.

A Voçoroca está na margem direita do referido ribeirão, conectada a um córrego de primeira ordem (antiga erosão geológica). Os sedimentos provenientes da erosão e áreas do entorno, contribuem para o assoreamento da drenagem regional, correspondente ao ribeirão Mimoso e rio Piracanjuba.

Figura 32. Hidrografia do trecho médio superior da bacia do Ribeirão Mimoso



3.2.3 Uso e ocupação do solo

O predomínio da topografia plana e de solos fisicamente bem desenvolvidos, como os Latossolos Vermelhos, favoreceram a implantação de lavouras de sequeiro de cana de açúcar, milho, soja e sorgo, as quais são irrigadas com utilização de pivô central de milho e tomate industrial, nessa área do município de Morrinhos.

Portanto, nessa bacia mais de 55 % da área é utilizada por atividades agrícolas (Tabela 5). Foram identificados oito pivôs centrais de médio e grande porte em sua porção Norte (Figura 33).

A pastagem ocupa mais de 23 % do total mapeada, portanto, menos da metade da área agrícola. As áreas com vegetação nativa e/ou de reserva legal e áreas de preservação permanente representam pouco mais de 13% da referida gleba, denominadas de Cerrado/Floresta. Quase 4,5% da bacia são irrigadas com pivô central. Por fim, pouco mais de 5% foi considerado como solo exposto, geralmente preparado para o cultivo de sequeiro.

Vale ressaltar, que as pastagens são utilizadas para criação de gado de corte e de leite, constituídas por *brachiária decumbens*. Estão concentradas em locais com maiores declividades e solos rasos. Da mesma forma, as áreas de Cerrado/Floresta ocupam as áreas com solos fisicamente pouco desenvolvidos, afloramento rochosos e margens dos cursos d'água da região. É comum espécies como aroeira, angico, gameleira, barriguda, bacupari, palmeira babaçu, dentre outras típicas deste ambiente.

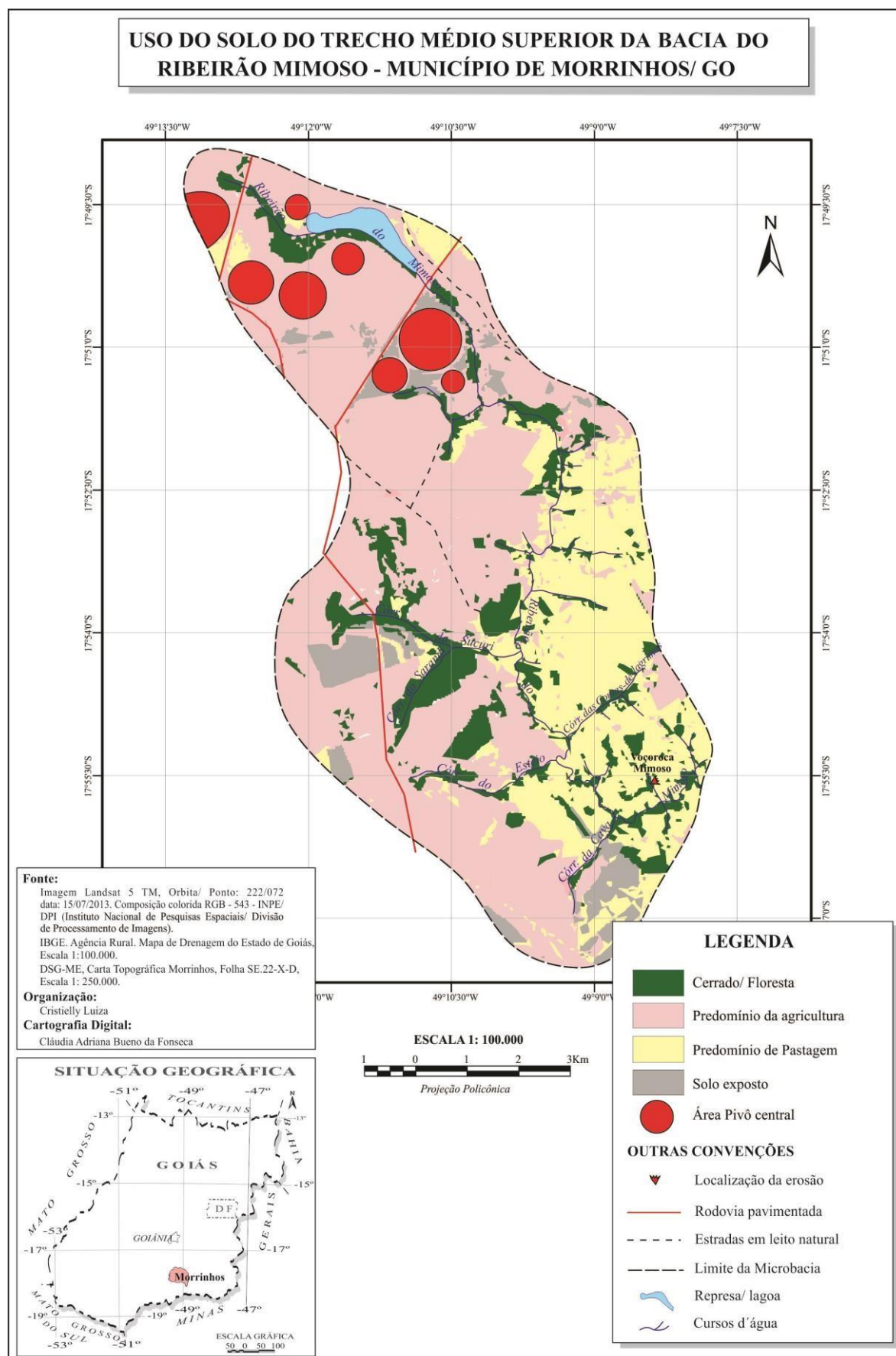
A Voçoroca Mimoso está instalada numa área de transição entre a Mata de Galeria e a Mata Seca. Esta última foi substituída para implantação da pastagem cultivada.

Tabela 5 – Porcentagem de uso do solo da área da Voçoroca Mimoso

Uso do solo	Área (Km ²)	Área (%)
Cerrado/ Floresta	11,43	13,04%
Predomínio da agricultura	48,30	55,10%
Predomínio de Pastagem	19,55	22,30%
Solo exposto	4,46	5,09%
Área Pivô central	3,92	4,47%
Área total da microbacia	87,66	100%

Fonte: *Calculate geometry*, tabela de atributos do software ArcGis 10.

Figura 33. Uso do solo do trecho médio superior da bacia do ribeirão Mimoso



3.2.4 Suscetibilidade erosiva

Foi realizado o mapeamento da suscetibilidade erosiva do trecho médio superior da Microbacia do ribeirão Mimoso, por meio do cruzamento dos dados de declividade, tipos de solos e uso e ocupação do solo, classificou-se a área em três estágios: baixo, médio e alta potencialidade erosiva (Figura 34).

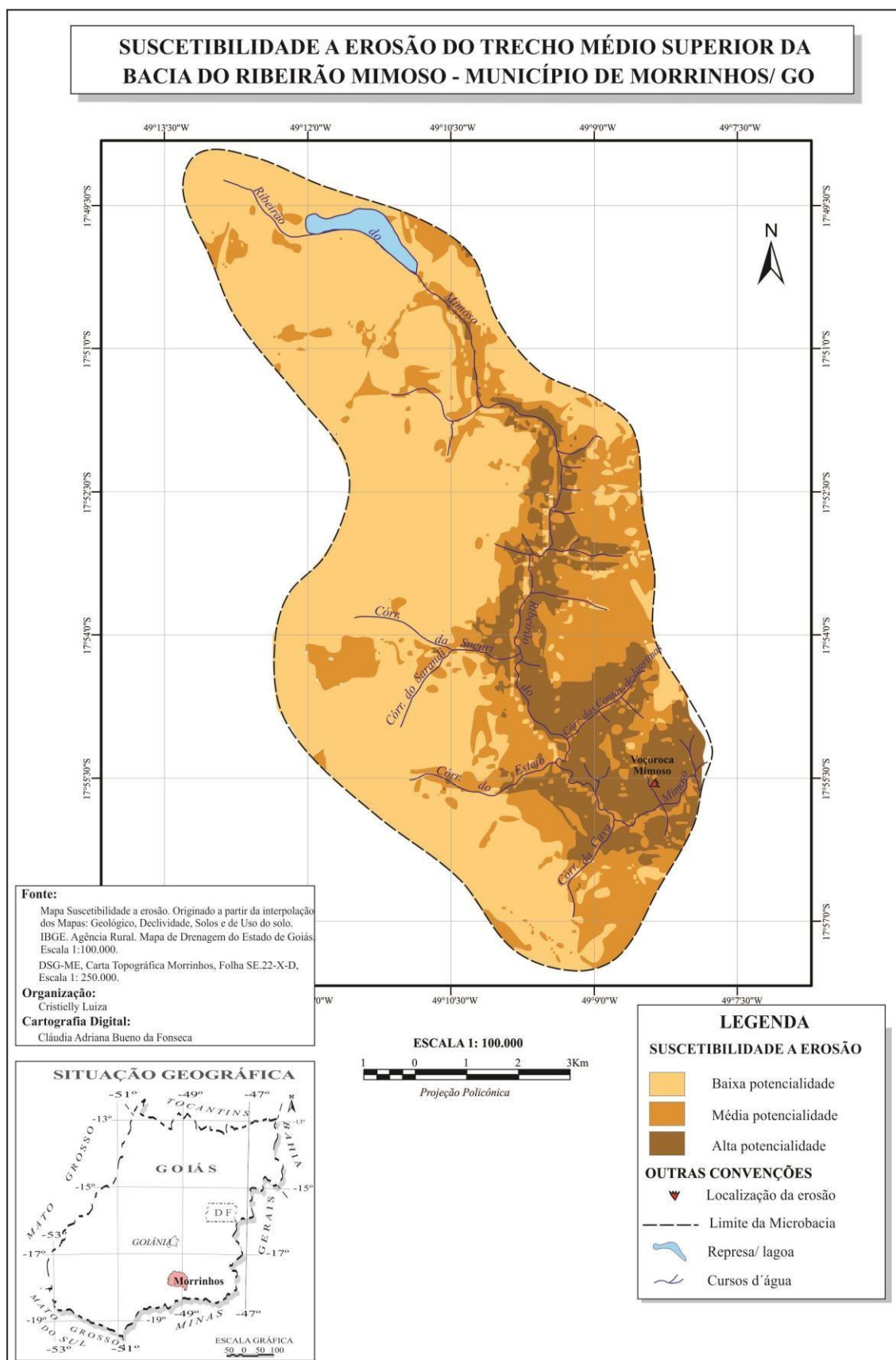
Em geral, a bacia apresenta baixa suscetibilidade, em mais de 58% da área. Na porção Leste, predomina média potencialidade erosiva (22,39%). No trecho médio inferior da área selecionada para o mapeamento, nas proximidades dos córregos e do próprio ribeirão Mimoso, predomina alta potencialidade erosiva (16,15%) (Tabela 6). É nesta última classe, que se localiza a voçoroca Mimoso, portanto, em área naturalmente suscetível aos impactos ambientais dessa natureza.

