

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CAROLINE GONÇALVES MANGUEIRA

**PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE CRITICIDADE DOS
PROCESSOS EROSIVOS DA REGIÃO NOROESTE DO PARANÁ**

CURITIBA

2017

CAROLINE GONÇALVES MANGUEIRA

**PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE CRITICIDADE DOS
PROCESSOS EROSIVOS DA REGIÃO NOROESTE DO PARANÁ**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Geografia, no Curso de Pós –Graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, da Universidade Federal do Paraná.

Orientação: Prof. Dr. Leonardo José Cordeiro Santos

CURITIBA

2017

M277p

Mangueira, Caroline Gonçalves

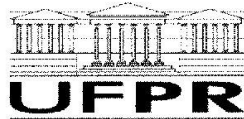
Proposta de classificação do nível de criticidade dos processos erosivos da região noroeste do Paraná / Caroline Gonçalves Mangueira. – Curitiba, 2017. 91 f. : il. color. ; 30 cm.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2017.

Orientador: Leonardo José Cordeiro Santos.

1. Erosões urbanas. 2. Geologia. 3. Geomorfologia. I. Universidade Federal do Paraná. II. Santos, Leonardo José Cordeiro. III. Título.

CDD: 631.45



**ATA DE SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE MESTRADO PARA A OBTENÇÃO DO
GRAU DE MESTRE EM GEOGRAFIA**

No dia vinte e sete de Abril de dois mil e dezessete às 14:00 horas, na sala 109, Edifício João José Bigarella, Centro Politécnico - Jardim das Americas, foram instalados os trabalhos de arguição da mestranda **CAROLINE GONÇALVES MANGUEIRA** para a Defesa Pública de sua dissertação intitulada **PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE CRITICIDADE DOS PROCESSOS EROSIVOS DA REGIÃO NOROESTE DO PARANÁ**. A Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GEOGRAFIA da Universidade Federal do Paraná, foi constituída pelos seguintes Membros: LEONARDO JOSÉ CORDEIRO SANTOS (UFPR), CLAUDINEI TABORDA DA SILVEIRA (UFPR), BIANCA CARVALHO VIEIRA (USP). Dando início à sessão, a presidência passou a palavra a discente, para que a mesma expusesse seu trabalho aos presentes. Em seguida, a presidência passou a palavra a cada um dos Examinadores, para suas respectivas arguições. A aluna respondeu a cada um dos arguidores. A presidência retomou a palavra para suas considerações finais e, depois, solicitou que os presentes e a mestranda deixassem a sala. A Banca Examinadora, então, reuniu-se sigilosamente e, após a discussão de suas avaliações, decidiu-se pela APROVAÇÃO da aluna. A mestranda foi convidada a ingressar novamente na sala, bem como os demais assistentes, após o que a presidência fez a leitura do Parecer da Banca Examinadora. Nada mais havendo a tratar a presidência deu por encerrada a sessão, da qual eu, LEONARDO JOSÉ CORDEIRO SANTOS, lavrei a presente ata, que vai assinada por mim e pelos membros da Comissão Examinadora.

Curitiba, 27 de Abril de 2017.

LEONARDO JOSÉ CORDEIRO SANTOS
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

CLAUDINEI TABORDA DA SILVEIRA
Avaliador Interno (UFPR)

BIANCA CARVALHO VIEIRA
Avaliador Externo (USP)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a Deus por todos os momentos felizes e difíceis que passei dentro da Universidade Federal do Paraná. Muitas coisas aprendi, muitos valores guardei e muitas vitórias conquistei. Não teria chegado aonde cheguei sem a ajuda Dele, porque eu sei que Ele guia cada passo meu.

Dizer obrigada, às vezes, não é suficiente para agradecer a tantos amigos que fiz nessa jornada, aqueles que em momentos complicados me escutaram e me ajudaram a sair do labirinto que é a pesquisa. Estou agradecida a vocês e não sei neste instante como retribuir a tanto carinho, mas é claro que encontrarei uma maneira de fazê-lo. Estou sempre à disposição para quando precisarem, a qualquer momento e a qualquer hora. Quando olhamos para o nosso lado e vemos alguém que está sempre presente, uma pessoa que não nos deixa desanimar, só podemos estar gratos. Amigos que nos dão palavras de coragem e que lutam conosco são raros hoje em dia. Foi um privilégio trabalhar com vocês. Muito obrigada, de coração.

Adriano Goulart

Gisele Neuman

Alexei Nowatski

Gleyton da Silva

Amanda Machado

José Guilherme

Carlos Wroblewski

Luciano Luz

Cristiane Alves

Marcel Fumiya

Gabriela Goudard

Em especial, agradeço ao meu orientador e amigo Professor Doutor Leonardo José Cordeiro Santos pela confiança e paciência durante os 6 anos de orientação, desde quando eu era uma garota recém saída do curso de Economia. Obrigada por me ensinar a amar Geomorfologia.

Agradeço a minha família que me apoiou de perto e de longe também. Ao meu pai, minha mãe, minha irmã, cunhado, meus tios, tias, primos e claro, ao meu namorado, que começaram a ler a paisagem de uma forma mais profunda, que tentaram compreender as relações entre solos e relevo que eu tanto falo, ou que pelo menos hoje sabem o que é uma voçoroca. Eu amo vocês.

Luis, somos mestres!

“Senhor, meu Deus, quando eu, maravilhado,
contemplo a Tua imensa criação
- o céu e a Terra, os vastos oceanos –
fico a pensar em Tua perfeição.
Ao caminhar nas matas e florestas,
escuto as aves todas a cantar;
olhando os montes, vales e campinas
em tudo vejo o Teu poder sem par.
Então minha alma canta a Ti, Senhor:
Grandioso és Tu! Grandioso és Tu”

Carl Gustaf Boberg, 1886

RESUMO

Historicamente a porção noroeste do Estado do Paraná sofre com as erosões hídricas lineares de grande proporção que atingem seus solos – as chamadas ravinas e voçorocas. Desde as primeiras ocupações e cidades implantadas para a exploração da madeira e plantio do café, as erosões não apenas atingiram as áreas rurais como também as zonas urbanas recém criadas. Grandes esforços foram feitos por parte de pesquisadores, órgãos estaduais e federais para que esse problema fosse compreendido, tanto no aspecto físico, com seus agentes causadores, como as soluções de engenharia cabíveis para a sua estabilização. Entretanto, mesmo com tantos esforços envolvidos, as erosões que eram problemas nas cidades nas décadas de 1960/1970, continuam trazendo transtornos à população nos dias de hoje. Este trabalho tem como objetivo propor um sistema de classificação do nível de criticidade para as erosões urbanas do noroeste do Paraná, baseado na metodologia de Rubio (2014). Foram analisados 6 municípios na região, totalizando 12 erosões nas porções urbanas e periurbanas das cidades. Foram feitos os cadastramentos dessas erosões em campo como também foram analisadas sua interação com a cidade. O propósito da pesquisa não foi compreender a gênese das erosões, tendo em vista que esse assunto já é consolidado, mas sim identificar fatores que influenciam na análise de criticidade dos processos erosivos dentro da área urbana. Ao final, as erosões foram organizadas hierarquicamente conforme a nota recebida. As duas erosões da cidade de Alto Paraná receberam as maiores notas dentre todas analisadas e a menor nota ficou com a ravina encontrada na cidade de Loanda.

Palavras-chave: erosões urbanas, noroeste do Paraná, criticidade.

ABSTRACT

Historically a northwestern portion of the State of Paraná is composed of large linear water erosions that reach its soils - called ravines and gullies. From the earliest occupations and cities set up to exploit timber and coffee plantations, erosion has not only affected rural areas but also newly created urban areas. Great efforts were made by researchers, state and federal agencies to understand this problem, both physically, with its causative agents, and the engineering solutions that could be used to stabilize it. However, even with so much effort involved, the erosions that were problems in the cities in the 1960s and 1970s, continue to bring disruption to the population nowadays. This work aims to propose a criticality classification system for the urban erosions of northwestern Paraná, based on Rubio 's methodology (2014). Six municipalities in the region were analyzed, totaling 12 erosions in the urban and periurban portions of the cities. The records of these erosions were made in the field, as well as their interaction with the city. The purpose of the research was not to study the genesis of erosions, considering that this subject is already consolidated, but rather to identify the factors that influence the analysis of the criticality of the erosive processes within the urban area. In the end, the erosions were organized hierarchically according to the received note. The two erosions of the city of Alto Paraná received the highest grades of all analyzed and the lowest note was the ravine found in the city of Loanda.

Key words: urban erosion, northwest Paraná, criticality.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS ESTUDADOS.....	17
FIGURA 2 - SUBUNIDADES MORFOESCU LTURAIS ENCONTRADAS NA ÁREA DE ESTUDO.....	19
FIGURA 3 - CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DO ESTADO DO PARANÁ E ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS DE MONITORAMENTO	22
FIGURA 4 - CARACTERIZAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO ANUAL E SAZONAL.....	23
FIGURA 5 - CARACTERIZAÇÃO DA TEMPERATURA ANUAL E SAZONAL.....	24
FIGURA 6 - SOLOS ENCONTRADOS NO NOROESTE DO PARANÁ.....	26
FIGURA 7 - PAPEL DA GEOMORFOLOGIA DENTRO DO PLANEJAMENTO URBANO	28
FIGURA 8 - REPRESENTAÇÃO DE SISTEMAS VIÁRIOS IMPLANTADOS NAS ÁREAS URBANAS.....	36
FIGURA 9 - COLONIZAÇÃO PRIVADA E ESTATAL NO NORTE/NOROESTE DO PARANÁ.....	41
FIGURA 10 - OCUPAÇÃO DAS PROPRIEDADES RURAIS	42
FIGURA 11 - LOCALIZAÇÃO DAS CIDADES NO NOROESTE DO PARANÁ.....	44
FIGURA 12 - EROSÕES DA DÉCADA DE 1960 NA CIDADE DE COLORADO - PR	45
FIGURA 13 - SÍNTESE DA GESTÃO DA EROÇÃO ACELERADA DOS SOLOS NO PARANÁ.....	48
FIGURA 14 - FLUXOGRAMA DOS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA	50
FIGURA 15 - LOCALIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS ESTUDADOS.....	52
FIGURA 16 - FLUXOGRAMA DO MÉTODO PARA CADASTRAMENTO DAS EROSÕES URBANAS.....	54
FIGURA 17 - COMPARAÇÃO NA VISUALIZAÇÃO DE UM PROCESSO EROSIVO (CIDADE GAÚCHA - PR).....	55
FIGURA 18 - MODELO DA FICHA CADASTRAL UTILIZADA	57
FIGURA 19 - EXEMPLO DE CROQUI UTILIZADO NA ANÁLISE DAS EROSÕES ..	58
FIGURA 20 - EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO NAS CIDADES DO NOROESTE.....	70

LISTA DE QUADROS E TABELAS

TABELA 1- DISTRIBUIÇÃO DE SOLOS DOS MUNICÍPIOS ANALISADOS.....	25
TABELA 2 - EROSÕES SELECIONADAS.....	52
TABELA 3 - MATRIZ PARA ATRIBUIÇÃO DE PESOS E VALORES AOS PROCESSOS EROSIVOS NO SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE CRITICIDADE	62
QUADRO 1 - SÍNTESE DAS PRINCIPAIS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS ENCONTRADAS NO NOROESTE DO PR.	19
QUADRO 2 - MUNICÍPIOS COM EROSÕES URBANAS NO NOROESTE DO PARANÁ	51
QUADRO 3 - APRESENTAÇÃO DOS FATORES DE INFLUÊNCIA CONSIDERADOS NA ANÁLISE DE CRITICIDADE DOS PROCESSOS.....	60
QUADRO 4 - APRESENTAÇÃO DOS SUBGRUPOS DE FATORES DE INFLUÊNCIA CONSIDERADOS NA ANÁLISE DE CRITICIDADE DOS PROCESSOS	61
QUADRO 5 - APRESENTAÇÃO DOS PARÂMETROS DE PONDERAÇÃO DOS FATORES DE INTERFERÊNCIA ADOTADOS NA ANÁLISE DE CRITICIDADE DOS PROCESSOS	65
QUADRO 6 - CLASSIFICAÇÃO DAS EROSÕES CONFORME SUA CRITICIDADE	67

LISTA DE SIGLAS

ABGE	- Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental
CERENA	- Comissão de Estudo dos Recursos Naturais Renováveis
CTNP	- Companhia de Terras Norte do Paraná
CTMP	- Companhia Melhoramentos Norte do Paraná
GHR	- Gully Headcut Retreat
LABS	- Laboratório de Biogeografia e Solos
MINEROPAR	- Serviço Geológico do Paraná
OEA	- Organização Dos Estados Americanos
SUCEAM	- Superintendência do Controle da Erosão e Saneamento Ambiental
SUCEPAR	- Superintendência de Controle de Erosão do Paraná
PRO-NOROESTE	- Programa Especial de Controle da Erosão do Solo Urbano
SUDESUL	- Superintendência do Desenvolvimento da Região Sul
UHE	- Usina Hidrelétrica de Energia

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	ASPECTOS NATURAIS DA ÁREA DE ESTUDO	18
2.1.	GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA REGIONAL	18
2.2.	CLIMA E EROSIVIDADE	20
2.3.	SOLOS	25
3	EROSÕES URBANAS	27
3.1.	FEIÇÕES RESULTANTES DE MECANISMOS DE FORMAÇÃO E EVOLUÇÃO DE EROSÕES	33
3.2.	PLANEJAMENTO E DRENAGEM URBANA	34
3.3.	SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE CRITICIDADE	38
4	A OCUPAÇÃO DO NOROESTE DO PARANÁ E O INÍCIO DO PROBLEMA DAS EROSÕES LINEARES	40
5	MATERIAIS E MÉTODOS	50
5.1.	CADASTRAMENTO DAS EROSÕES	53
5.2.	ATRIBUIÇÃO DE VALORES DENTRO DO SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE CRITICIDADE	58
5.3.	FATORES DE COMPOSIÇÃO DO SISTEMA E DISTRIBUIÇÃO DE PESOS	60
5.3.1.	CRITÉRIOS DE ATRIBUIÇÃO DE VALORES	64
6	APLICAÇÃO DO MÉTODO	67
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
	REFERÊNCIAS	72
	APÊNDICE 1 – FICHAS DE PONDERAÇÃO DE VALORES POR ORDEM DE CRITICIDADE	80
	ANEXO 1 – CROQUIS DAS EROSÕES ESTUDADAS	86

1 INTRODUÇÃO

A mudança na paisagem terrestre é um processo contínuo, moldada, sobretudo, pelos padrões de erosão e de deposição. Alterações climáticas, do controle tectônico ou alterações no ambiente influenciadas pelo homem, devem ser observadas também na escala de tempo e espaço atuais, a fim de explicar aspectos geomorfológicos significativos e prever processos importantes que afetam as sociedades de hoje, como, por exemplo, os processos erosivos lineares mais desenvolvidos – chamados de ravinas e voçorocas.