Tabela 6. Suscetibilidade a erosão – Voçoroca Mimoso

Susceptibilidade a Erosão	Área (Km²)	Área (%)
Baixa potencialidade	51,11	58,30
Média potencialidade	22,39	25,55
Alta potencialidade	14,16	16,15
Área total da microbacia	87,66	100%

Fonte: *Calculate geometry*, tabela de atributos do software ArcGis 10.

Figura 34. Suscetibilidade a erosão do trecho médio superior da bacia do ribeirão Mimoso



3.2.5 Ficha de Cadastro Voçoroca Mimoso

A ficha de cadastro foi realizada visando organizar as principais informações da voçoroca referentes às suas dimensões, características atuais, identificar os mecanismos erosivos que comandam a sua evolução, com o intuito de entender a problemática para elaboração de propostas de controle (Quadro 3).

Quadro 3. Ficha de Cadastro da Voçoroca Mimoso

FICHA DE CADASTRO DA EROSÃO	
1 – Identificação e localização da erosão Município: Morrinhos Estado: GO	
Descrição: Voçoroca Mimoso – área rural	Localização: Fazenda Mimoso – a 26 km da sede municipal
Acesso: GO 476 no sentido ao Instituto Federal Goiano, virando à esquerda em frente ao trevo do IF Goiano, mais 14 km de estrada vicinal, passando pela Fazenda Paraíso e Fazenda Jardim da Luz até à fazenda Mimoso, na margem direita do ribeirão homônimo.	
2 – Dados regionais	
Bacia Hidrográfica: Ribeirão Mimoso, ribeirão da Areia, rio Piracanjuba, rio Paranaíba, rio Paraná.	Geomorfologia: Planalto Central Brasileiro; Planalto Central Goiano e na subunidade: Planalto do Alto Tocantins Paranaíba.
Geologia: Formação Serra Geral, Grupo São Bento - Basaltos.	Pedologia: Latossolo Vermelho; Argissolo Vermelho, Cambissolo e Gleissolo.
3 – Características da bacia de contribuição	
A vertente é extensa, com forma retilínea no topo, passando para convexa no trecho médio e côncava na parte inferior. Na ruptura de declive entre o trecho médio e inferior, com declividade superior a 20%, a área apresenta elevada suscetibilidade erosiva e com indícios de desmatamento (Figura 37).	
Uso do Solo Pastagem cultivada com <i>brachiária decumbens</i> , para criação de gado de corte e de leite; espécies arbóreas da Mata Seca e Cerradão nos trechos médio e topo da encosta, e vegetação higrófila, ombrófila de Mata Galeria, na jusante. É comum espécies como aroeira, angico, gameleira, barriguda, bacupari, palmeira babaçu, dentre outras típicas deste ambiente. No interior da voçoroca existem bananeiras cultivadas pelo proprietário da fazenda, como tentativa de estabilização.	
Causas, condicionantes e atenuantes: Segundo depoimentos do proprietário da fazenda, cerca de 30 anos atrás, iniciou o processo erosivo conectado a uma grota, que evoluía durante os períodos chuvosos. Neste período a área foi desmatada para implantação de pastagem que associada à concentração do escoamento superficial nas trilhas de gado contribuíram para a progressão da erosão. Sendo assim, o surgimento da incisão erosiva tem sua gênese nas fraquezas ou nas fraturas e diaclases do basalto local, tem um formato linear e uma vertente com formas convexas e contornos côncavos, e declividade acentuada em área de pastagem acima de 15%. O relevo favorece a sua instalação. - O proprietário, na tentativa de conter a incisão erosiva plantou bananeira em seu interior.	
4 – Características da Voçoroca	

Descrição Geral:		
É uma erosão de grande porte. Extensão: 100m, largura média: 50m, profundidade média: 10 m, volume total: 226.560 m ³ (Figuras 43 e 44). Está conectada a um curso de primeira ordem e este é afluente do ribeirão Mimoso. Refere-se à reativação erosiva de uma erosão Geológica, a partir do desmatamento para implantação de pastagem em sua bacia de contribuição.		
Descrição Detalhada:		
Refere-se à reativação de uma erosão natural (Figura 38) induzida pela ação antrópica, apresenta bordas instáveis, com taludes íngremes. Possui formato linear que ao ser induzido por atividades humanas desenvolveu um eixo ou ramificação bulbiforme com elevada profundidade (Figura 42). Encontra-se com elevada instabilidade devido a grande extensão da vertente, da declividade superior a 20%, da pastagem cultivada e trilhas de gado que a circundam.		
5 – Avaliação das condições da evolução		
É comum, a ocorrência de desabamentos e/ou desmoronamento de seus taludes (Figura 40), durante o período chuvoso. Possui tendência de evolução lateral e remontante devido à forte inclinação de seus taludes, associada às trilhas de gado (Figura 41) que circundam a incisão e declividade acentuada que favorece o forte escoamento superficial. A vegetação existente no interior do processo erosivo indica que ocorre uma busca da estabilidade da área por meio do repovoamento espontâneo e auxiliado pela introdução de bananeiras em seu interior.		
6 – Principais Impactos		
- Assoreamento do Ribeirão Mimoso e drenagem regional (Figura 39); - Alargamento e progressão remontante; Queda de árvores no interior da erosão; - Risco de acidentes com pessoas e animais (gado e equinos); - Perda de solo local com redução gradativa da área de pastagem.		
7 – Sugestões de medidas preventivas e corretivas		
- Plantar espécies nativas de árvores dentro da voçoroca e em pontos mais distantes de sua borda para evitar o efeito alavanca; - Em seu interior indica-se também o cultivo de bambu para reter os sedimentos de montante e aumentar a sua estabilização. - Indica também, a construção de paliçadas transversais sucessivas no interior da voçoroca, com bambu, madeira ou blocos de rochas, para reter os sedimentos de montante.		
7.1 – Bacia de contribuição:		
- Promover o isolamento da área com cerca de arame; - Revegetar com espécies nativas típicas da região a área de contribuição para reduzir a velocidade do escoamento superficial que atinge a cabeceira e os taludes da voçoroca.		
8 – Disponibilidade de materiais de construção		
Nas proximidades existem madeiras, bambus, blocos de rochas para fazer paliçadas transversais ao escoamento no interior da erosão.		
9 – Identificação da ficha		
Referências: Sr. Jaime		Coord. EO: 49°13'30" – 49°7'30"W
Equipe: Alik Timoteo e Cristielly Luiza	Data: 05-01-2015	Coord. NS: 17°55'30" – 17°49'30"S

Fonte: adaptado do IPT,
1986.

Na área de contribuição da Voçoroca Mimoso, existem evidências de desmatamento recente e quedas de árvores por ação natural do vento que prejudicam a estabilidade da área, favorecendo a atuação dos processos erosivos.

Figura 35. Desmatamento próximo à erosão



Figura 36. Reativação erosiva de um processo natural.



Fonte: SILVA, jan/2015.

A Voçoroca Mimoso está conectada a um curso de primeira ordem, antiga erosão geológica ou natural, portanto, trata-se de reativação erosiva devido ao tipo de uso atual do solo, representado pelo desmatamento em área com declividade superior a 20% e implantação de pastagem cultivada. Seus taludes são circundados por trilhas de gado e atualmente apresentam elevada instabilidade demonstrando previsão de evolução.

Figura 37. Ribeirão Mimoso á jusante da erosão demonstrando assoreamento



Figura 38. Taludes com solo exposto à montante da erosão



Fonte: SILVA, jan/2015.

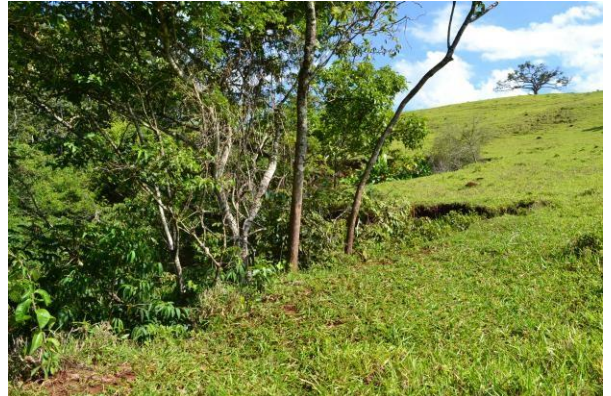
O Ribeirão Mimoso recebe sedimentos de toda a bacia e principalmente da erosão que está a menos de 1 km de seu leito, causando seu assoreamento.

A compactação do solo em função do pisoteio do gado na área de contribuição da erosão e as trilhas de gado contribuem para o aumento do escoamento superficial em direção as suas bordas.

Figura 39. Trilhas de gado à montante da erosão



Figura 40. Ramificação bulbiforme com incidência de avanço lateral.



Fonte: SILVA, jan/2015.

Figura 41. Comprimento de 101,24m da Voçoroca Mimoso

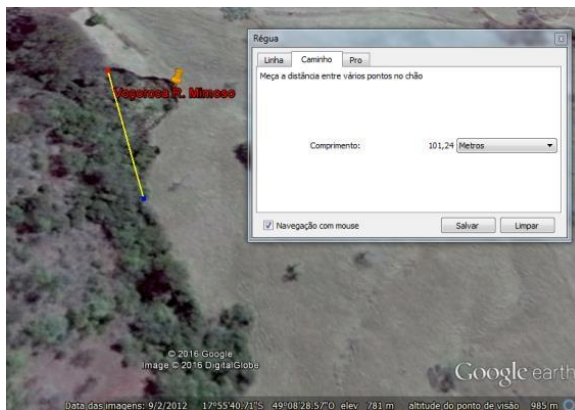
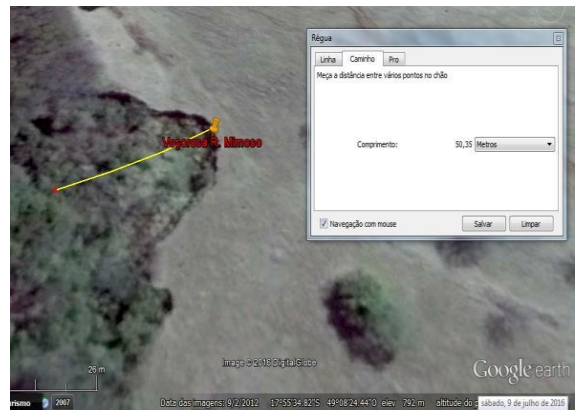


Figura 42. Largura de 50,35m da Voçoroca Mimoso



Fonte: Google Earth

3.3 Caracterização dos solos afetados pelas erosões

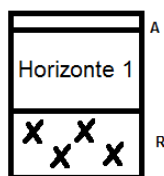
Foram realizadas análises de textura e química de rotina das amostras de solos deformadas no Laboratório Terra, em Goiânia, visando caracterizar as coberturas pedológicas afetadas pelas incisões erosivas selecionadas.

3.3.1 Descrição morfológica dos solos afetados pela Voçoroca da Vendinha

No primeiro ponto de coleta (P1) e descrição morfológica dos solos, foi encontrado apenas dois horizontes, no talude esquerdo, sendo um superficial e outro subsuperficial (Figura 43). Neste ponto, realizou-se apenas a coleta deste último horizonte (A2).

Horizonte subsuperficial, 0,31-300 cm, cinzento acastanhado claro (2,5Y6/2), franco argiloso arenoso, blocos sub angulares pequenos e médios, ligeiramente pegajoso, com poros esporádicos (pequenos, médios e grandes), muito coeso, consistência seca muito firme e molhada friável, transição clara.

Figura 43. Representação dos horizontes do Ponto 1 da Voçoroca Vendinha



Fonte: SILVA, julho/2016.

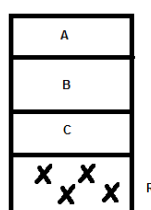
O segundo ponto de coleta (P2) foi realizado no talude direito da voçoroca. Neste foram encontrados três horizontes (A, B e C) (Figura 44). O horizonte superficial (A), 0-65 cm, relativamente pobre em matéria orgânica, cinza oliva verde claro (2,5Y6/2), franco argilo-arenoso, blocos angulares pequenos à médios, secundariamente microestrutura, muito coeso, consistência seca muito firme e molhada friável, ligeiramente pegajoso, com poros pequenos, médios e grandes (esporádicos), presença de dutos de cupins, transição clara.

O horizonte subjacente (B) do P2 é subsuperficial, 66-180 cm, amarelo acastanhado (10YR6/6), franco argilo-arenoso, blocos angulares pequenos e forte,

secundariamente microagregado, consistência seca ligeiramente firme e friável quando molhada, ligeiramente pegajoso, com poucos poros, coeso com transição clara.

O terceiro horizonte deste perfil (P2) foi denominado de C, 181-350 cm, amarelo (2.5Y7/8), franco areno-siltosa, estrutura não definida, não possui poros aparente, consistência seca solta e friável quando molhada, ligeiramente pegajoso, não coeso, transição clara.

Figura 44. Representação dos horizontes do Ponto 2 da Voçoroca da Vendinha

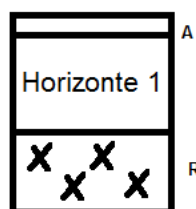


Fonte: SILVA, julho/2016.

No terceiro ponto de coleta (P3) da Voçoroca da Vendinha foi encontrado apenas um horizonte homogêneo, diretamente sobre o horizonte R (Figura 45). Espessura de 0-300 cm, marrom amarelado-claro (2.5 Y5/3), franco areno-argiloso, blocos angulares de pequenos a médios, ligeiramente coeso, consistência seca firme e molhada friável, poros milimétricos, ligeiramente pegajoso. (Tabela 7).

No banco de areia, na jusante, a erosão também foi realizada coleta de amostra de sedimentos e respectiva análise de textura e química de rotina (Figura 46).

Figura 45. Representação dos horizontes do Ponto 3 da Voçoroca da Vendinha



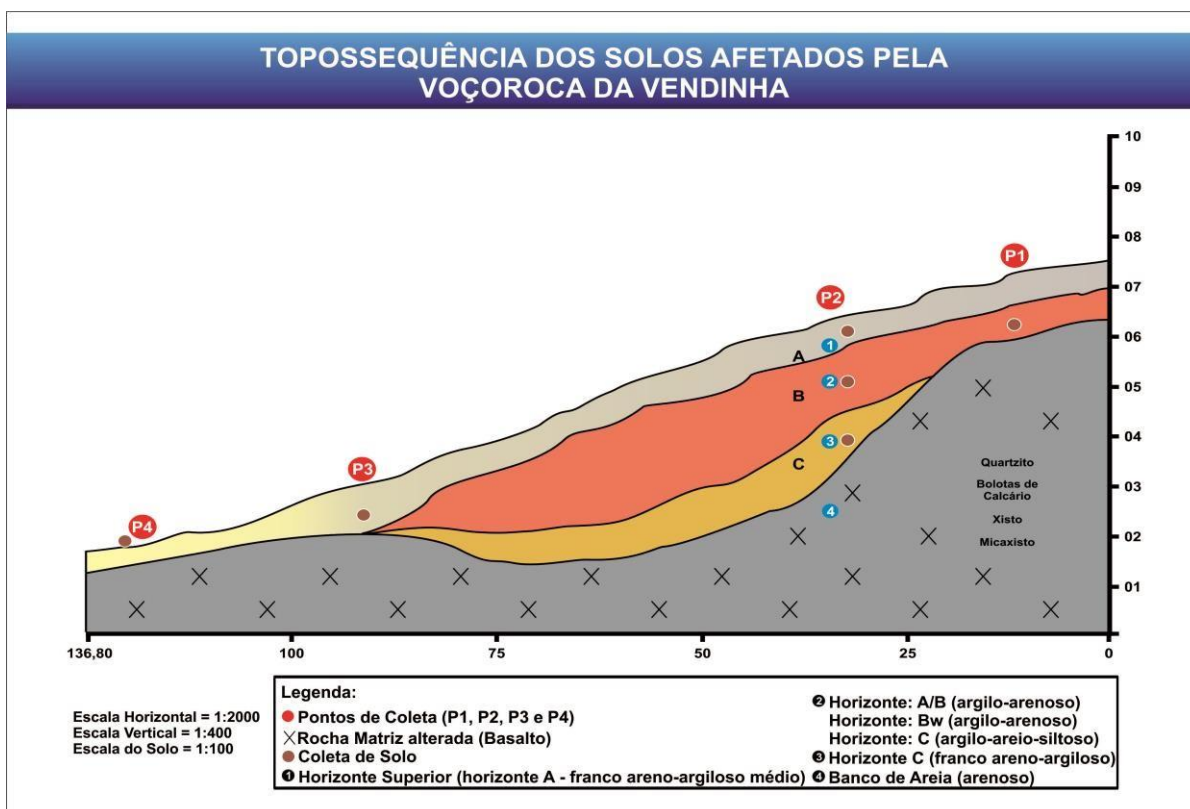
Fonte: SILVA, julho/2016.