Autores como Schum (1973, 1979), Campbell e Honsaker (1982), Bigarella e Mazuchowski (1985), Oliveira e Queiroz Neto (1993) e Sidorchuk (1999, 2006) entendem os processos erosivos lineares como sinais de instabilidade geomorfológica, seja por fatores naturais ou pela ação antrópica.

Diversos são os fatores causadores das erosões lineares, atuando de forma direta ou indireta. Entretanto na maioria das vezes o processo é resultante da retirada da cobertura vegetal natural que pode ser seguido pela introdução de novas formas de uso e ocupação da terra, como as atividades agrícolas, construção de rodovias e ferrovias, e o surgimento/crescimento de cidades, que propiciam a concentração das águas de escoamento superficial e a redução na proteção do solo.

Segundo Guerra (2014), os fatores facilitadores do processo de degradação do solo e por conseguinte do aparecimento de erosões lineares podem ser divididos em dois grupos: o primeiro refere-se as condições naturais com destaque para a topografia, textura do solo, cobertura vegetal e regime hidrológico e o segundo diz respeito as ações antrópicas potencializadoras, como o desmatamento, superpastoreio, taludes de corte e remoção da cobertura vegetal para o cultivo/expansão urbana.

Goudie (1995) enfatiza que a erosão hídrica pluvial que ocorre numa encosta é resultante de processos como o salpicamento (*rainsplah*), escoamento superficial (*surface wash*) e ravinamento (*rill erosion*), que por sua vez dependem da erosividade da chuva, da erodibilidade dos solos, das características do relevo e da natureza da cobertura vegetal.

Para Wild (1993), a pressão exercida pelas atividades humanas sobre os solos é uma das principais causas da erosão. Essa pressão é exercida na forma de

desmatamento; agricultura e pecuária sem adoção de práticas conservacionistas; construção de rodovias sem cuidados especiais, o que faz aumentar o escoamento superficial, causando ravinas e voçorocas; mineração e outras atividades econômicas que deixam os solos desprotegidos, sem recuperação dessas áreas durante e após o término dessas atividades.

Entende-se por processo erosivo urbano aquele deflagrado por ação das águas pluviais urbanas, ou seja, feições erosivas desencadeadas (ou aceleradas) pelo escoamento superficial das águas pluviais provenientes dos sistemas de microdrenagem urbana, por fluxos concentrados (tubulações e galerias) ou não (IPT, 2012).

Guerra e Hoffmann (2006), comparando a erosão nas cidades de São Luís/MA e Palmas/TO, constataram as semelhanças da atuação e deflagração dos processos erosivos acelerados, mesmo tendo essas duas cidades sido criadas em diferentes anos. O aparecimento de voçorocas dentro ou próximo do núcleo urbano aconteceu devido à fatores como: desmatamento, falta de planejamento urbano, falta de galerias pluviais e de esgoto, ou então, de galerias mal dimensionadas para o escoamento das águas e ruas não pavimentadas, em especial na periferia.

A urbanização, que pode ser considerada uma das formas de uso da terra que mais acarretam alterações ambientais, impõe estruturas superficiais pouco permeáveis, influenciando na diminuição da infiltração com consequente concentração, volume e aumento da velocidade das águas superficiais.

Nas regiões tropicais úmidas, a erosão linear é um fenômeno que ameaça constantemente a produtividade agrícola em áreas rurais e, em áreas urbanas, coloca a segurança da população em alerta ao mesmo tempo que constitui entraves para a expansão e desenvolvimento das mesmas (MENDONÇA, 1993).

No caso específico do noroeste do Paraná, porção do estado que sob o aspecto geológico está situado no Grupo Caiuá, a cobertura pedológica ocupa papel preponderante no desenvolvimento dos processos erosivos. Muitos autores já abordaram, de várias maneiras, o problema da erosão que se desenvolve na região (BRASIL/OEA, 1972; PRANDINI et al, 1974; MAACK, 2002).

Entretanto, a própria forma como foi implantado e ocupado os centros urbanos nessa porção do estado (por volta dos anos de 1930), colabora para a intensa erosão linear que atinge a região. As cidades foram distribuídas sobre os

divisores de águas – os espigões – e planejadas, em termos de traçado urbano, tendo o objetivo de facilitar a circulação de produtos.

Inúmeras cidades do noroeste na década de 1950, menos de duas décadas após sua fundação, apresentaram graves problemas relacionados a processos erosivos em suas periferias (MENDONÇA, 1993).

A cobertura pedológica e a sua associação com a distribuição e evolução de feições erosivas na região noroeste do Paraná voltou a ser alvo de estudos nas últimas décadas, sendo que duas importantes pesquisas auxiliaram no presente trabalho. Nakashima (1999), fez sua contribuição ao compartimentar em sistemas pedológicos toda a região noroeste, afim de compreender a distribuição dos solos e sua evolução e assim proporcionar subsídios para o controle da erosão. Mais recentemente, Westphalen (2008) analisou a resistência dos solos em relação aos processos erosivos, fazendo uma hierarquia das classes de solo a partir das características morfológicas.

Importantes resultados e discussões foram apresentados por autores que concluíram que a problemática da erosão nessa área está relacionada às limitações naturais dos solos do Grupo Caiuá (FIDALSKI, 1997; GASPARETTO et al., 2001; CANCEAN, 2007), sendo que mesmo em condições climáticas e topográficas semelhantes, os solos diferenciam-se em relação as suas características morfológicas (estrutura, coesão, arranjo dos horizontes), condições estas que podem determinar a sua resistência a processos erosivos.

Em 2014, atendendo à uma demanda do Governo Brasileiro relacionada ao inventariado de acidentes geológicos e geomorfológicos no território, o Serviço Geológico do Paraná, em parceria com a Universidade Federal do Paraná, lançou o projeto intitulado “MAPEAMENTO DOS PROCESSOS EROSIVOS EM MUNICÍPIOS DO NOROESTE DO PARANÁ: SUBSÍDIOS PARA UM PLANO DE GERENCIAMENTO DE RISCOS”, no qual essa dissertação será integrada.

Para o presente trabalho consideramos criticidade como sinônimo de risco instalado, conforme inicialmente apresentado pelo IPT/SP, onde se é avaliado o grau de perda e a probabilidade de ocorrência com base em evidências de campo. De acordo com a metodologia, a criticidade ou risco instalado representa uma possibilidade de ocorrência do processo erosivo passível de avaliação pelo histórico

de ocorrências ou evidências, o que possibilita extrapolação para previsão de eventos futuros com confiabilidade prática aceitável (BRESSANI e COSTA, 2013).

No noroeste do Paraná, cada vez mais as erosões lineares hídricas atingem áreas ocupadas ou interrompem processos produtivos. Sendo assim, uma classificação da criticidade das erosões encontradas nas áreas urbanas constitui ferramenta de grande importância para a gestão do desenvolvimento nos municípios.

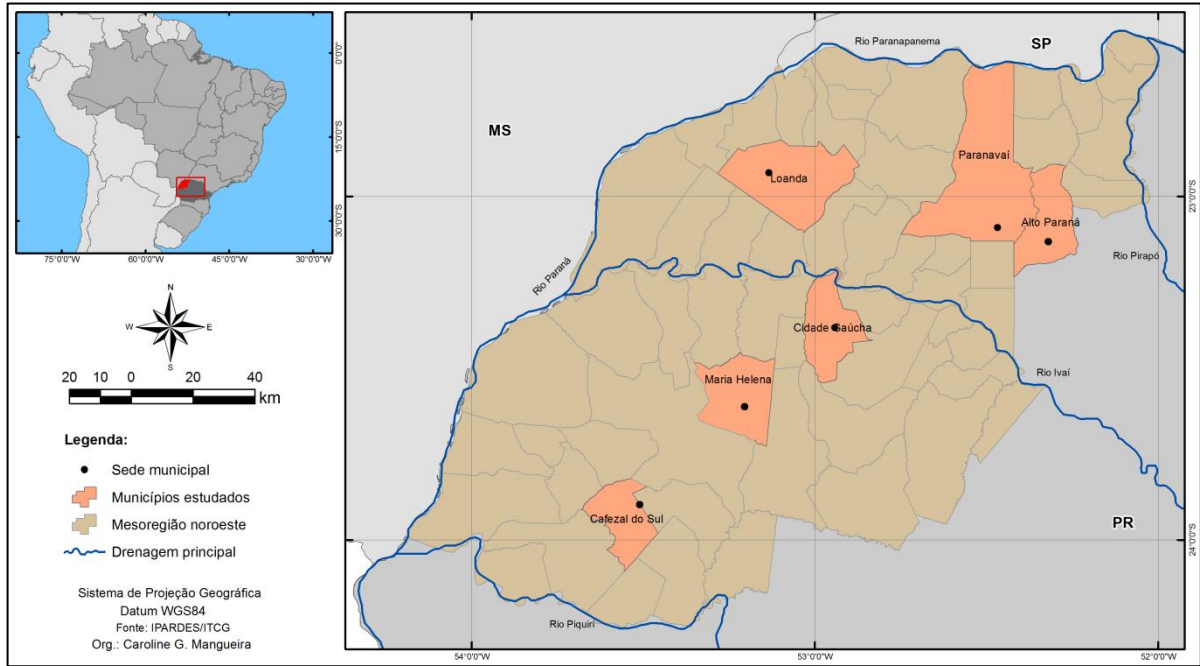
As cidades selecionadas para o presente estudo - Paranavaí, Loanda, Cidade Gaúcha, Alto Paraná, Cafezal do Sul e Maria Helena – destacam-se pela presença constante de erosões lineares, em especial as voçorocas, que mesmo após obras para controlar seu avanço, continuam ativas. Essas cidades também estão inseridas dentro do projeto do Serviço Geológico do Paraná/Universidade Federal do Paraná.

Assim, o objetivo geral da pesquisa foi formular uma proposta de classificação para definir o nível de criticidade dos processos erosivos (erosão linear urbana) da região noroeste do Paraná. Os objetivos específicos consistiram em:

- a) Identificar e cadastrar as erosões lineares urbanas;
- b) Estabelecer critérios para definir o nível de criticidade das erosões e sua ordem hierárquica.

A extensão da região noroeste do Paraná é de aproximadamente 24.500km², limitada pelos rios Paranapanema ao norte (divisa com o estado de São Paulo), rio Paraná à oeste (divisa com Mato Grosso do Sul e fronteira com o Paraguai), rio Piquiri ao sul e o rio Pirapó à leste (FIGURA 1).

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS ESTUDADOS



FONTE: A autora, 2016.

2 ASPECTOS NATURAIS DA ÁREA DE ESTUDO

2.1. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA REGIONAL

A região do noroeste paranaense está inserida na Bacia Sedimentar do Bauru: o Grupo Caiuá. A Bacia Sedimentar do Bauru (FERNANDES et al, 2012) foi formada por depressão desenvolvida por termomecânica, no Cretáceo Superior, após a ruptura do continente gondwânico e a abertura do Oceânico Atlântico. Tem por substrato principal rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, sobretudo basalto. A sequência suprabasáltica neocretácea é formada pelos grupos cronocorrelatos Bauru e Caiuá, acumulados em clima semiárido e árido (FERNANDES e COIMBRA,1994). Os arenitos do Grupo Caiuá são friáveis, de textura fina à média, avermelhados, com presença de argilas intercaladas e seu depósito tem cerca de 250 metros de espessura.

Na região do Terceiro Planalto Paranaense, sobretudo na área de ocorrência do arenito do Grupo Caiuá, o relevo apresenta-se de modo geral uniforme e monótono (NAKASHIMA, 1999). Esta área é representada por planaltos escalonados, inclinados levemente em direção ao vale do rio Paraná, onde seus principais afluentes são os rios Paranapanema, Ivaí e Piquiri. As Altitudes variam de 600 metros nas áreas próximas ao contato com o domínio da Formação Serra Geral até 300 metros nas margens do rio Paranapanema.

Para Bigarella e Mazuchowski (1985), o aspecto da morfologia atual é consequência de alternâncias de processos morfogenéticos. Estas formas de relevo representam paleoformas desenvolvidas em condições hidrológicas e hidrodinâmicas diferentes das atuais. Na região noroeste, tivemos a atuação de processos morfogenéticos que corresponderam à períodos de dissecação vertical, intemperismo químico e pedogênese, alternados por períodos de degradação lateral do terreno, em consequência das mudanças climáticas. Estes processos permitiram a elaboração de extensas superfícies de erosão, formando patamares escalonados em direção às drenagens principais (NAKASHIMA, 1999).