Tabela 7. Síntese da descrição macromorfológica dos horizontes nos perfis da Voçoroca da Vendinha

PONTO/ HORIZONTE	PROF. (Cm)	COR	TRANSIÇÃO	TEXTURA	PEGAJOSIDADE	POROS	ESTRUTURA	COESÃO	CONSISTÊNCIA	CEROSIDADE	
P1/B	0 -36cm	2.5Y 6/2	Clara	Franco argiloso arenosa	Ligeiramente pegajoso	Esporádicos	Blocos sub angulares pequenos á médios	Muito coeso	SECO	MOLHADO	Não aparente
P2/A	0-65cm	2.5Y 6/2	Clara	Franco argilosa	Ligeiramente pegajoso	Esporádicos	Blocos angulares pequenos á médios e	Muito coeso	Muito firme	Friável	Não aparente
B	0,66-1,80cm	10YR 6/6	Clara	Franco argilosa		Poucos poros	Blocos angulares pequenos e forte;	Coeso	Ligeiramente firme	Friável	Não aparente
C	1,81-3,50cm	2.5Y 7/8	Clara	Franco arenoso	Pegajoso	Poucos poros	Sem estrutura definida	Não Coeso/solto	Friável	Solta	Não aparente
P3/B	0,31-3,0m	2.54Y 5/3	Sem transição	Franco Argilosa	Ligeiramente pegajoso	Pequenos	Blocos angulares	Ligeirament e coeso	Firme	Friável	Não aparente
P4	Banco de areia – a amostra não foi submetida ao exame morfológico do perfil em campo										

Fonte: SILVA, maio/2016.

Figura 46. Topossequência dos solos afetados pela Voçoroca da Vendinha



Fonte: SILVA, julho/2016.

3.3.2 Descrição da seleção dos pontos de coleta da voçoroca vendinha

A seleção dos pontos de coleta no perfil das erosões ocorreu em locais representativos com a finalidade de identificar, qualificar e quantificar as informações do maior número de horizontes possíveis de cada erosão.

Na Voçoroca da Vendinha foram realizadas coletas de solos em quatro pontos de seus taludes (Figura 47).

Figura 47. Pontos de coleta da Voçoroca da Vendinha



Fonte: SILVA, jan/2015.

3.3.3 Descrição morfológica dos pontos de coleta dos horizontes da Voçoroca Mimoso

Foram selecionados três pontos nos taludes da Voçoroca Mimoso para coleta de amostras deformadas e caracterização morfológica dos solos afetados pelos processos erosivos.

No ponto um (P1) (Figura 52), na cabeceira da voçoroca, o talude possui 655 cm de profundidade. Neste ponto, foram coletadas duas amostras, uma superficial (A) e a outra subsuperficial (Bt). Neste trecho, os horizontes apresentam rachaduras em direções variadas, com trincas de tração na superfície indicando previsão de evolução remontante.

O horizonte superficial (A), 0-36 cm, marrom/bruno escuro (7.5YR3/3), argiloso, blocos angulares e secundariamente micro agregado, consistência seca ligeiramente firme e friável quando molhada, pegajoso cascalhos esporádicos de 1-2 cm, calhaus e blocos de até 15 cm de diâmetro, nódulos e concreções minerais, presença abundante de raízes de *brachiaria decumbes*, poros biogênicos, não coeso, ligeiramente plástico, presença de aracnídeos, transição clara.

O horizonte subsuperficial (Bt), 37-134 cm, marrom/bruno (7.5YR4/4), argiloso, blocos angulares e secundariamente micro agregado, consistência seca ligeiramente firme e friável quando molhada, pegajoso cascalhos esporádicos de 1-2 cm, calhaus e blocos de até 15 cm de diâmetro, nódulos e concreções minerais, presença abundante de raízes de *brachiaria decumbes*,

poros biogênicos, não coeso, ligeiramente plástico, presença de aracnídeos, transição difusa/irregular.

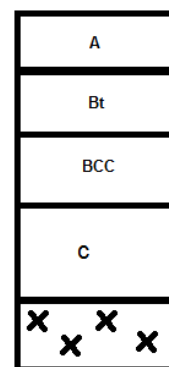
Subjacente a este, ocorre outro horizonte constituído por material rudáceo/coluvionar (Figura 48), com blocos arrestados e sub-arrestados fragmentados do basalto, com dimensões variando entre 7,5 cm de largura por 23 cm de comprimento e outros menores. Este horizonte está sotopondo o horizonte C, no caso, basalto fracamente alterado, com presença de decomposição esferoidal (acebolamento).

Figura 48. Material Coluvial à montante da erosão



Fonte: SILVA, junho/2016.

Figura 49. Ponto de coleta 1 – Voçoroca Mimoso



Nas margens da GO 419, cerca de 17 km da referida erosão é comum à decomposição esferoidal (acebolamento) do basalto da região (Figura 49), que comprova a borda do extravasamento magmático basáltico nessa área, indicando ligação com a característica geológica da Voçoroca Mimoso.

No ponto 2 (P2) foram coletadas três (3) (Figura 50) amostras em horizontes diferentes. O perfil tem aproximadamente 400 cm de profundidade.

O horizonte superficial (A), 0-50 cm, cinza avermelhado escuro (2.5YR3/1), argiloso, blocos angulares e subangulares pequenos e microestrutura, consistência seca ligeiramente firme e friável quando molhada, pegajoso, poros de 1 à 2mm (bioturbação), muitas fendas indicando previsão de desmoronamento, cerosidade envolvendo os agregados e raízes abundantes de gramínea brachiaria, não coeso, plástico, transição difusa.

O horizonte subsuperficial (Bt), 51-150 cm, vermelho escuro (2.5YR3/2), argiloso, blocos angulares e subangulares pequenos e microestrutura, consistência seca ligeiramente firme e friável quando molhada, pegajoso, poros

de 1 à 2mm, muitas fendas indicando previsão de desmoronamento, cerosidade envolvendo os agregados e poucas raízes *brachiaria decumbens*, não coeso, plástico, transição difusa.

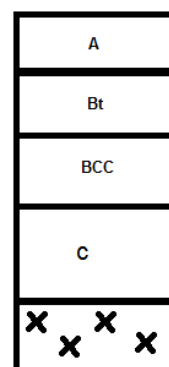
Abaixo deste horizonte ocorre o B/C (transição entre o Bt com o C subjacente), 151-400 cm, vermelho escuro (2.5YR3/2), argiloso, blocos angulares e subangulares pequenos, e consistência seca ligeiramente firme e friável quando molhada, pegajoso, não possui poros aparentes, muito coeso, ligeiramente plástico, transição difusa (Figura 51).

Figura 50. Acebolamento basáltico – GO 419 próximo da Voçoroca Mimoso



Fonte: SILVA, julho/2016.

Figura 51. Ponto de coleta 2 – Voçoroca Mimoso



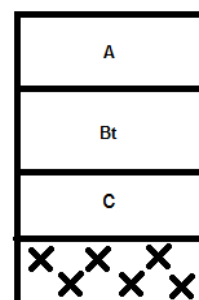
No P3 o talude da voçoroca possui 900 cm de profundidade. Neste ponto foram coletadas duas amostras, sendo uma amostra no horizonte A e a outra no horizonte Bt, ambas são mais compactados e resistentes à penetração de ferramentas pedológicas do que os horizontes à montante, predominando a textura muito argiloso (Figura 52).

Figura 52. P3 – Cilindro textura muito argiloso e plástico



Fonte: SILVA, julho/2016.

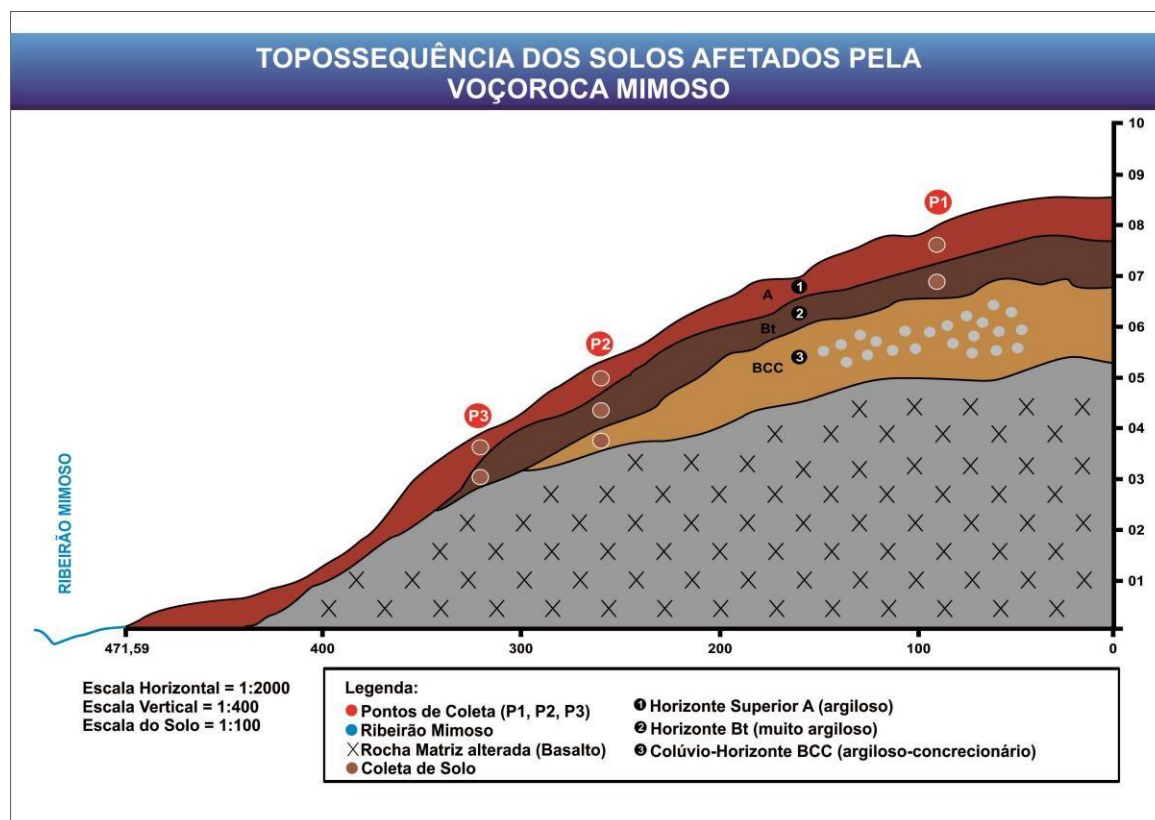
Figura 53. Ponto de coleta 3 – Voçoroca Mimoso



O ponto (P3) foi selecionado junto à jusante da erosão. O horizonte superficial possui 0-40 cm, bruno avermelhado escuro (2,5YR3/3), argiloso, blocos angulares e subangulares pequenos e microestrutura, consistência seca ligeiramente firme e friável quando molhada, pegajoso, poros pequenos, raízes abundantes de *brachiaria decumbens*, não coeso, plástico, transição difusa (Figura 53).

O horizonte subsuperficial (Bt), 41-361cm, bruno avermelhado escuro (2,5YR3/4), argiloso, blocos angulares e subangulares pequenos, consistência seca ligeiramente firme e friável quando molhada, ligeiramente pegajoso, poros pequenos, poucas raízes de *brachiaria decumbens*, não coeso, ligeiramente plástico, transição difusa (Figura 54)..

Neste trecho, a erosão apresenta vegetação secundária bem desenvolvida em seu interior, demonstrando evidências de busca do equilíbrio. Destacam algumas espécies como pimenta de macaco, aroeira, embaúba, ingá, peroba, aroeirinha e angico com maior número de indivíduos (Tabela 8).

Figura 54. Topossequência dos solos afetados pela Voçoroca Mimoso

Fonte: SILVA, julho/2016.

Tabela 8. Síntese da descrição macromorfológica dos horizontes nos perfis da Voçoroca Mimoso

PONTO/ HORIZONT E	PROF. (Cm)	COR	TRANSI ÇÃO	TEXTURA	PEGAJOSIDADE	POROS	ESTRUTURA	COESÃO	CONSISTÊNCIA	CEROSIDADE	
P1A	0-36cm	7.5YR 3/3	Difusa	Franco argilosa	Pegajoso	Microporos abundantes+ macroporos de 12 por 20mm	Blocos angulares e sub angulares pequenos	Não coeso	SECO	MOLHADO	Não aparente
P1B	37-1,34cm	7.5YR 4/4	Difusa	Muito argilosa	Ligeiramente Pegajoso	Abundantes de até 5mm	Blocos sub angulares pequenos e moderados	Não coeso	Dura	Friável	Não aparente
P2A	0-0,50cm	2.5YR 3/1	Difusa	Franco argilosa	Ligeiramente pegajoso	Microporos (1 á 2mm)	Blocos sub angulares médios	Não coeso	Firme	Friável	Presença envolvendo os agregados
P2Bt1	51-1,50cm	2.5YR 3/2	Clara	Muito argilosa	Pegajoso	Abundantes de 1mm á 2mm + fendas de ate 7cm de profundidade	Blocos angulares arredmdadps, sub arredondados pequenos forte	Não coeso	Firme	Muito friável	Não aparente
P2Bt2	1,51-4,0cm	2.5YR 3/2	Difusa	Muito argilosa	Muito pegajoso	Poros imperceptíveis	Blocos pequenos angulares e sub angulares forte	Ligeiramente coeso	Ligeiramente firme	Friável/solta	Não aparente
P3A	0-40cm	2.5YR 3/3	Difusa	Muito argilosa	Pegajoso	Microporos de 1 á 2mm	Blocos angulares/ médios	Mais coeso do que os pontos á montante	Muito firme	Friável	Não aparente
P3B	0,41-3,61cm	2.5YR 3/4	Difusa	Muito argilosa	Muito pegajoso	Pequencs de 1mm	Blocos angulares/médios	Ligeiramente Coeso	Firme	Friável	Não aparente

Fonte: SILVA, junho/2016.

3.3.4. Descrição da seleção dos pontos de coleta da voçoroca Mimoso

Enquanto que na voçoroca Mimoso foram realizadas coletas de amostras de solos em três pontos (Figura 55).

Figura 55. Pontos de coleta da Voçoroca Mimoso



Fonte: SILVA, jan/2015.

3.3.5 Análise físico-química dos solos afetados pela Voçoroca da Vendinha e Voçoroca Mimoso

Na Voçoroca da Vendinha foram realizadas seis (06) coletas de amostras deformadas de solo, para determinação da textura e química de rotina, sendo uma amostra no ponto P1 (0-80 cm), três (03) amostras no ponto P2 com profundidades de (0-65 cm), (0,66-180 cm) e (181-350 cm) respectivamente, uma amostra no ponto P3 (0,36-300 cm) e por fim uma sexta amostra no ponto P4 (0-150 cm).

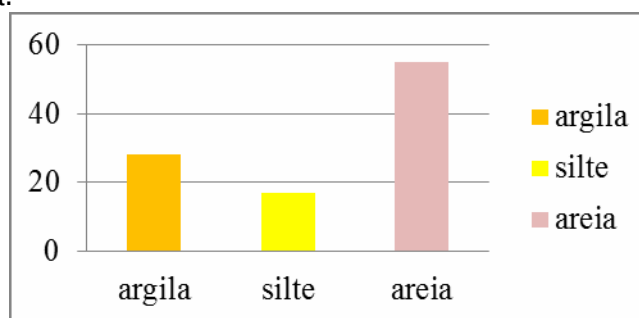
A análise da textura do solo dessa erosão permite constatar que predomina a fração areia (Tabela 9). A maioria das análises constatou o predomínio da classe textural franco: argilo arenosa, argilosa ou arenosa. No barramento na jusante da voçoroca predomina a classe areia proveniente do trecho à montante. Portanto, os solos são suscetíveis aos processos erosivos que aliados à declividade e tipos de usos patrocinam o desencadeamento e progressão destes impactos.

Tabela 9. Análise granulométrica (textura) da Voçoroca Vendinha

AMOSTRAS	ARGILA (%)	SILTE (%)	AREIA (%)	CLASSE TEXTURAL
P1 (0 – 80cm)	31	22	47	Franco argiloso arenosa
P2 (0 – 65cm)	37	19	44	Franco argilosa
P2 (0,66 – 180cm)	39	25	36	Franco argilosa
P2 (181 – 350cm)	17	16	67	Franco arenoso
P3 (0,36 – 300cm)	37	19	44	Franco Argilosa
P4 (0 – 150cm)	6	2	92	Areia
Média	28	17	55	

Organização: SILVA, Cristielly Luiza (2016).

Portanto, nos solos dessa erosão predomina partículas de areia. Sendo 55 % dessas frações (areia), seguida por 28% de argila e 17 % silte (Figura 56).

Figura 56. Concentração Média das frações do solo (areia, silte e argila) da Voçoroca da Vendinha.

Organização: SILVA, Cristielly Luiza (2016).

Solos com essas características possuem boa capacidade de infiltração, mas, são altamente suscetíveis ao desprendimento e transporte de suas partículas pelo escoamento superficial e subsuperficial, possibilitando a gênese de processos erosivos acelerados.

Quanto às características químicas a Voçoroca da Vendinha apresenta o pH variando entre 5.0 e 5.4, e média de 5.2 (Tabela 10). Portanto, valor considerado baixo e acidez média, típica de ambiente de Cerrado Stricto Sensu. Para ser utilizado em atividades agrícolas, deve ser corrigido para elevar o pH próximo de 7, considerado neutro.

Tabela 10. Análise química do solo – Voçoroca da Vendinha

	pH	Ca	Mg	H+Al	Al	K	P (Melich I)	Matéria Orgânica
Amostras	(CaCl ₂)	Cmolc/dm ³	Cmolc/dm ³	Cmolc/dm ³	Cmolc/dm ³	Cmolc/dm ³	Mg/dm ³	(%)
P1 (0 – 80cm)	5,0	3,4	0,5	1,6	0,0	0,2	4,0	1,0
P2 (0 – 65cm)	5,1	3,0	1,5	2,3	0,0	0,4	8,0	1,2
P2 (0,66 – 180cm)	5,4	3,3	0,7	1,7	0,0	0,2	3,0	0,7
P2 (181 – 350cm)	5,2	3,0	1,1	1,7	0,2	0,2	3,0	0,7
P3 (0,36 – 300cm)	5,5	5,3	0,8	2,2	0,0	0,2	4,0	1,0
P4 (0 – 150cm)	5,0	1,1	0,4	1,2	0,0	0,1	9,0	0,7
Média	5,2	3,2	0,8	1,8	0,0	0,2	5,2	0,9

Legenda: pH – potencial de hidrogênio; g/dm³ – gramas por decímetro cúbico (massa/volume); Cmolc/dm³ - Centímol por decímetro cúbico (massa/volume).
Organização: SILVA, Cristielly Luiza (2016).

Os valores médios de Ca de 3,18 cmolc/dm³ e Magnésio (Mg) de 0,833 cmolc/dm³ são considerados médios para atividades agrícolas. Essa quantidade de Ca encontrada pode estar associada às concentrações pontuais de calcário nas rochas subjacentes verificadas na voçoroca, porém, em toda a área predomina o pH baixo, ácido.

As análises químicas dos solos da erosão revelaram que a cobertura pedológica apresenta acidez média e baixos valores dos macronutrientes necessários ao desenvolvimento de plantas, Indicando a necessidade de se aplicar neutralizador de acidez e fertilizantes para disponibilizar nutrientes para as plantas e acelerar o aumento da densidade vegetal no interior e entorno da voçoroca .