De acordo com o Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná (SANTOS et al, 2006), o noroeste caracteriza-se geomorfologicamente da seguinte maneira (QUADRO 1):

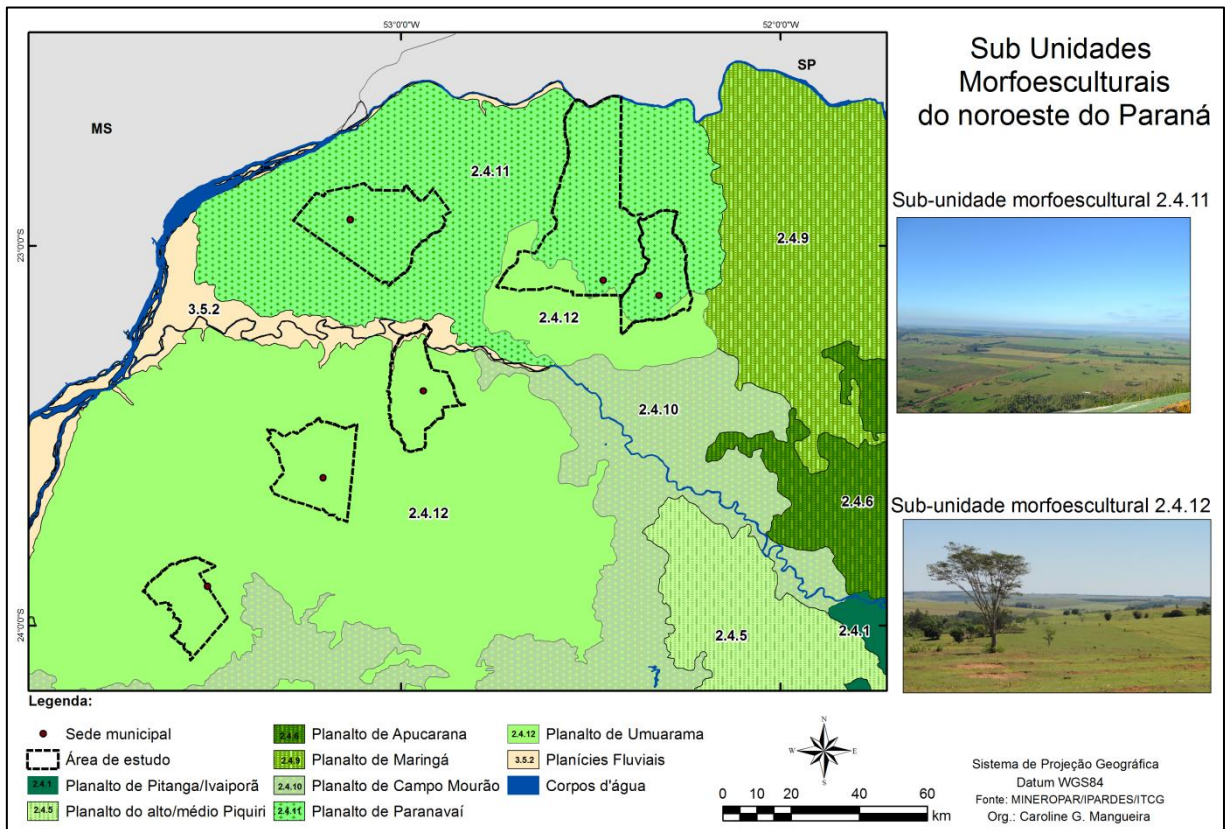
QUADRO 1 - SÍNTESE DAS PRINCIPAIS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS ENCONTRADAS NO NOROESTE DO PR.

UNIDADE MORFOESTRUTURAL	UNIDADE MORFOESCULTURAL	SUB-UNIDADE MORFOESCULTURAL
Bacia Sedimentar do Paraná	Terceiro Planalto Paranaense	2.4.9 Planalto de Maringá 2.4.10 Planalto de Campo Mourão 2.4.11 Planalto de Paranaíba 2.4.12 Planalto de Umuarama
Bacias Sedimentares Cenozóicas e Depressões Tectônicas	Planícies	3.5.2 Planícies Fluviais

FONTE: Adaptado de SANTOS et al. (2006).

A FIGURA 2 apresenta as subunidades morfoesculturais presentes na região noroeste. A área urbana dos municípios selecionados para o estudo está inserida inteiramente nos planaltos de Paranaíba e Umuarama.

FIGURA 2 - SUBUNIDADES MORFOESCULTURAIS ENCONTRADAS NA ÁREA DE ESTUDO



FONTE: A autora, 2016.

A unidade 2.4.11, denominada de Planalto de Paranaíba, apresenta baixa dissecação, topos aplainados, predomínio de vertentes convexas e vales em “V”

aberto. As altitudes variam de 240 a 580 metros, com amplitude de 340 metros. As declividades não passam de 6%.

A unidade 2.4.12, denominada de Planalto de Umuarama, apresenta média dissecação, com topos alongados e aplainados, predomínio de vertentes convexas e vales em “V”. Em relação ao relevo, apresenta um gradiente de 380 metros com altitudes variando entre 240 e 620. A classe de declividade predominante é menor que 6%.

2.2. CLIMA E EROSIVIDADE

O estado do Paraná é caracterizado como uma região de transição entre os climas zonais subtropicais e tropicais, quentes e úmidos, condições que conferem particularidades em relação às características térmicas e pluviais da região (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007; NOGAROLLI, 2007; NASCIMENTO JUNIOR, 2013).

No que se refere aos sistemas atmosféricos (FIGURA 3), segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007), quatro merecem destaque, quais sejam: Massa Polar Atlântica (MPA), Massa Tropical Atlântica (MTA), Massa Equatorial Continental (MEC), associada à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Massa Tropical Continental (MTC). Além disso, Monteiro (1962) ressalta a atuação das Frentes Polares vindas do sul e das correntes perturbadas provenientes do noroeste, típicas da circulação atmosférica desta região.

O posicionamento geográfico associado as massas de ar atuantes, confere ao Estado, as tipologias climáticas Cfa (Clima Subtropical) e Cfb (Clima Temperado propriamente dito), segundo a Classificação de Köppen (FIGURA 3). No noroeste, especificamente, o clima é do tipo Cfa (h), Subtropical Úmido Mesotérmico, com verões quentes e chuvosos.

Em relação às precipitações, estas são regularmente distribuídas, aumentando no sentido norte-sul, principalmente nas estações de inverno, outono e primavera. No noroeste, os totais pluviais anuais variam de 1300 a 1650 mm, com as maiores concentrações nos meses de verão, em que os valores oscilam entre 450 e 530 mm, em média (FIGURA 4).

As Cartas Climáticas do Paraná (CAVIGLIONE *et al.*, 2000), trabalho produzido pelo IAPAR, demonstram que as temperaturas apresentam forte relação com a altitude e a continentalidade, de modo que aumentam gradativamente em direção ao norte do Estado, em função das cotas altimétricas serem mais elevadas no sul em detrimento do norte. Para o terceiro planalto paranaense (porção onde se encontram as cidades estudadas), as variações térmicas médias anuais variam entre 22 e 24°C, apresentando maiores expressividades no verão (FIGURA 5).

Quanto à erosividade, evidencia-se que esta encontra-se fortemente atrelada à dinâmica pluvial, sendo mais significativa nos meses de verão e primavera. No município de Umuarama, por exemplo, as erosividades médias mensais são mais expressivas, com variações de 307 (agosto) a 1513 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ (outubro), ao passo que em Paranaíba os valores variam de 211 (agosto) a 1177 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ (fevereiro) (RUFINO *et al.*, 1993; MANGUEIRA *et al.*, 2016).

FIGURA 3 - CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DO ESTADO DO PARANÁ E ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS DE MONITORAMENTO

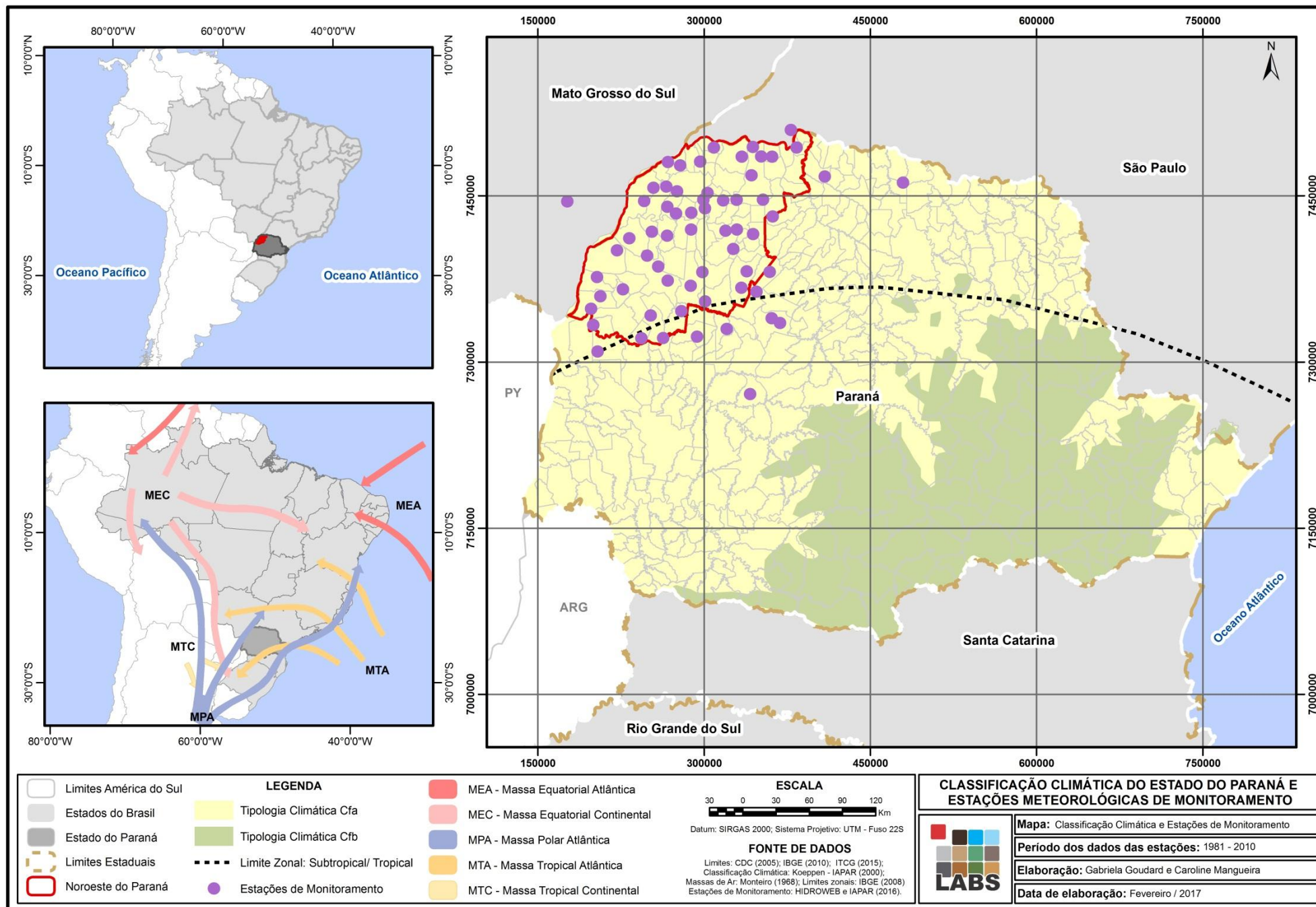
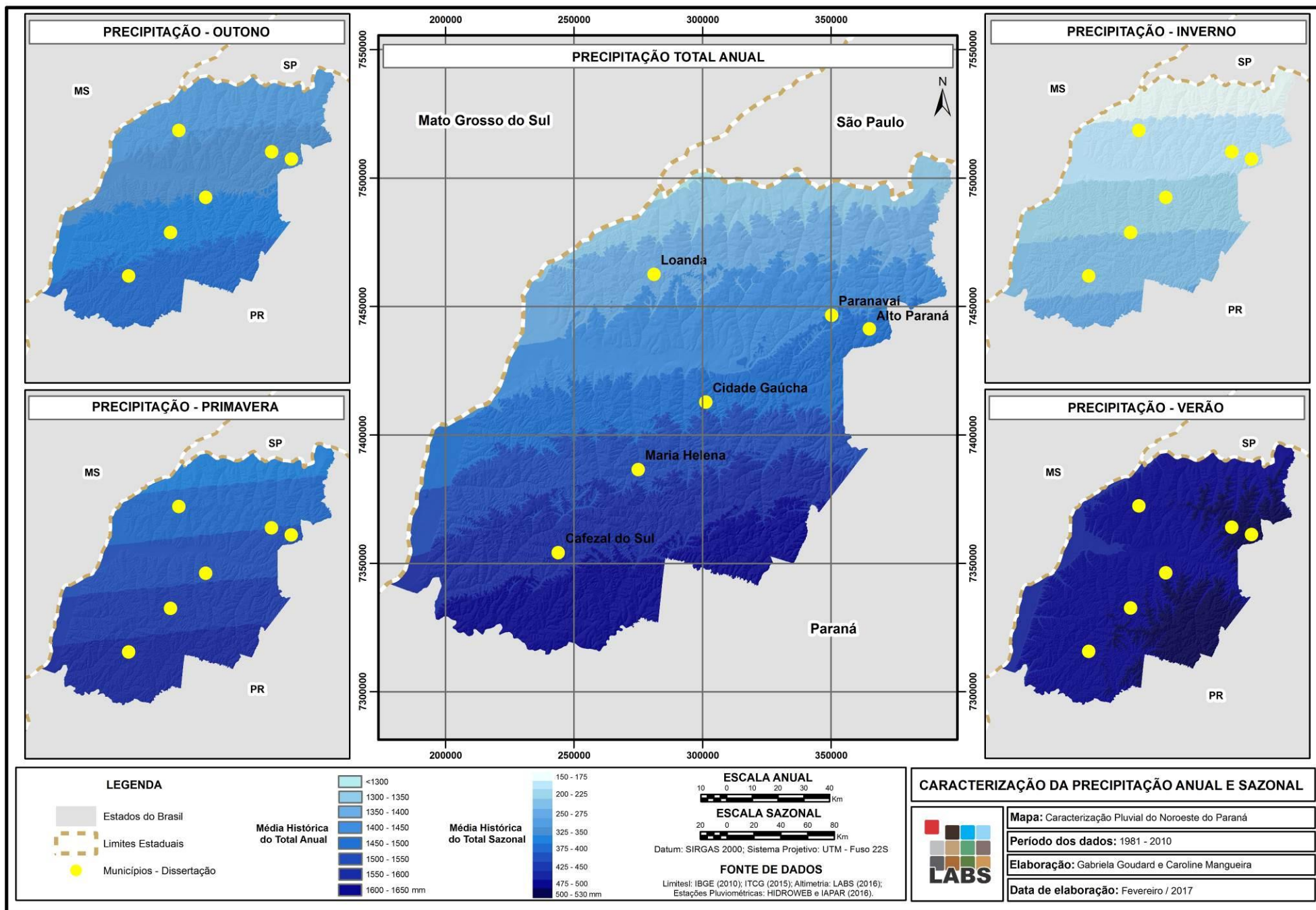
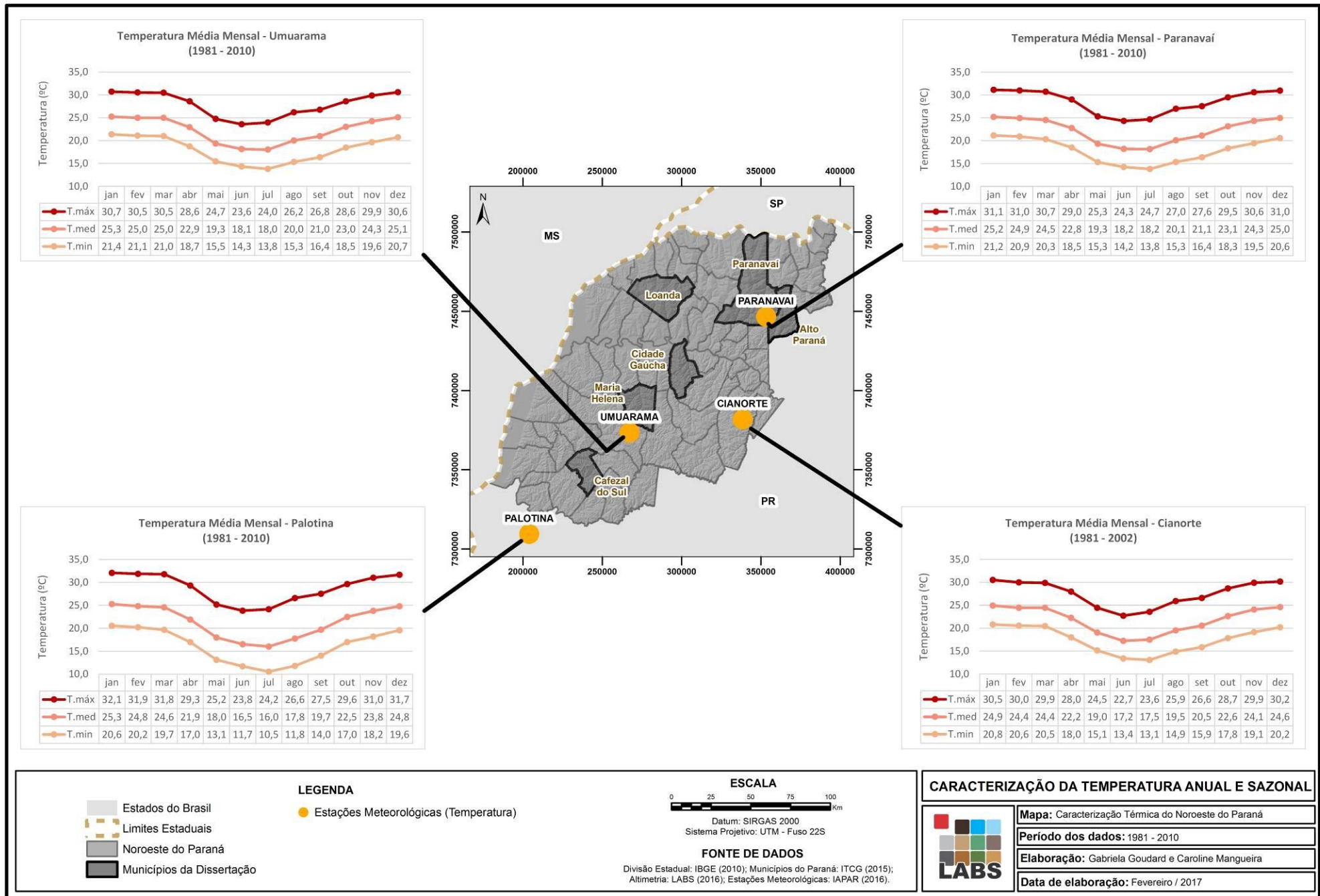