Na Voçoroca Mimoso, foram realizadas sete (07) coletas de amostras deformadas de solos para determinação da textura e química de rotina, sendo duas amostras no ponto P1 (0-36cm) e (0,37-134cm), três (03) amostras no ponto P2 com profundidades de (0-50cm), (0,51-150cm) e (0,36-300cm) respectivamente e duas no ponto P3 (0-40 cm) e (0,41-361cm).

Com relação à análise granulométrica na Voçoroca Mimoso foi verificado que existe uma predominância da classe textural muito argilosa. Em todos os pontos de coleta houve predomínio da fração argila sobre as demais partículas do solo (Tabela 11).

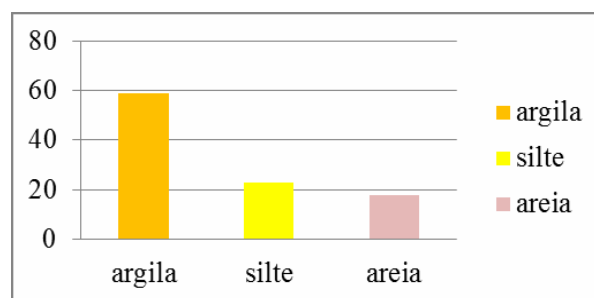
Tabela 11. Análise granulométrica (textura) da Voçoroca Mimoso.

AMOSTRAS	ARGILA (%)	SILTE (%)	AREIA (%)	CLASSE TEXTURAL
P1A (0 – 36cm)	37	23	40	FRANCO ARGILOSA
P1B (0,37 – 134cm)	68	22	10	MUITO ARGILOSA
P2A (0 – 50cm)	39	25	36	FRANCO ARGILOSA
P2Bt1 (51 – 150cm)	68	22	10	MUITO ARGILOSA
P2Bt2 (0,36 – 300cm)	68	22	10	MUITO ARGILOSA
P3 (0 – 40cm)	68	22	10	MUITO ARGILOSA
P3 (0,41 – 361cm)	68	22	10	MUITO ARGILOSA
Média	59	23	18	

Organização: SILVA, Cristielly Luiza (2016).

Os maiores níveis de argila na Voçoroca Mimoso foram verificados no P2 entre os 51-150 cm e 036-300 cm. Por conseguinte, os teores da fração argila, são superiores ao silte, que prepondera sobre as partículas de areia (Figura 57). Sendo assim, estes solos são naturalmente resistentes aos processos erosivos. A voçoroca investigada surgiu devido a outros fatores como declividade associada ao desmatamento para implantação da pastagem. A compactação do solo na bacia de contribuição e trilhas de gado que circundam a erosão são outros importantes fatores que patrocina a sua progressão.

Figura 57. Concentração Média das frações do solo (areia, silte e argila) da Voçoroca Mimoso



Organização: SILVA, Cristielly Luiza (2016).

O potencial de Hidrogênio (pH) serve para avaliar as condições de uma determinada amostra de solo em: ácido, neutro ou alcalino. A escala do pH varia entre 1 e 14, sendo 7 a neutralidade, abaixo de 7 a acidez e acima de 7 a alcalinidade.

Com relação às características químicas da Voçoroca Mimoso, cabe destacar que o valor médio do pH encontrado foi de 5,6. Variou pouco nos três pontos observados, ou seja, ficou em 5,3 (P1 e P3) a 5,8 (P2I e P3). Concentrações levemente superiores aos da Voçoroca da Vendinha (Tabela 12), contudo, mais próximo do pH neutro.

Tabela 12. – Análise química do solo – Voçoroca Mimoso

	pH	Ca	Mg	H+Al	Al	K	P (Melich I)	Matéria Orgânica
Amostras	(CaCl2)	Cmolc/dm ³	Cmolc/dm ³	Cmolc/dm ³	Cmolc/dm ³	Cmolc/dm ³	Mg/dm ³	(%)
P1A (0 – 36cm)	5,3	7,8	1,4	4,2	0,0	0,4	5,0	1,6
P1B (0,37 – 134cm)	5,5	7,2	1,8	2,6	0,0	0,2	4,0	1,0
P2A (0 – 50cm)	5,4	7,1	1,0	1,9	0,0	0,3	4,0	2,0
P2Bt1 (51 – 150cm)	5,7	5,8	0,8	1,4	0,0	0,1	5,0	1,2
P2Bt2 (0,36 – 300cm)	5,8	4,7	1,2	2,4	0,0	0,2	4,0	0,7
P3 (0 – 40cm)	5,6	7,2	0,7	1,7	0,0	0,1	4,0	1,2
P3 (0,41 – 361cm)	5,8	7,1	0,5	1,2	0,0	0,1	4,0	1,0
Média	5,59	6,70	1,06	2,20	0,00	0,21	4,29	1,24

Legenda:

pH – potencial de hidrogênio;

g/dm³ – gramas por decímetro cúbico (massa/volume);

Cmolc/dm³ - Centimol por decímetro cúbico(massa/volume)

Organização: SILVA, Cristielly Luiza 2016).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Morrinhos possui muitas erosões de grande porte que empobrecem os solos e reduz as áreas de cultivo e pastagem, causando prejuízos ambientais e sociais. As voçorocas, objeto dessa investigação científica, são representativas dos referidos impactos ambientais, que carecem de mais pesquisas para a obtenção do diagnóstico adequado, visando a sua estabilização.

Nas incisões erosivas pesquisadas foi possível identificar as causas de sua gênese, dos mecanismos erosivos atuantes e da dinâmica atual. Foram observados movimentos de massa associados ao solapamento da base de taludes, ao desprendimento de material ao longo de fendas de tração, indicando previsão de evolução, necessitando portanto, de intervenções para a sua devida estabilização.

A pastagem cultivada é a atividade que predomina nas bacias de contribuição tanto na Voçoroca da Vendinha, como na voçoroca Mimoso. O gado compacta o solo e cria trilhas que se transformam em canais concentradores de água, em direção aos focos erosivos. Estas trilhas se transformam em sulcos, que podem evoluir para ravinas e até voçorocas, podendo piorar o quadro atual de perdas de solos das áreas estudadas.

No caso da Voçoroca da Vendinha tem como agravante o lançamento de águas da estrada vicinal em sangras d'água, na direção da voçoroca, potencializando a sua progressão.

A análise da textura das duas erosões permite concluir, que na Voçoroca da Vendinha prepondera texturas Franco Argilosa e Arenosa, enquanto que na Voçoroca do ribeirão Mimoso tem predominância das classes texturais Franco Argilosa e Muito Argilosa. Sendo assim, com relação a essas características a Voçoroca da Vendinha tende a evoluir mais rapidamente do que a Voçoroca do ribeirão do Mimoso.

Por outro lado, com relação às características químicas, os solos da Voçoroca Mimoso, ainda que com baixos valores, apresentou maior disponibilidade de nutrientes para as plantas. Por isso, essa segunda erosão possui maior facilidade de repovoamento induzido, com leves correções químicas

do solo ou até sem correção. Fato mais difícil de ocorrer no caso da primeira erosão.

As duas erosões estão ativas e/ou muito instáveis, necessitando de práticas de intervenções adequadas para a sua devida estabilização. Técnicas como o isolamento da área, implantação de paliçadas, construção de bacias de infiltração para reter a água do escoamento da pista de rolamento da estrada vicinal, revegetação com plantas nativas e exóticas para a estabilização devem ser implantadas para conter o aumento das referidas erosões.

É importante também, atividades de educação ambiental voltadas para a conscientização dos produtores rurais, gestores públicos e da sociedade em geral, visando valorizar os recursos naturais e evitar estes tipos de impactos ambientais e outros decorrentes

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. **Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário.** Geomorfologia, São Paulo: USP, n.19, p.1-23, 1969.

ALCÂNTARA, F. A.; MADEIRA, N. R.; **Manejo do solo no sistema de produção orgânico de hortaliças** – Embrapa hortaliças – Circular Técnica, Brasília (DF), 2008.

ARAUJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de áreas degradadas.** – 11ªed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

ARRIEL, M. F. **Morrinhos - qualidade de vida e economia competitiva.** Ranking dos municípios 2005, p. 95-101.

BARBALHO, M. G. S. **Morfopedologia aplicada ao diagnóstico e diretrizes para o controle dos processos erosivos lineares na alta bacia do rio Araguaia (GO/MT).** UFG – IESA (Instituto de Estudos Sócio-Ambientais) Mestrado em Geografia, Goiânia, 2002.

BARBOSA, O. **Geologia econômica e aplicada a uma parte do Planalto Central Brasileiro.** Goiânia:DNPM/PROSPEC, 1963. 70p.

BARBOSA, R. S. **Análise da susceptibilidade e da potencialidade à erosão laminar da bacia hidrográfica do riacho Açaizal em Senador La Rocque - MA.** Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.1471. Disponível em:<<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0462.pdf>> Acesso em: 28/06/2016.

BERNARDO DA SILVA, J. **Avaliação da perda de solo por fluxo superficial utilizando parcelas experimentais:** estudo de caso na bacia hidrográfica do Córrego do Glória em Uberlândia-MG. Universidade Federal de Uberlândia, 2006.

BERTONI, J. NETO, F. L. **Conservação do solo.** Editora Ltda, São Paulo, SP. 1999.

BERTONI, J.; NETO, F. L. **Conservação do solo.** – São Paulo: Ícone, 2005 – 5ªedição.

BEZERRA DE MENEZES, J.; BEZERRA DE ARAÚJO, M. S.; GALVÍNIO, J. D.;SAMPAIO, E. V. S. B.; CORRÊA, A. C. B. (Orgs.). **Índice de vulnerabilidade à erosão para uma bacia na mesorregião do São Francisco Pernambuco, a partir das relações entre morfogênese e pedogênese.** Revista Brasileira de Geomorfologia – Ano 8, nº2, 2007.

BORK, H. R. Soil Erosion During the 20th Century Examples from South Africa, the Americas, China and Europe. In: LI, Y; POESEN, J; VALENTIM, C. **Gully erosion under global chance.** Institute of Agricultural Environment and Sustainable Development, Chinese of Agricultural Sciences (CAAS), 2004.

BRADY. N. C; WEIL. R. R; **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Bookman Companhia Editora Ltda, Grupo A, Copyright. Porto Alegre, 2013.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria – Geral, **Projeto Radam Brasil**. Folha SD.22 Goiás; geologia; geomorfologia; pedologia; vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1981.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988.

BRASÍLIA-DF. República Federativa do Brasil. **Lei nº9.795, de 27 de Abril de 1999 que dispõe sobre educação ambiental**, institui a Política Nacional de Educação Ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/secad/arquivos/pdf/educacaoambiental/lei9795.pdf>. Acesso em 11 jan. 2016.

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 8ed. São Paulo, SP: Ícone, 2010.

CAMAPUM DE CARVALHO, J; Melo, M. T. S; A Erosão à Luz da Legislação Ambiental; In: CAMAPUM DE CARVALHO. J; SALES, M. M.; SOUZA, N. M.; MELO, M.T. S. (Orgs.). **Processos Erosivos no Centro – Oeste Brasileiro**. – Brasília: Universidade de Brasília: FINATEC, 2006, Cap. 1, p. 1 – 36.

CAMAPUM DE CARVALHO, J. SALES, M. M; MORTARI, D; FÁZIO, J. A; MOTTA, M. O; FRANCISCO, R. A.; Processos Erosivos; In: CAMAPUM DE CARVALHO. J; SALES, M. M.; SOUZA, N. M.; MELO, M. T. S. (Orgs.). **Processos Erosivos no Centro – Oeste Brasileiro**. – Brasília: Universidade de Brasília: FINATEC, 2006, Cap. 2, p. 39 – 88.

CASSETI. V; **Elementos de Geomorfologia**. Goiânia: editora da UFG (Universidade Federal de Goiás), 1994.

CASSETI. V; **Geomorfologia**. [S.l]: [2005]. Disponível em:<<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 16 de novembro de 2015.

CASTRO. S. S; XAVIER. L. S. **Plano de Controle da Erosão Linear da área de abrangência das nascentes dos rios Araguaia e Araguinha – GO e MT**. Universidade Federal de Goiás, Goiânia – GO, 2004. Disponível em: <http://www.labogeo.iesa.ufg.br>. Acesso em: 26 jan 2016.

CEMIG – COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS – **Erosão e formas de controle**. Belo Horizonte, 2001.

CEPA-SC (Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina). Análise comparativa do plantio direto frente, ao sistema convencional de **manejo do solo em sistemas de produção de lavouras em Santa Catarina**, 1999. Disponível em: <http://www.labogeo.iesa.ufg> . Acesso em 27 jan 2016.

CHAGAS, C. da S. et al. **Atributos topográficos na diferenciação de Argissolos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1441-1453, 2013.

CHRISTOFOLETTI. A; **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

CHRISTOFOLETTI. A; Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: GUERRA. A. J. T; CUNHA. S. B; **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 8ªed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

COLLISCHON. W; TASSI. R; **Introduzindo Hidrologia**. 5ª Ed. Da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 2008.

CORRÊA. R. L; **O espaço urbano**. São Paulo: Ática, 1989.

CUNHA. S. B; GUERRA. A. J. T; **Geomorfologia do Brasil**. 2ªed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

DIAS, R. D; **Proposta de metodologia de definição de carta geotécnica básica em regiões tropicais e subtropicais**. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Ver. IG. São Paulo, Volume Especial, 1995.

DINIZ. N. C; Avaliação de Terrenos quanto à Suscetibilidade à Erosão; In: CAMAPUM DE CARVALHO. J; SALES, M. M.; SOUZA, N. M.; MELO, M. T. S. (Orgs.). **Processos Erosivos no Centro – Oeste Brasileiro**. – Brasília: Universidade de Brasília: FINATEC, 2006, Cap. 6, p. 221 – 247.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, Rio de Janeiro: Embrapa solos, p. 412. 1999.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ªedição. Rio de Janeiro: EMBRAPA – SPI, 2006.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro:Embrapa Solos, 2006.

EMBRAPA - **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Editores Técnicos, Humberto Gonçalves dos Santos et al.. Rio de Janeiro – RJ. Embrapa Solos. 3 edição, p.353. 2006.

FERREIRA. J. L. F; **Análise de estabilidade de taludes pelos métodos de Janbu e Spencer**. Departamento de Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto. Portugal, 2012.

FIGUEIREDO. J; CALS. C; BARBALHO. A. R; **Projeto Radam Brasil** – Folha SD. 22 Goiás, Volume 25. Levantamento de Recursos Naturais. Ministério das Minas e Energia. Rio de Janeiro, 1981.

FONSECA, A. C; Cap.5 – Geoquímica dos solos. (org.) In: Guerra *et. al*, **Erosão e Conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 8ªedição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

FURLANI. G. M; **O Município de Casa Branca**. Casa Branca – São Paulo. Impressos São Sebastião Editorba e Gráfica Ltda., 2003.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação** 2. ed. Brasília, DF:Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

FLORENZANO. T. G; **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GALETI. P. A; **Conservação do solo**; Reflorestamento; Clima. 2ªedição, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, Campinas – São Paulo, 1973.

GODOIS, J. V. S; **Estudo do comportamento de um escorregamento ativo na Serra da Cantareira – SP**. Universidade de São Paulo – Escola Politécnica. São Paulo, 2011.

GUERRA, A. J. T. **Processos erosivos nas encostas**. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos. 7ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 149-210. 2007.

GUERRA. A. J. T; Processos Erosivos nas encostas. In: GUERRA. A. J. T; CUNHA. S. B; **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 8ªed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

GUERRA. A. T; GUERRA. A. J. T; **Novo dicionário geológico – geomorfológico**. 9ªed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

GUERRA. A. J. T; CUNHA. S. B; **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 11ªed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

GUERRA. A. J. T; O início do processo erosivo. In: GUERRA. A. J. T; SILVA. A. S; BOTELHO. R. G. M. (Orgs). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. – 8ªed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, Cap. 1 – p. 17-50, 2012.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/> Acesso em: 01/02/2016.

KERTZMAN. F. F; OLIVEIRA. A. M. S; SALOMÃO. F. X. T; GOUVEIA. M. I. F; **Mapa de Erosão do Estado de São Paulo**. Revista IG. São Paulo, Volume Especial (31- 35). São Paulo, 1995

KING, L. **A geomorfologia do Brasil oriental**. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro: IBGE. v. 2, n. 18, p. 147-265, 1956.

LANZA, D. A.; LACERDA, F. S. B; **Mapeamento, caracterização e correlação de superfícies de aplainamento no leste de Goiás, norte de Minas Gerais e oeste da Bahia**. In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0833.pdf> Acesso em: 03/02/2016

LATRUBESSE, E.M.; CARVALHO, T.M.; STEVAUX, J.C.; MOREIRA, O.L.M.; RODRIGUES, P.A. (2005) **Mapa Geomorfológico de Goiás e Distrito Federal**. In: IX Simpósio de Geologia do Centro-Oeste, Goiânia, p. 97.

LEPSCH, I. F; **Formação e Conservação dos solos**. 2ªed. – São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

MENDONÇA, F. de A. **O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno: proposição metodológica para o estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR**. 1995. 381 p. Tese (Doutorado em Geografia) - USP-SP, São Paulo. 1995. Disponível em:< <https://docs.google.com/file/d/0Bxpb4dPwCfbJbJhPSFUxOWZ4eE0/edit?usp=sharing>>. Acesso em: 22/06/2016.

MOREIRA, Maria Luiza Osório; Moreton, Luiz Calos; ARAÚJO, Vantederlei Antônio de Filho; LACERDA, Joffre Valmório de; COSTA, Heitor Faria da. **Geologia do estado de Goiás e Distrito Federal**. Escala 1:500.000. Goiânia: CPRM/SIC- FUNMINERAL, 2008.

MARTINI, L. C. P; UBERTI, A. A. A; SCHEIBE, L.F; CAMIN, J. J; TEIXEIRA DE OLIVEIRA, M. A; **Avaliação da susceptibilidade a Processos Erosivos e Movimentos de Massa: decisão multicriterial suportada em sistemas de informações geográficas**. Revista do Instituto de Geociências – USP, Geol. USP Sér. Cient. São Paulo, v.6, n.1, p.41 – 52, julho 2006.

MARTINS, E. O; SOUZA, N. M; SALES, M. M; NASCIMENTO, M. A. L. S; OLIVEIRA, M. F. M. Cadastro de Erosões; In: CAMAPUM DE CARVALHO, J; SALES, M. M.; SOUZA, N. M.; MELO, M. T. S. (Orgs.). **Processos Erosivos no Centro – Oeste Brasileiro**. – Brasília: Universidade de Brasília: FINATEC, 2006, Cap. 5, p. 193 – 218.

MELO, N. A. de.; LIMA FILHO, M. F; **Expansão urbana sobre ambientes naturais: o caso da bacia hidrográfica do Rio Cuia-PB**. VI Congresso dos Geógrafos Brasileiros/Eixo5. 2004

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Conjuntos de normas legais: recursos hídricos**. 8ªed. Brasília, 2014.