FIGURA 4 - CARACTERIZAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO ANUAL E SAZONAL





2.3. SOLOS

No noroeste do Paraná, o arenito do Grupo Caiuá dá origem a solos de textura predominantemente arenosa. Dentro desta homogeneidade textural, há distinção de ao menos duas classes: os Latossolos Vermelhos e os Argissolos Vermelhos. É possível encontrar Latossolos Vermelhos nos interflúvios, nos espigões longos e plainados e vertentes com baixa declividade. Já os Argissolos Vermelhos aparecem nas vertentes de média declividade, ou mesmo nos pequenos topos arredondados.

Nos municípios estudados, a distribuição das duas classes é bastante homogênea quando analisada de maneira geral. Entretanto, há diferenças entre os municípios localizados ao sul e ao norte do rio Ivaí (FIGURA 6). A TABELA 1 mostra a distribuição dos solos em cada município. Vale ressaltar que as informações foram retiradas do Mapeamento de Solos do Paraná (EMBRAPA, 2011) na escala 1:250.000.

Nos municípios ao norte do rio Ivaí os Latossolos são predominantes, representando em média 60,23% da área (desvio padrão= 9,20%). Já ao sul do rio Ivaí, os Argissolos representam 71,34% dos solos dos municípios, em média (desvio padrão= 7,07%).

TABELA 1- DISTRIBUIÇÃO DE SOLOS DOS MUNICÍPIOS ANALISADOS

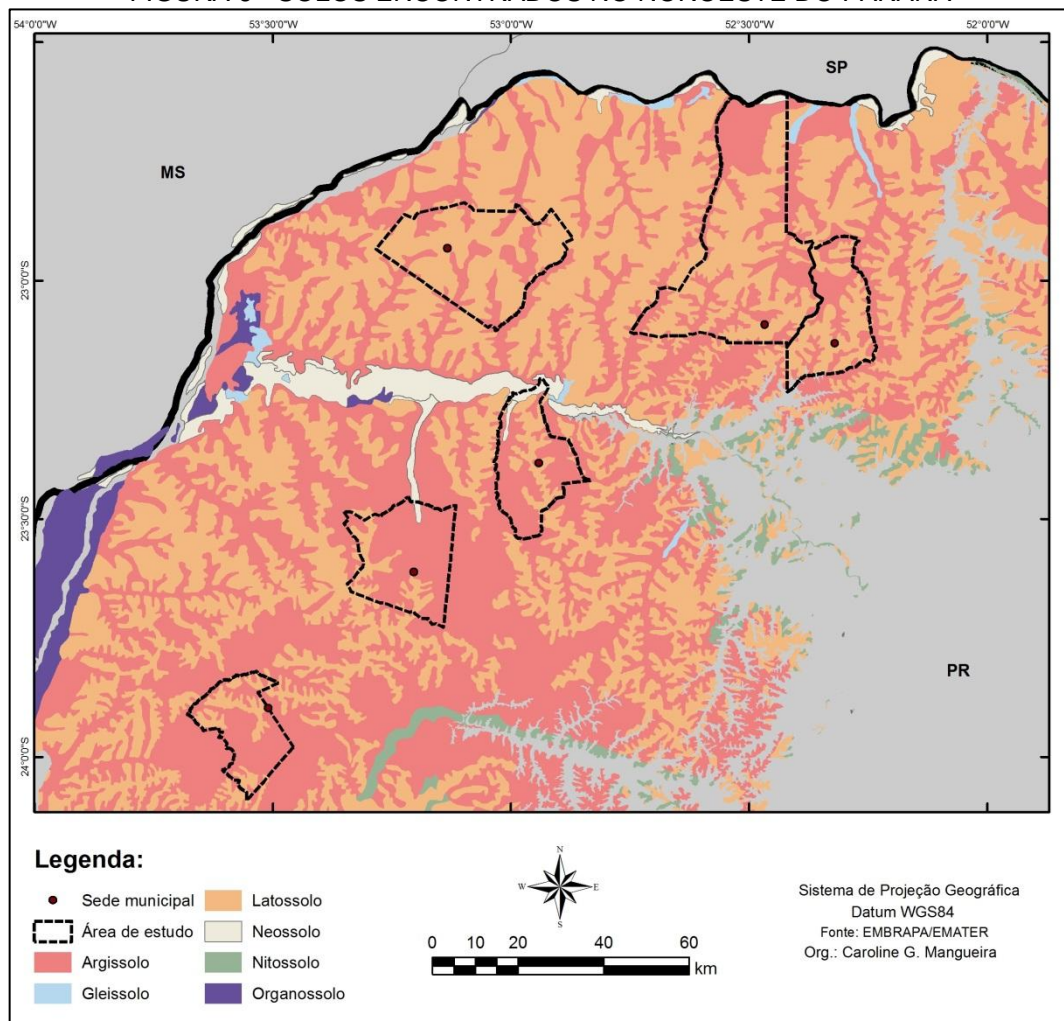
	Município	Área total (Km ²)	Solo	%
NORTE ¹	Paranavaí	1.198	Argissolos	45,8%
			Latossolos	53,4%
			Neossolos	0,8%
	Loanda	720	Argissolos	29,3%
			Latossolos	70,7%
	Alto Paraná	401	Argissolos	43,4%
Latossolos			56,6%	
SUL ¹	Cidade Gaúcha	403	Argissolos	65,5%
			Latossolos	28,3%
			Neossolos	6,2%
	Cafezal do Sul	329	Argissolos	69,3%
			Latossolos	30,7%
	Maria Helena	482	Argissolos	79,2%
Latossolos			19,3%	
Neossolos			1,5%	

FONTE: Embrapa, 2011. Organização: a autora, 2016.

¹ Em relação ao Rio Ivaí.

Por estar localizado preferencialmente no terço superior da vertente, os Latossolos apresentam alto potencial erosivo, por serem espessos, mais homogêneos e com porosidade intercomunicante, o que facilita a infiltração e percolação da água. Já os Argissolos localizam-se preferencialmente nos terços médios e finais das vertentes, onde há rupturas de declividades. Por serem bastante arenosos, constituindo um material com pouca agregação (em nível macro), em superfícies desprovidas de cobertura vegetal tornam-se altamente suscetíveis à erosão por escoamento superficial. Eles também apresentam significativo gradiente textural entre os horizontes superficial e subsuperficial. Tal fato cria condições de circulação hídrica específica, havendo uma retenção de água em profundidade, que gera o surgimento de um fluxo em subsuperfície, capaz de causar a perda de parte do horizonte superficial (WESTPHALEN, 2008; GUERRA e BOTELHO, 2011).

FIGURA 6 - SOLOS ENCONTRADOS NO NOROESTE DO PARANÁ



FONTE: A autora, 2016.

3 EROSÕES URBANAS

O aumento da população urbana brasileira verificado nos últimos anos, tornou imperativa a análise dos processos geomorfológicos, principalmente aqueles verificados na interface entre meio físico natural e os espaços construídos urbanos, uma vez que esses provocam alterações importantes na paisagem.

Pensando na interação homem e ambiente urbano, a Geomorfologia oferece diversas possibilidades na busca de novos parâmetros para a compreensão da ação dos processos geomorfológicos em ambientes construídos – erosões lineares hídricas, movimentos de massa, inundações, entre outros (JORGE, 2011). O crescimento das cidades brasileiras, muitas vezes desordenados e que raramente levam em consideração os condicionantes físicos existentes, promove a intensificação desses processos.

Em geral, no Brasil, os conceitos acerca do papel do homem na modificação e interferência nos processos geomorfológicos tem-se tornado um tema cada vez mais pertinente (SALOMÃO, 1994; SUERTEGARAY, 1997; PELOGGIA, 1998; AB'SÁBER, 2007; JORGE, 2011). A falta de uma abordagem geomorfológica nas políticas urbanas e no planejamento das cidades brasileiras faz com que o tema seja discutido apenas após a ocorrência de problemas sérios ou desastres, infelizmente muitas vezes com perdas de vidas. É indispensável pensar nas características geomorfológicas na hora de prever e propor soluções no campo das políticas públicas urbanas.

De acordo com Douglas (1988), o planejamento urbano deve conter, ao menos, três etapas, sendo fundamental para todas elas, a presença de um profissional especializado em interpretar o relevo urbano: o geomorfólogo urbano (FIGURA 7).

FIGURA 7 - PAPEL DA GEOMORFOLOGIA DENTRO DO PLANEJAMENTO URBANO



FONTE: Adaptado de DOUGLAS (1988).