NETTO, A. L. C; Hidrologia de encosta na interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B; **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 8ªed – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

NAVARRO, G. R. B. **Geologia da região Pontalina (GO)**. Tese de Doutorado em Geociências (Programa de Pós-Graduação Geociências – Área de concentração em Geologia Regional). Rio Claro (SP). 2006. p. 189

OLIVEIRA. M. A. T; Processos Erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA. A. T; Degradação dos solos. In: Guerra. A. J. T; Jorge. M. C. O; **Degradação dos solos no Brasil**. – 1.ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, Cap. 2 – p. 55-101, 2014.

OLIVEIRA. M. A. T; Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA. A. J. T; SILVA. A. S; BOTELHO. R. G. M (Orgs). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. – 8ªed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, Cap. 2 – p. 57-94, 2012.

OLIVEIRA. A. G; SOUSA. A. T; Especificidades das precipitações pluviométricas na microrregião meia ponte no sul de Goiás e sua relação com a ocorrência de processos erosivos. In: SILVA. M. V; PESQUERO. M. A (Orgs). **Caminhos interdisciplinares pelo ambiente, história e ensino: o sul goiano no contexto**. Uberlândia (MG): UEG (Morrinhos); Assis Editora, 2012.

PENHA. H. M; Processos endogenéticos na formação do relevo. In: GUERRA. A. J. T; CUNHA. S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 8ªed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

PIMENTEL M.M; FUCK R.A. **Origin of orthogneiss and metavolcanic rock units in western Goiás: Neoproterozoic crustal accretion**. Geochimica Brasiliensis, p. 1991.

PIMENTEL M.M; FUCK R.A. **Neoproterozoic crustal accretion in central Brazil**. Geology. 1992.

PIMENTEL M.M; FUCK R.A; GIOIA S.M.C.L; **The neoproterozoic Goiás Magmatic Arc, central Brazil: A review and new Sm-Nd isotopic data**. Revista Brasileira de Geociências, 30(2):35-39. 2000.

PIRES. C. M; SILVA. D. S; CARVALHO. M. M; **Unidades na paisagem da microbacia do Córrego Sabão município de Morrinhos-Go**. Monografia de pós-graduação *lato sensu* em Gestão Ambiental. Morrinhos: UEG, 2009.

PLOEY, J. D; **O estudo de processos geomorfológicos e a interpretação dos depósitos quaternários** (conferência). Rev. Inst. Geol., São Paulo, v. 6, n. 1-2, dez. 1985 .

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS. p. 65. 1994.

RODRIGUES. S. C; Degradação dos solos no cerrado. In: GUERRA. A. J. T; JORGE. M. C. O. **Degradação dos solos no Brasil**. 1.ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 51 – 80, 2014.

ROMÃO. P. A; SOUZA. N. M; Caracterização Ambiental. In: CAMAPUM DE CARVALHO. J; SALES, M. M.; SOUZA, N. M.; MELO, M. T. S. (Orgs.). **Processos Erosivos no Centro – Oeste Brasileiro**. – Brasília: Universidade de Brasília: FINATEC, 2006, Cap. 4, p. 157 – 188.

ROSA, R; **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 5ª ed. Uberlândia. Ed. da Universidade Federal de Uberlândia. 2003, p. 238.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 7. ed. Uberlândia: EDUFU, 2009. ROSA, Roberto. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Uberlândia: Ed. UFU, 2007. 248 p.

SAITO, S. **Estudo Analítico da suscetibilidade a escorregamento e queda do bloco no Maciço Central de Florianópolis-SC**. Florianópolis. 132 p.Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

SALOMÃO. F. X. T; Controle e Prevenção dos Processos Erosivos. In: GUERRA. A. J. T; SILVA. A. S; BOTELHO. R. G. M (Orgs). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. – 8ªed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, Cap. 7 – p. 229 - 265, 2012.

SANTANA, N. M. P; **Chuvas, Erosividade, Erodibilidade, uso do solo e suas relações com focos erosivos lineares na Alta Bacia do Rio Araguaia**. Universidade Federal de Goiás, 2007.

SANTOS, M; **Metamorfoses do espaço habitado**. 4. ed. São Paulo: Hucitec, 1996.

SANTOS. C. A.; SOBREIRA. F. G.; NETO. A. L. C; **Comportamento hidrológico superficial e erodibilidade dos solos da região de Santo Antônio do Leite, Distrito de Ouro Preto – MG**. Ouro Preto, 2002.

SANTOS. R. D.; LEMOS. R. C.; SANTOS. H. G.; KER. J. C.; ANJOS. L. H. C; **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5ªedição – Revista e ampliada Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciências de Solo, 2005.

SANTOS. C. A; SOBREIRA. F. G; **Análise da fragilidade e vulnerabilidade natural dos terrenos aos processos erosivos como base para o ordenamento territorial: o caso das bacias do Córrego Carioca, Córrego do Bação e Ribeirão Carioca na região do Alto Rio das Velhas – MG**. Revista Brasileira de Geomorfologia, V.9, n.1, p.65 – 73, 2008.

SARAIVA, F; **Considerações acerca da pesquisa em Geografia Física aplicada ao planejamento ambiental a partir de uma perspectiva sistêmica**. R.RA'EGA, Curitiba, n.9, p.83-93, 2005. Editora UFPR.

SEMARH – Secretaria do Meio ambiente, dos Recursos hídricos e Habitação. **Zoneamento ecológico – econômico da Microrregião Meia Ponte**. Goiânia, 1999.

SILVA. A. M; **Dossiê de Goiás** – Enciclopédia Regional: um compêndio de informações sobre Goiás, sua história e sua gente. Goiânia (GO): Master Publicidade, 2001.

SILVA. A. J. P; PASQUALETTO. A; **Análise da voçoroca na cabeceira do córrego grota, no município de Joviânia – Go.** Curso de engenharia ambiental da Universidade Católica de Goiás, 2007.

SILVA. B. A; **Cadastro e monitoramento de Voçoroca na Microbacia do Córrego do Retiro no município de Morrinhos-Go (2011 – 2012).** Universidade Estadual de Goiás, 2012.

SILVEIRA, C. T.; OKA-FIORI, C; FIORI, A. P.; ZAI, C.. **Mapeamento de declividade de vertentes: aplicação na APA de Guaratuba / Paraná.** In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia / Regional Conference on Geomorphology. Anais. Goiânia. 2006.

SOARES. E. M; SILVA. M. F. T; **O turismo como alternativa para recuperação de áreas degradadas pela mineração.** Revista Turismo & Sociedade, Curitiba, v.2, n.1, p.90 -104, 2009.

SOUSA. A. T; **Processos erosivo linear na bacia do Córrego Pontinhas em Orizona- Goiás.** Universidade Federal de Goiás – Goiânia, 2001.

SOUSA. A. T; **Caracterização de Voçorocas em bordas de relevo residual em Quirinópolis-GO.** Universidade Federal de Goiás – Escola de Agronomia e Engenharia de alimentos, 2010.

SOUSA, A. T; CORRECHEL, V; **Diagnóstico de processo erosivo em Neossolo Quartzarênico em Quirinópolis (GO);** Ateliê Geográfico – Goiânia/Go, v.9, n.2, p.136-153, ago/2015.

SOUZA, R. M; FORMIGA. K. T. M; VEIGA, A. M; **Caracterização morfométrica e delimitação da bacia hidrográfica do Córrego Samambaia – GO a partir de dados do SRTM.** In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. Anais... Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0676.pdf>> Acesso em: 01/02/2016.

STEFANOSKI. D. C.; SANTOS. G. G.; MARCHÃO. R. L.; PETTER. F. A.; PACHECO. L. P; **Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física.** Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. V.17, n.12, p.1301 - 1309, Campina Grande – PB – UAEA/UFCG, 2013.

STRAHLER, Arthur N. **Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks.** In: CHOW, Ven Te (Ed.). Handbook of applied hydrology: a compendium of water resources technology. New York: Mc-Graw Hill, 1964. Section 4-II Part II, 4-39 – 4-75.

TUCCI. C. E. M; CLARKE. R. T; **Impactos das mudanças da cobertura vegetal n escoamento:** Revisão. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos.

Volume 2, n.1, Jan/Jun 1997, 135 – 152. Instituto de Pesquisas hidráulicas – UFRGS, Porto alegre.

VALERIANO. M. M; **Curvatura vertical de vertentes em microbaciais pela análise de modelos digitais de elevação.** Revista Brasileira de engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.3, p. 539 – 546, Universidade Federal de Campina Grande-PB, 2003.

VALERIANO C.M; DARDENNE M.A; FONSECA M.A; SIMÕES L.S.A; SEER H.J. 2004.; **A evolução tectônica da Faixa Brasília.** In: Mantesso-Neto V., Bartorelli A., Carneiro C.D.R., Brito-Neves B.B. (org.). Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca. p. 575- 592.

VIANNA. P. C. G; LIMA. V. R. P; LUNGUINHO. L. L; TORRES. A. T. G; ARACI SILVA; **Estabilização de Voçoroca** – subproduto ambiental do diagnóstico dos Recursos Hídricos, o caso do assentamento Dona Antônia, Conde-PB/UFPB, 2005. Disponível em: <http://www.geociencias.ufpb.br>. Acesso em 20 jan. 2016.

VILLAÇA. F; **Bretch e o Plano Diretor.** Disponível em: <<http://www.flaviovillaca.arq.br>>. Acesso em: 29 out. 2015.

ZAMBIANQUI. R. P; MORINI. D. B; SANTOS. J. A; **Aplicação de técnicas alternativas no controle do processo erosivo na bacia do córrego da emboscada.** Curso de Engenharia Ambiental – FAI (Faculdade Adamantinenses Integradas), Adamantina – SP. Revista OMNIA – Suplemento, v.17, n.1, 2014.