Grande parte dos municípios brasileiros apresenta problemas de degradação nas áreas urbanas por processos de erosão linear acelerada – ravinas e voçorocas. O resultado imediato do escoamento superficial concentrado são as incisões na superfície do terreno, em forma de sulcos, que podem evoluir, por aprofundamento, para ravinas. Quando a erosão é influenciada não somente pelo fluxo superficial mas também por fluxos subsuperficiais, onde incluímos o lençol freático, ela é chamada de voçoroca (ou boçoroca) (OLIVEIRA, 1993). Esses problemas são causados, principalmente, pela concentração de águas pluviais no processo de escoamento superficial que são lançadas em áreas desprovidas de sistemas adequados de drenagem. Este cenário é agravado dado o clima tropical predominante em nosso país, cujos totais pluviométricos são bem elevados e concentram-se em certas estações do ano (GUERRA, 2011; IWASA e FENDRICH, 1998).

As erosões lineares, basicamente, são resultado da interação entre o agente causador (água) e os fatores condicionantes principais na deflagração dos processos, como regime de chuvas, embasamento geológico, relevo, solos e ação antrópica em suas várias formas de atuação (desmatamento, construção de obras civis, loteamentos).

Ainda sobre os fatores condicionantes para o início dos processos erosivos lineares, a precipitação é a característica climática mais correlata com os problemas erosivos. As características pluviométricas têm uma importância fundamental

quando são consideradas as suas relações com os solos existente na região, bem como com os tipos de atividade de uso da terra, particularmente no que diz respeito às precipitações excepcionais, face à capacidade de saturação hídrica do solo.

A urbanização, como toda obra que interpõe estruturas pouco permeáveis entre o solo e a chuva, faz com que o escoamento seja incrementado com a diminuição da infiltração, promovendo uma mudança de regime de escoamento local. As somas dos processos de ordem natural e de infraestrutura urbana quase sempre levam a uma incompatibilização entre o volume de água pluvial que chega às caixas coletoras distribuídas na cidade e a capacidade da mesma em dar vazão a esse volume, podendo levar ao rompimento da estrutura, formando assim no local uma cicatriz erosiva. Por esse motivo, quando se analisa a erosividade da chuva em ambientes urbanos, podemos afirmar que a resposta desse fator controlador do avanço das erosões é muito importante em relação ao ambiente rural, de modo que a compreensão das dinâmicas pluviais nestas áreas torna-se relevante.

Quanto à influência dos solos, sua morfologia torna-se de fundamental importância para o entendimento da instalação e desenvolvimento das erosões. Para o IPT (1989), três características mostraram-se fundamentais para o desenvolvimento da erosão por ravinas e voçorocas: a textura, evidenciando-se forte susceptibilidade exclusivamente em solos com textura arenosa e média; a estrutura, registrando-se maior incidência de ravinas e voçorocas em solos de estrutura prismática; e a profundidade do solo, pois não se constata ocorrência de voçoroca de grande porte em solos rasos.

Dentro dos centros urbanos, as consequências de se ter um solo com descontinuidade textural ocorrem nas porções não pavimentadas da cidade, onde o terreno de baixa resistência à erosão tem o ravinamento iniciado nas próprias ruas, que são as principais adutoras das águas captadas pelos telhados. Somadas às águas do escoamento local, essas ravinas tendem a se transformarem em voçorocas, ao interceptar o lençol freático.

A compreensão da dinâmica das erosões lineares perpassa pelo entendimento dos processos que atuam na sua formação, como o escoamento superficial, a erosão em túnel (*piping*) e os movimentos de massa, na determinação dos fatores controladores predominantes e na caracterização dos ciclos de estabilidade e instabilidade. Para POESEN et al. (2003), uma das principais

questões a ser respondida pelas pesquisas em erosão linear é a possibilidade de identificar condições críticas para a iniciação, desenvolvimento e estabilização de voçorocas em diferentes ambientes em termos de fluxo hídrico, chuva, topografia, solos e uso da terra.

KIRKBY e BRACKEN (2009) estabelecem que para as feições erosivas se manterem ativas e se desenvolverem, algumas características devem ser levadas em consideração como: apresentar leito com inclinação menor que o da superfície na qual elas incidem e cabeceiras relativamente abruptas, para permitir o desenvolvimento remontante da feição e processo de canal com capacidade para transportar todo o material erodido de sua expansão e de sua bacia de contribuição.

É importante ressaltar que todos os processos supra citados se aplicam a erosões com pouca ou nenhuma pressão antrópica (em áreas rurais principalmente). Para feições localizadas dentro da malha urbana, o limite topográfico de desenvolvimento – ou seja, o ponto de estabilização – não é de fácil reconhecimento, uma vez que alguns processos pertinentes às áreas urbanas mascaram e alteram esse limite, como por exemplo o escoamento superficial e a transposição de bacias – ou seja, emissários que coletam água em uma bacia e despejam em outra.

Dentro das cidades, a expansão lateral e a evolução remontante dessas erosões destroem casas e obras públicas. Quando as águas pluviais são captadas e conduzidas por sistemas de dissipação, o problema pode ter origem no ponto de lançamento dessas águas. Os incrementos das vazões, por ocasião das chuvas intensas, aliando-se às variações do nível freático, promovem no processo erosivo uma dinâmica acelerada, com avanços nas suas dimensões. Essas características de desenvolvimento e avanço da erosão em ambiente urbano trazem riscos à segurança e à economia dos moradores.

Vários estudos concluem que o surgimento e desenvolvimento das erosões leva a importantes perdas de terras e danos à infraestrutura (POESEN et al., 2003; VALENTIN et al., 2005; MAKANZU IMWANGANA, 2014). Além disso, elas representam, muitas vezes, uma das principais fontes de sedimentos dentro bacia hidrográfica, com impactos hidrológicos negativos para toda a área de captação.

Vanmaercke et al. (2016) reafirmam que o entendimento do processo erosivo, seus mecanismos de avanço e seu ponto de equilíbrio são de extrema

importância não só para a Geomorfologia, mas também no ponto de vista ambiental e que, nas últimas décadas, vários estudos visaram compreender as condições de topografia, clima, litologia e uso da terra onde cada tipo de erosão linear se encontra preferencialmente (POESEN et al., 2011; TORRI e POESEN, 2014).

O controle preventivo da erosão urbana requer projetos que envolvam aspectos geotécnicos de caracterização dos fatores e mecanismos relacionadas às causas do desenvolvimento dos processos erosivos, e aspectos urbanísticos de possibilidades e alternativas de ocupação urbana (SALOMÃO, 1999). Além dos aspectos técnicos envolvidos, dispositivos legais específicos e mecanismos administrativos também são necessários.

A ocorrência de erosões lineares dentro da área urbana é distribuída ao longo de todo o território brasileiro. Inúmeros estudos apontam para o surgimento de novas feições principalmente nas áreas periurbanas, locais alvos da expansão da cidade.

Na região Norte do Brasil, a cidade de Manaus/AM se destaca com o maior número de ocorrência de erosões dentro da área urbana. Só no bairro Distrito Industrial 2 são 26 feições encontradas (VIEIRA e MOLINARI, 2006; DONALD et al, 2009), colocando em risco a população que mora no entorno das feições. Na região Nordeste, merece destaque os estados de Pernambuco e Bahia, com várias cidades que apresentam erosões urbanas e periurbanas (OLIVEIRA, 2005; ALBUQUERQUE, 2012).

Na região Centro-Oeste, o processo acelerado de urbanização e o crescimento desordenado da cidade de Goiânia e municípios vizinhos, fez com que essas cidades perdessem a cobertura vegetal de maneira muito rápida a partir dos anos 1950, expondo o solo aos processos erosivos de grande magnitude (OLIVEIRA, 2005). Atualmente, a falta de planejamento e infra-estrutura agrava o problema, fazendo com que novas feições surjam nas periferias da cidade (CASTRO et al, 2004).

Na região Sudeste, o Estado de São Paulo é pioneiro no cadastramento de erosões no Brasil, urbanas e rurais, através de relatórios técnicos produzidos pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) e pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) desde a década de 1980. Vários produtos voltados à caracterização do meio físico foram elaborados, com o intuito de

identificar áreas com maior potencial ao desenvolvimento de processos erosivos e subsidiar ações do governo no sentido de controle do processo e gerenciamento das bacias hidrográficas. Atualmente, o banco de dados cadastral do IPT/DAEE conta com 1.398 processos erosivos em áreas urbanas e 39.864 processos erosivos em área rural (IPT, 2012). Considerando que mais de 90% da população paulista vive em cidades, a erosão urbana pode ser considerada a forma mais agressiva e preocupante de perda de solo no Estado de São Paulo no final do século XX (BARRETO, 2007).

Na região Sul, é notório o destaque da região noroeste do Paraná para a quantidade e extensão das erosões urbanas encontradas, que será melhor abordada no capítulo específico sobre o seu processo de ocupação.

A região sudoeste do Rio Grande do Sul, incluindo os municípios de Itaqui, São Francisco de Assis, Manuel Viana, Alegrete, Santana do Livramento, entre outros, sofrem processos erosivos que tem causado sua arenização. A gênese do processo é natural, no entanto sua aceleração deve-se ao uso da terra inadequado, com o superpastoreio e expansão da lavoura da soja e sua mecanização (SUERTEGARAY, 1996). Os processos de formação de ravinas e voçorocas tem ocorrido principalmente nos interflúvios e meia encosta limitadas à montante por escarpas areníticas. A pouca cobertura vegetal acelera o escoamento superficial, dando origem a ravinas e voçorocas nas encostas e leques arenosos nos sopés. A ação eólica também contribui para a evolução dos areiais.

Por fim, vale salientar que a pesquisa brasileira em erosão do solo é recente. Embora os primeiros trabalhos tenham surgido ainda no final da década de 1940, aproximadamente metade da produção científica, na forma de artigos, foi publicada apenas a partir de 1990 (BARRETO, 2007) e estes foram prioritariamente discussões sobre a erosão rurais. O destaque para as erosões encontradas na área urbana e periurbana nos eventos científicos é muito mais recente. É importante destacar o papel do Simpósio Nacional de Controle de Erosão, que encontra-se na sua 11ª edição. Ele é o principal evento aglutinador de pesquisadores sobre o tema no Brasil, que procuram apresentar e discutir seus resultados mais recentes. Atualmente, o simpósio encontra-se vinculado aos eventos promovidos pela ABGE.

3.1. FEIÇÕES RESULTANTES DE MECANISMOS DE FORMAÇÃO E EVOLUÇÃO DE EROSÕES

As erosões encontradas dentro das cidades não diferem daquelas encontradas em ambiente sem pressão antrópica no que diz respeito aos mecanismos que atuam para a sua evolução em diferentes escalas, temporais e espaciais. Todas derivam de rotas tomadas pelos fluxos de água, que podem ocorrer na superfície ou em subsuperfície (COELHO NETO, 1998). Esses mecanismos são agravados a partir do momento em que o escoamento superficial se concentra e converge para o interior das erosões com mais rapidez e com maior volume do que em ambientes sem ou pouca interferência antrópica.

Segundo Oliveira (1999), os principais mecanismos envolvidos no processo erosivo são: deslocamento de partículas por impacto de gotas de chuva, transporte de partículas por fluxo concentrado, erosão por quedas d'água, liquefação de materiais de solo, arraste de partículas por percolação e por fluxos concentrados em túneis ou dutos, solapamento da base de taludes e movimentos de massa localizados. Como considerações mais aprofundadas sobre a dinâmica que caracteriza cada mecanismo escapa aos objetivos desse trabalho, serão enumerados a seguir as feições que resultam da atuação de tais mecanismos. Oliveira (1999) ainda salienta que a observação da ação de mecanismos específicos em campo é relativamente rara, portanto a identificação de feições erosivas assume importância na etapa de cadastramento de voçorocas e ravinas e pode, conforme os recursos financeiros disponíveis, tornar mais preciso o dimensionamento de eventuais medidas corretivas a serem implantadas. Podemos, portanto, listar as feições erosivas a seguir:

- a) **Pedestais ou *demoiselles***: indicam a ocorrência de salpicamento intercalado com remoção das partículas pelo escoamento superficial. Em geral, essas feições são formas residuais esculpidas abaixo de um objeto cuja a densidade não permitiu a sua remoção (grânulos e seixos de minerais variados. São muito comuns no interior de incisões erosivas ou vertentes desprovidas de vegetação;
- b) **Sulcos e ravinas**: formados no interior das voçorocas, indicam as rotas de organização do escoamento superficial concentrado;

- c) **Alcovas de regressão:** são feições erosivas que podem ser observadas 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;
- d) **Fendas e dutos (*pipes*):** indicam a existência de movimento generalizado da encosta em torno da incisão erosiva. Podem ser formados por movimentos translacionais profundos, por tração nas bordas da incisão, ou por expansão e contração de argilominerais do tipo 2:1 com substituições octaédricas. Tais feições podem servir de passagem para a água vinda tanto da superfície da encosta, quanto do lençol freático;
- e) **Movimentos de massa:** constituem uma enorme variedade de feições erosivas (quedas de areia, quedas de torrões). As mais comuns estão associadas à extensão para montante ou alargamento. Em geral, a sua ocorrência pode ser facilmente identificada pelos resíduos deixados imediatamente abaixo das bordas da incisão;
- f) **Poças de insurgência:** indicam áreas de ressurgência do lençol freático, ao longo da incisão erosiva. Sua identificação é fundamental para o correto dimensionamento de eventuais estruturas de correção da erosão;
- g) **Marmitas ou painelas:** indicam a atuação de erosão por quedas d'água na base de taludes ou de degraus no interior de voçorocas.

A correta identificação dessas feições torna possível um diagnóstico preliminar sobre a atividade da erosão e avaliação das interações possíveis entre mecanismos individuais no interior da erosão e seu entorno.

3.2. PLANEJAMENTO E DRENAGEM URBANA

Segundo Mota (2003), as três principais diretrizes a serem consideradas no planejamento das cidades sustentáveis seriam: o disciplinamento do uso da terra, o controle do parcelamento do solo e a implantação de sistema viário eficaz. O autor afirma que se utilizando os dispositivos legais necessários, tais como o zoneamento

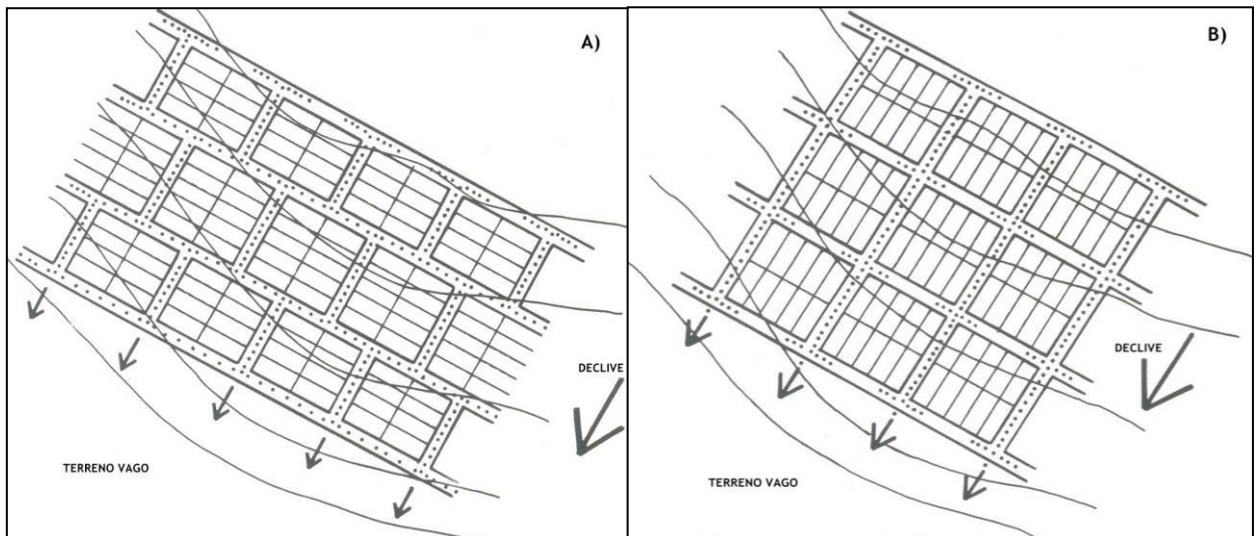
urbano e ambiental, o planejamento urbano encontra-se munido dos recursos necessários à projeção e implantação de obras ambientalmente saudáveis.

Nesse ponto de vista, o desenho do traçado urbano surge como o elemento que se não for concebido de forma compatível aos atributos geomorfológicos da área, pode resultar em degradação do meio físico (MATHIAS, 2011). Para que a instalação de um loteamento seja feita de maneira adequada é importante que sejam observadas algumas recomendações básicas relativas ao desenho da malha urbana e sua relação com a topografia.

Moretti (1987) apresenta uma série de orientações para a elaboração de projetos de loteamento, dentre as quais considera o atributo clinográfico como o de maior importância, assim como a compartimentação do relevo em função do mesmo. Outro fator apontado pelo autor refere-se à orientação do arruamento e a hierarquização das vias, cuja projeção deve se pautar na topografia, visando com isso minimizar trabalhos de terraplanagem e facilitar o escoamento pluvial e de efluentes. Ele também faz referência às linhas de drenagem natural, em que se deve atentar às áreas de captação do fluxo pluvial e às áreas de proteção (mananciais).

Iwasa e Fendrich (1998) enfatizam que dentre as principais causas do desencadeamento e da evolução dos processos erosivos nas áreas urbanas, destaca-se o traçado inadequado do sistema viário (FIGURA 8), muitas vezes agravado pela falta de pavimentação, guias e sarjetas e, juntamente com isso, a deficiência do sistema de drenagem de águas pluviais e servidas (tanto nas formas de captação, como na dissipação).

FIGURA 8 - REPRESENTAÇÃO DE SISTEMAS VIÁRIOS IMPLANTADOS NAS ÁREAS URBANAS. A) SISTEMA VIÁRIO ADEQUADO, DISSIPANDO A ENERGIA DAS ÁGUAS PLUVIAIS; B) SISTEMA VIÁRIO INADEQUADO, CONCENTRANDO AS ÁGUAS PLUVIAIS PARA OS PONTOS DE DESCARGA.



FONTE: SEDU, 1994.

Outro aspecto à ser levado em consideração no planejamento urbano é a produção de sedimentos. Durante o desenvolvimento urbano o aumento da produção de sedimentos da bacia hidrográfica é significativo, devido às construções, limpeza de terrenos para novos loteamentos, construções de ruas, avenidas, etc. Quando a bacia hidrográfica está completamente ocupada e o solo praticamente impermeabilizado, a produção de sedimentos tende a decrescer, passando o problema para as porções da cidade não impermeabilizadas (novos loteamentos, por exemplo), e aumentando o volume de água concentrada nas superfícies impermeáveis. Guy² (1967 apud TUCCI e COLLISCHONN, 1998) mostra que os sedimentos nas áreas urbanas muitas vezes são gerados em terrenos particulares, mas quando atingem o leito do rio ou canal passam a ser encarados como um problema público, demandando do poder público uma solução.

Salomão (1999) destaca quatro fatores como as principais causas do desencadeamento e evolução da erosão nas cidades:

- a) **Plano de obra inadequado do sistema viário.** As ruas, quando pavimentadas, dispõem, em geral, de galerias pluviais, mas nem sempre

² GUY, H.P. Research needs regarding sediment and urbanization. *Journal of hydraulics division*. ASCE, v.93, n.HY 6, p.247-254, 1967.

onde existem galerias existe pavimentação. Ruas sem pavimento, em áreas urbanas muito suscetíveis à erosão, provocam o entupimento de galerias, especialmente quando apresentam declividades insuficientes para favorecer o transporte do solo depositado.

- b) **Traçado inadequado do sistema viário, não considerando a declividade e comprimento das vertentes.** Os volumes de escoamento devem ser parcelados para que os coletores tenham o menor diâmetro possível. Em certos casos, para controlar a direção do escoamento superficial e sua vazão, deve-se prever a implantação de lombadas transversais à direção de fluxo de água, e desviar as águas das ruas e estradas até um local de controle seguro.
- c) **Deficiência do sistema de drenagem de águas pluviais e servidas.** Sempre que possível, os projetos devem considerar toda a área de drenagem que contribui para o escoamento superficial, com estudo prévio da planta topográfica da cidade, desenvolvendo os planos para o sistema de drenagem e prevendo as ruas com ou sem pavimento.
- d) **Expansão urbana descontrolada.** A implantação de loteamentos e conjuntos habitacionais, especialmente em locais que apresentam terrenos suscetíveis a processos de ravinamento e/ou voçorocamentos, deve ser antecedida por cuidadoso estudo da suscetibilidade à erosão, adequando os projetos à natureza dos terrenos e prevendo-se obras de controle da erosão.

Para resolver o problema de impermeabilização, escoamento concentrado do fluxo pluviométrico e controle de sedimentos em áreas urbanas, alguns países principalmente os europeus, desenvolveram o controle estrutural distribuído, também conhecido como BMP (*Best Management Practices*), que envolvem programas de controle da quantidade e qualidade da água e dos sedimentos através de ações aplicadas na bacia hidrográfica urbana.

As principais ações de controle são: implantação de bacias de infiltração, que são trincheiras que permitem que o escoamento recupere as suas condições naturais; construção de áreas úmidas, utilizadas como um reservatório com lâmina de água, para retenção de sedimentos; pavimentos permeáveis que permitem maior infiltração da precipitação, utilizado principalmente em praças e estacionamentos de

carros leves; e construção de reservatórios de retenção, que atuam basicamente na retenção do volume de água da chuva por períodos determinados, para que a água não chegue aos pontos de dissipação ao mesmo tempo.

Devido às consequências de projetos mal executados, a drenagem urbana representa hoje uma fonte importante de prejuízos para a população das cidades. Muito pouco tem sido realizado no sentido de precaução e controle desse processo no Brasil. A posição comumente adotada é a de resignação frente à uma possível fatalidade provocada por um evento natural, quando na realidade, a fatalidade só ocorreu porque o impacto foi gerado pela urbanização inadequada, sem regulamentação ou medidas preventivas.

A drenagem urbana tem sido desenvolvida nas cidades do noroeste do Paraná, em sua maioria, dentro da premissa estrutural onde os impactos são transferidos de montante para jusante, sem nenhum controle de suas fontes. Nakashima (1999) salienta que a implantação e expansão das cidades do noroeste do estado, localizadas em terreno de alta suscetibilidade aos processos erosivos deveriam seguir diretrizes de projetos de loteamento que contenham orientações de controle de erosão urbana, principalmente relacionadas às obras de drenagem.

3.3. SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE CRITICIDADE

Conforme exposto anteriormente, a questão dos processos erosivos dentro da área urbana tem exigido maior atenção por parte do poder público. Nesse cenário, a elaboração de um sistema que identifique quais são os locais mais urgentes para a intervenção de obras públicas se mostra necessário e premente.

Segundo Diniz (2006), o objetivo de uma classificação é organizar conhecimentos e informações, descobrir e entender relações entre classes, lembrar propriedades, estudar novas relações e princípios, e estabelecer subdivisões, facilitando o uso para prever comportamentos e identificar as limitações e aptidões do objeto estudado.

São várias as propostas que abordam a classificação (ou a divisão) de áreas em classes, na tentativa de reunir padrões semelhantes de comportamento diante do processo erosivo. Uma dessas propostas, largamente difundida, é o mapa de suscetibilidade à erosão (linear ou laminar). Essa proposta traz como base de

análise os fatores naturais, indicando quais são as áreas propícias ao desenvolvimento dos processos erosivos (DAEE/IPT, 1989; SALOMÃO, 1999; CAMPAGNOLI, 2002; DINIZ, 2006). Após a análise dos fatores (tais como erosividade, erodibilidade, declividade, comprimento de encostas, entre outros), são definidas classes de suscetibilidade à erosão, que normalmente vão do pouco ao muito suscetível.

Um mapa de suscetibilidade à erosão reflete as características naturais dos terrenos, em face do desenvolvimento dos processos erosivos. Entretanto, o processo é também condicionado pela ação antrópica, por meio das formas de uso e ocupação da terra. Áreas com o mesmo nível de suscetibilidade mas com formas de ocupação diferenciadas apresentam potenciais diferentes ao desenvolvimento da feição erosiva. O potencial à erosão, portanto, pode ser definido como o resultado da interação entre a suscetibilidade dos terrenos em desenvolver erosão e a ocupação atual das terras. Também constitui um instrumento para identificar os locais prioritários para intervenção do poder público nas cidades.

Outro instrumento que representa as características do meio físico, apontando suas limitações e potencialidades dos terrenos para a ocupação urbana é a carta geotécnica. As orientações de uma carta geotécnica podem ser utilizadas no plano diretor, na lei do parcelamento do solo urbano, subsidiando diretrizes de projetos de loteamento, auxiliando na determinação do zoneamento de uso do solo, na delimitação do perímetro urbano e no direcionamento do vetor preferencial da expansão urbana (IWASA e FENDRICH, 1998).

4 A OCUPAÇÃO DO NOROESTE DO PARANÁ E O INÍCIO DO PROBLEMA DAS EROSÕES LINEARES

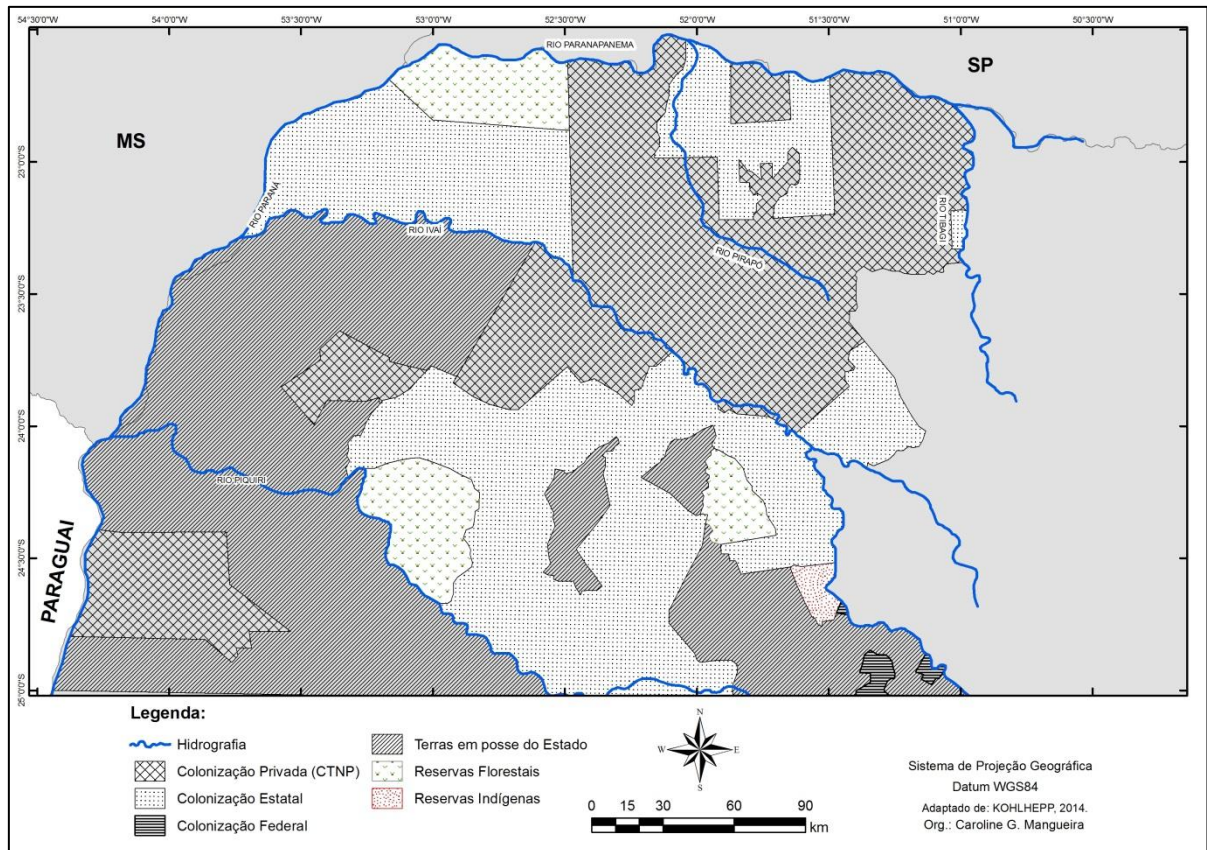
Os movimentos iniciais de ocupação do norte e noroeste do Paraná datam do século XIX. Surgiram a partir da ação dos fazendeiros e tropeiros mineiros em busca de novas áreas de produção e aquisição de terras. Em meados da década de 1920, estimulados pela construção da estrada de ferro que ligava São Paulo ao Paraná, um novo pulso de povoamento se registrou. Esperançosos pelo avanço que a melhor conexão trazia, as fazendas de café se multiplicaram e os núcleos urbanos começaram a se desenvolver ao longo da estrada de ferro. Ao mesmo tempo, companhias imobiliárias se organizavam para parcelar glebas rurais. Iniciava-se assim a implantação de cidades nessa região, onde esse movimento seria a garantia de êxito da cafeicultura no Estado em meados dos anos 1940 (ROSANELI,2013).

A contribuição mais significativa para a exploração e desenvolvimento econômico do norte/noroeste do Paraná foi feita pela companhia colonizadora inglesa de iniciativa privada “Companhia de Terras Norte do Paraná”. A CTNP foi fundada pelo escocês Lord Lovat, especialista em agricultura, reflorestamento e colonização (fundação de cidades) para propósitos econômicos específicos. À convite do governo brasileiro, Lovat, em 1924, estudou a possibilidade de desenvolvimento econômico em diferentes regiões do país – tendo em vista principalmente o cultivo do algodão como matéria-prima para a indústria têxtil inglesa nos solos férteis de “terra roxa”. No mesmo ano, a CTNP, com sede em São Paulo, teve a tarefa de comprar terras, conduzir a exploração e recrutar colonos. Até 1928, a companhia já tinha obtido 12.500 km² de área de floresta ao sul do rio Paranapanema e a oeste do rio Tibagi (FIGURA 9).

Em 1944, a britânica Cia. de Terras Norte do Paraná foi vendida a um grupo de brasileiros empreendedores. Em 1951, mudou seu nome para Companhia Melhoramentos Norte do Paraná, mas a constituição técnica continuou sob os comandos do antigo engenheiro chefe inglês e sob o mesmo sistema. Após a venda da ferrovia São Paulo-Paraná para a União, o plano de uma ligação ferroviária entre São Paulo na direção sul até o rio Paranapanema foi descartado, sob alegação que o arenito que se sobrepunha as capas vulcânicas ocasionava a ausência do tão esperado solo fértil de “terra roxa” (KOHLHEPP, 2014). Sendo assim, a única ligação

viável nesse primeiro momento entre as cidades produtoras e as cidades de escoamento da produção, seria por meio viário.

FIGURA 9 - COLONIZAÇÃO PRIVADA E ESTATAL NO NORTE/NOROESTE DO PARANÁ

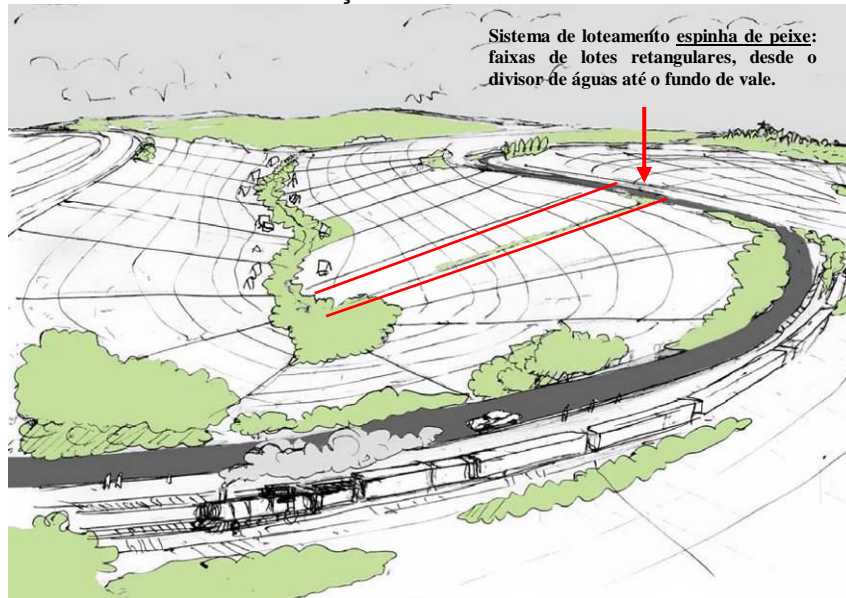


FONTE: Adaptado de KOHLHEPP, 2014.

A venda de terras foi feita na forma de pequenas e médias propriedades, com a área dos terrenos em média de 40 hectares. O desejo da companhia colonizadora era garantir a todos os compradores de terra tanto uma ligação viária para as estradas de rodagem, que passavam pelas cumeeiras dos divisores de águas, quanto o acesso à água. A distribuição em forma de faixas dos lotes retangulares, desde o divisor de águas até o fundo do vale, facilitava, no ponto de vista organizacional, a avaliação dos terrenos, e deu a todos os colonos partes iguais às unidades com diferenças naturais entre si (principalmente diferenças pedológicas). Esse sistema de lotemaneto é chamado de Waldhufen, que ficou mais conhecido como sistema espinha de peixe (FIGURA 10). Esse sistema já era largamente difundido na Alemanha e foi trazido pelos técnicos europeus e

implantado anteriormente no Rio Grande do Sul e Santa Catarina (KOHLHEPP, 2014).

FIGURA 10 - OCUPAÇÃO DAS PROPRIEDADES RURAIS



FONTE: CMNP, 1977

Na divisão planejada da área em núcleos funcionais, foram criados grandes centros urbanos de 100 km em 100 km ao longo do eixo leste-oeste formado pela ferrovia e pelas rodovias que passavam nos divisores de águas. Esse foi o caso de Londrina, Maringá, Cianorte e Umuarama. Nesse espaço, surgiram também sobre os espigões pequenos centros urbanos, distantes 12 a 17 km entre si, ao longo das estradas rodáveis durante todo o ano.

Esses centros menores serviam como ponto de apoio – compra de suprimentos básicos e serviços – para a crescente população da região. É importante ressaltar, entretanto, que embora a colonização implementada por companhias privadas não tenha atingido toda a área do noroeste do estado, se desenvolvendo principalmente na região de Londrina e Maringá, a forma de ocupação e uso da terra, além da cafeicultura, se desenvolveram aos mesmos moldes, em especial a estruturação fundiária e urbano-viária (MENDONÇA, 1993).

As atividades desenvolvidas dentro da propriedade eram distintas. A cultura de café só era bem sucedida na porção mais alta da propriedade, e já desde cedo a pecuária extensiva se estabeleceu nos fundos de vale. Entre 1930 e 1950 houve uma migração de mais de meio milhão de pessoas para a região ao norte do rio

Piquiri e a oeste do Tibagi. No ano de 1950, 60% da população dessa região vivia na área de colonização da CTNP. É na década de 1950 também que o processo de fundação de cidades se tornaria mais intenso e concentrado, no qual praticamente a metade das cidades surgiu. O curto período entre 1951 a 1953 teve uma média de 11 cidades fundadas por ano (ROSANELI, 2013).

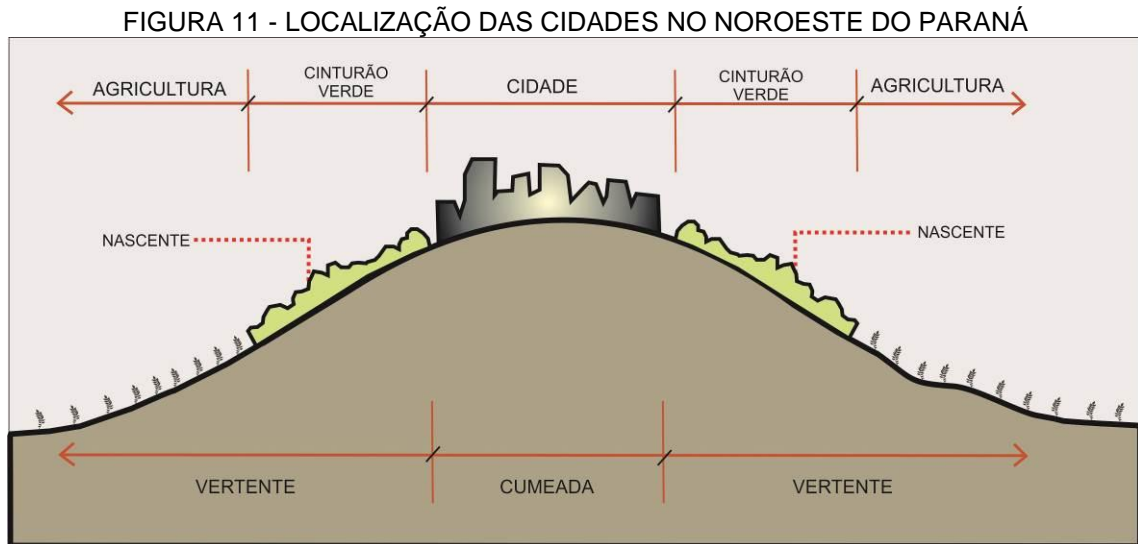
A partir de 1960 teve início a decadência do ciclo do café no mercado, causada, sobretudo, pelo excesso de produção no Brasil e dos outros países produtores, pelas geadas no início dos anos de 1970, além de uma política desfavorável resultante da conjuntura política mundial (DELGADO, 2007). Na região noroeste do estado, a cultura do café foi substituída pelo avanço da área de pastagem, atividade que se adaptou às condições impostas pelo solo arenoso.

Segundo a própria CMNP³ (1977 apud ROSANELI, 2013), as cidades implantadas pela Cia. cresceriam praticamente por si, pois o trabalho da CMNP e tantas outras companhias privadas, se limitou a planejá-las e a construir um escritório, uma estação de jardineiras e uma escola. Não é difícil achar relatos sobre a infraestrutura das cidades implantadas. Yamaki (2006) relata que fossas eram abertas sem dificuldade técnica. As águas das chuvas corriam livremente pela superfície, dificultando o circular de pessoas e carroças. “[...] Aliás, a topografia e o projeto de arruamento facilitam a drenagem da cidade óra projetada” (CARTÓRIO DE REGISTRO DE IMÓVEIS DA COMARCA DE FOZ DO IGUAÇÚ, 1952). Voçorocas, no entanto, eram provocadas pela concentração das águas nos pontos baixos da malha urbana, problemas estes que somente seriam pensados anos adiante.

Por meio dos planos urbanísticos inicialmente projetados e executados pelas companhias imobiliárias privadas, podemos extraír um aspecto bastante importante: todos os planos estão implantados na porção superior do terreno, ou seja, a malha urbana se instalou a partir dos divisores de águas (FIGURA 11). Segundo Rosaneli (2006), se todos os planos urbanísticos possuem lógica similar de implantação, pode-se sustentar também semelhante interação com o fundo de vale e a rede hidrográfica: a relação é quase nula. “Os planos ignoram os cursos d’água para dar

³ COMPANHIA MELHORAMENTOS NORTE DO PARANÁ. Colonização e Desenvolvimento do Norte do Paraná. 2ed. São Paulo: Ave Maria, 1977.

continuidade à regularidade da trama ortogonal. A retícula é mais forte do que o lugar” (ROSANELI,2006).



FONTE: Adaptado de CMNP, 1977.

À luz dessas questões sobre morfologia urbana, podemos nos aprofundar na questão geomorfológica da região, tentando compreender como essa configuração planejada das cidades influenciou, e ainda influencia, a formação e o desenvolvimento das erosões lineares.

O relevo dessa porção do estado caracteriza-se pelas vertentes longas e topos aplainados (SANTOS et al, 2006). A ocupação acarreta na compactação e impermeabilização do solo ao longo das vertentes, o que evita a infiltração da água da chuva, que passa a escoar pelas vertentes em sentido ao vale. Cabe resaltar que nessa condição, a energia do escoamento é maior. De acordo com o relatório técnico desenvolvido pela SUCEAM (1994), a instalação de loteamentos nos divisores associados ao padrão viário, que se apresenta em vias longas e situadas perpendicularmente às curvas de nível, aceleram a concentração e escoamento de água pluvial, acentuando o desenvolvimento de processos erosivos. O desenvolvimento dos processos está associado à velocidade do escoamento superficial ao longo da rede viária e a presença de solos descobertos à jusante das vertentes, com características de textura, estrutura, coesão e profundidade favoráveis. (WESTPHALEN, 2008).

Ao instalar a parte central das cidades no topo, o arruamento e as demais ocupações ocorreram ao longo das vertentes no sentido montante-jusante. Como as vertentes são longas e declividades baixas, a água pluvial concentra-se mais, aumentando a velocidade e a energia do escoamento. A erosão linear, iniciando-se na parte inferior da vertente, faz o seu caminho remontante atingindo os núcleos urbanos.

A erosão linear avançada (voçorocas) nas recém-criadas cidades do noroeste do Paraná foi inicialmente percebida no final da década de 1940 (FIGURA 12), quando surgem os primeiros relatos, como indica Kurowski,

“A erosão anormal é um problema recente no estado do Paraná. A região mais erodível é justamente aquela do arenito Caiuá que teve seu início em 1948 com as primeiras derrubadas. Desde então, a aceleração do ritmo da erosão vem se alastrando até os nossos dias, sem que fossem tomadas medidas necessárias para frear a formação de voçorocas e outras formas topográficas anormais de erosão causada pela desmatamento sistemática e contínua do homem. [...] a erosão está em um ritmo tão acelerado que está destruindo partes das cidades, vias de comunicações e criando problemas de abastecimento de água do subsolo. [...] A erosão é um problema social. Os habitantes dessa zona já não podem mais dormir sossegados. Chegam a abandonar suas residências quando começa a chover. O perigo é eminente, de um momento para outro a erosão pode tragar suas casas.” (KUROWSKI, 1962, p.8-9).

FIGURA 12 - EROSÕES DA DÉCADA DE 1960 NA CIDADE DE COLORADO - PR



FONTE: SANTOS e WESTPHALEN (2014). Organizado pela autora.

No início de 1954, a Sociedade Brasileira de Conservação do Solo (SBCS) promoveu uma visita aos campos de café e as cidades da região juntamente com pesquisadores e técnicos estrangeiros. Apesar das evidências dos danos às

idades, nenhuma medida governamental foi tomada. Ainda em 1954, a 7ª Inspetoria Regional do Serviço de Proteção aos Índios publicou um parecer técnico, atentando para os riscos iminentes de erosão nas futuras áreas a serem colonizadas no noroeste.

“Região esta, para cuja constituição geológica é necessária chamar a atenção do governo e interessados, apontando os futuros riscos que as glebas da mencionada zona possam correr, se a destruição da mata primitiva prosseguir com a intensidade que tem sido levado a efeito, nestes últimos anos.

Afigura-se-nos uma insensatez face a esses fenômenos alarmantes do noroeste paranaense, o Estado não tomar medidas drásticas e urgentes. E a única solução aconselhável é impedir a destruição das florestas ainda remanescentes e que realizam a benéfica obra de impedir a erosão dos terrenos e a desastrosa libertação das areias prenunciadoras dos futuros desertos” (PROSSER, 2004, p.164).

Entre os anos de 1960 e 1966, começam as primeiras políticas públicas de combate à erosão no estado. A Secretaria de Viações e Obras Públicas e Paranavaí recebeu Cr\$ 20 milhões de cruzeiros para a realização das primeiras obras (CASAGRANDE, 2012) e foi instituído dentro do Departamento de Edificações e Obras Públicas uma Seção de Combate à Erosão, que contribuiu para a organização sistemática da problemática. A partir de então, a Comissão de Estudo dos Recursos Naturais Renováveis - CERENA, por intermédio de uma associação entre o Estado e a União Federal, realizou o levantamento de reconhecimento dos solos do noroeste, cujo trabalho resultou em um mapa na escala 1:400.000, tornando-se um importante subsídio na avaliação dos riscos erosivos regionais.

Em fevereiro de 1967, um acordo internacional foi assinado em Buenos Aires com o objetivo de estudar e garantir o desenvolvimento de cinco áreas problema dos países da Bacia do Prata (Brasil, Paraguai, Uruguai, Argentina e Bolívia) – uma delas, o noroeste do Paraná (SANTOS, 1976). O escritório regional da Organização dos Estados Americanos-OEA, apresentou um estudo denominado “Programa da Bacia do Prata” contendo as bases de cinco subprogramas regionais, entre eles o da bacia do rio Bermejo na Argentina e o do noroeste do Paraná – ambas regiões com problemas relacionados ao risco de erosão dos solos.

De 1971 a 1972, a OEA e o Departamento Nacional de Obras de Saneamento trabalharam juntos e definiram normas técnicas e processos de combate ao fenômeno em centros urbanos. O estudo foi chamado de “Projeto Noroeste – Estudo para o desenvolvimento regional do noroeste do estado do

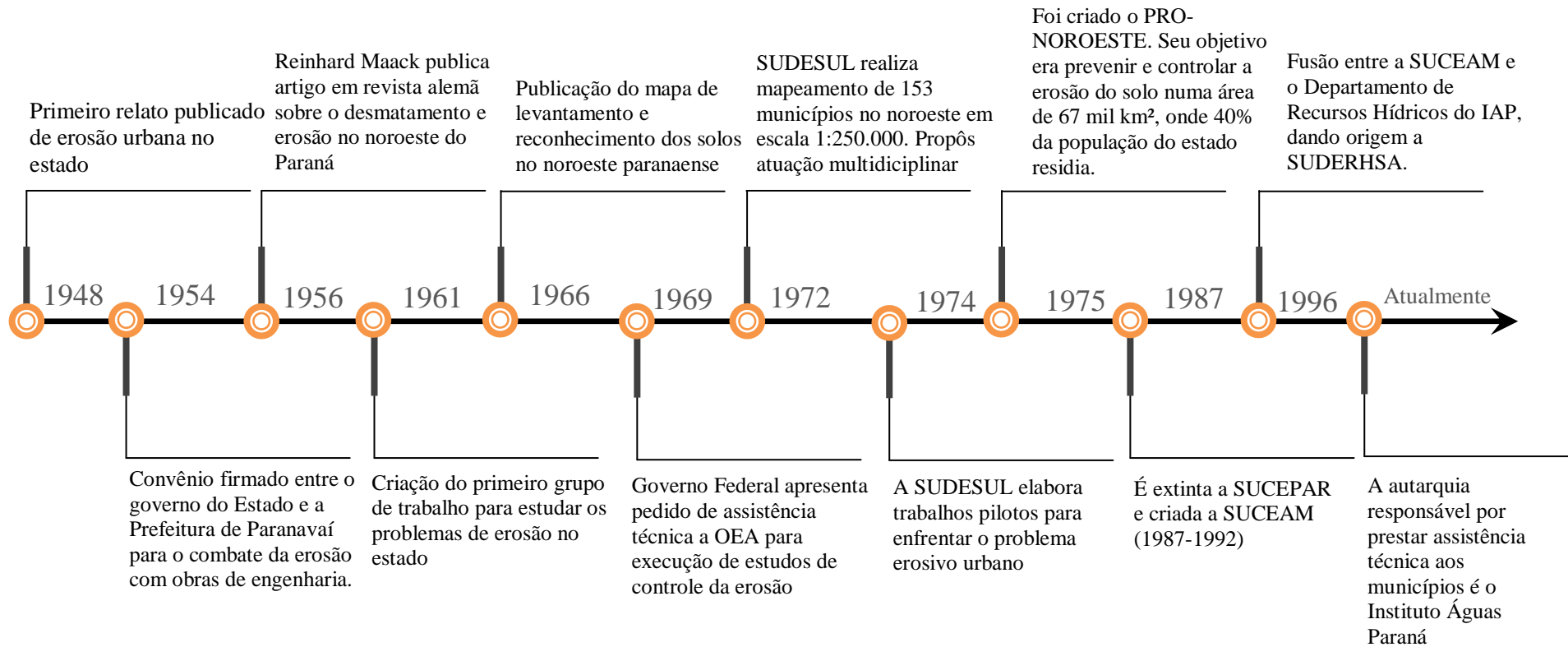
Paraná”, efetivado em três fases, e concluído em setembro de 1974. Em 1976 foi criada a SUCEPAR - Superintendência do Controle da Erosão no Paraná, sob controle administrativo da Secretaria de Estado do Interior, autarquia destinada a contratar, executar, planejar e fiscalizar, todos os serviços técnicos e administrativos relativos aos problemas da erosão urbana.

Nos anos 1980, a fim de possibilitar o pleno atendimento aos casos de emergência e proceder à manutenção do ritmo de trabalho, a SUCEPAR manteve em funcionamento três unidades de fabricação de tubos de concreto destinados a obras de drenagem para o combate à erosão, localizadas em Arapongas, Cruzeiro do Oeste e Paranaíba. Ampliando sua área de atuação para todo território paranaense, antes restrita a apenas 161 municípios da região noroeste do Paraná (CASAGRANDE,2012).

Em 1987, foi extinta a SUCEPAR e instituída a Superintendência de Controle da Erosão e Saneamento Ambiental (SUCEAM). No ano de 1996, por meio da fusão entre a SUCEAM com o Departamento de Recursos Hídricos do IAP, originou-se a Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA).

Atualmente, a autarquia responsável por prestar assistência técnica aos municípios, bem como elaborar, planejar e executar programas, ações e projetos técnicos para o controle de problemas relacionados à erosão é o Instituto das Águas do Paraná. Ao longo do tempo, a erosão passa a não ser mais o objetivo principal dos órgãos reguladores, uma vez que perde a notoriedade atingida nas décadas de 60 e 70 (FIGURA 13).

FIGURA 13 - SÍNTESE DA GESTÃO DA EROÇÃO ACELERADA DOS SOLOS NO PARANÁ



FONTE: Adaptado de CASAGRANDE, 2012.

Nos quase 80 anos de ocupação da região noroeste do Paraná, a abordagem sobre os problemas ocasionados pelas voçorocas dentro dos municípios é compreendida de maneiras diferentes. Em um primeiro momento, o processo foi tratado como sendo de responsabilidade da engenharia, onde suas obras de contenção seriam as únicas maneiras de frear o avanço das erosões. Após esse período, compreendeu-se que as feições erosivas eram mais complexas, envolvendo não apenas questões técnicas, mas também fatores naturais e compreensão da dinâmica dos processos para indicar a tipologia de obras mais adequadas. Mais tarde, nota-se a importância da discussão no tocante aos impactos negativos e riscos sobre a população.

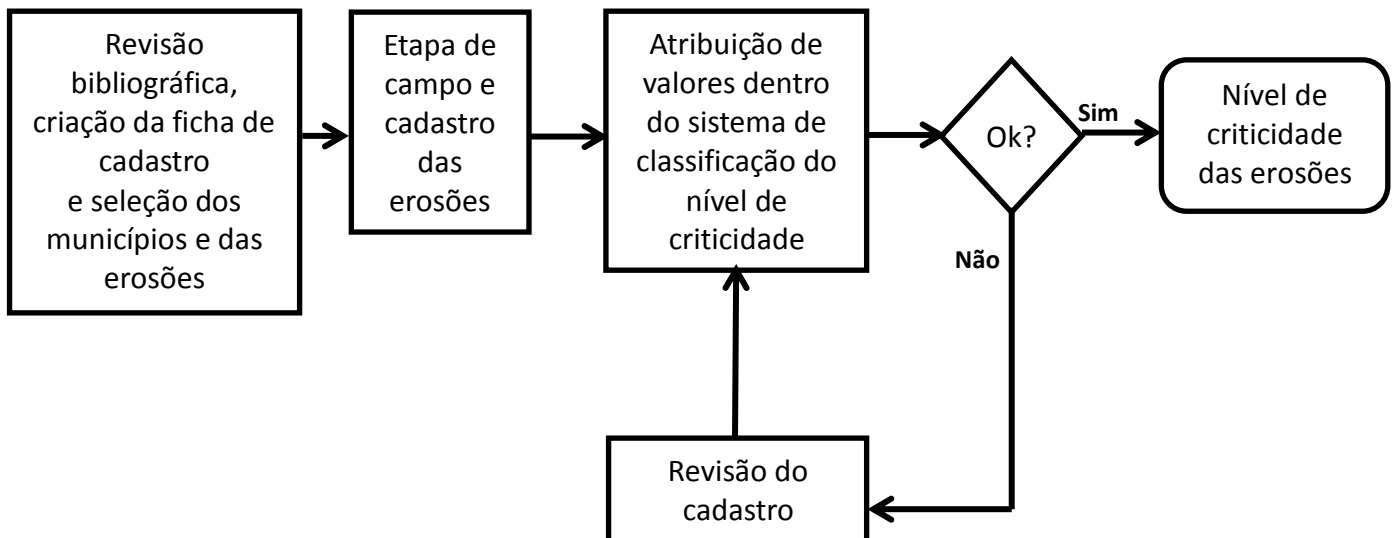
As conclusões dos estudos tornam-se muito claras: o problema da erosão não tinha uma simples solução e era resultante de causas antrópicas, mas também naturais. Além disso, notadamente houve uma preocupação apenas em implantar o modelo de ocupação trazido de outros países e com a experiência em outros ambientes, com características de geologia, relevo e principalmente de solos diferentes dos encontrados no noroeste.

Mesmo com os esforços para conter as erosões dentro das cidades, algumas obras não contiveram definitivamente o processo, principalmente porque não tiveram a manutenção necessária por parte das prefeituras. Diante disso, podemos encontrar erosões ativas que datam da década de 1970 dentro de cidades que ainda preocupam e demandam dos órgãos públicos constantes obras de reparo e contenção.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Para estabelecer o nível de criticidade das erosões urbanas analisadas, foram definidos os procedimentos metodológicos da pesquisa, que podem ser divididos nas etapas apresentadas na figura a seguir (FIGURA 14):

FIGURA 14 - FLUXOGRAMA DOS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA



FONTE: A autora, 2017.

Na primeira etapa fez-se uma revisão bibliográfica dos temas relacionados a erosão urbana visando a maior compreensão das características do processo erosivo. Usando imagens do banco de dados do Google Earth, disponíveis no período de 2002 a 2015, foram analisados todos os municípios da região noroeste do Paraná e identificados 34 municípios com erosões urbanas, num total de 102 erosões (QUADRO 2). Os municípios foram escolhidos a partir de levantamento prévio de erosões urbanas, realizado dentro do Projeto “Mapeamento dos processos erosivos em municípios do noroeste do Paraná – subsídio para um plano de gerenciamento de risco”.

QUADRO 2 - MUNICÍPIOS COM EROSÕES URBANAS NO NOROESTE DO PARANÁ

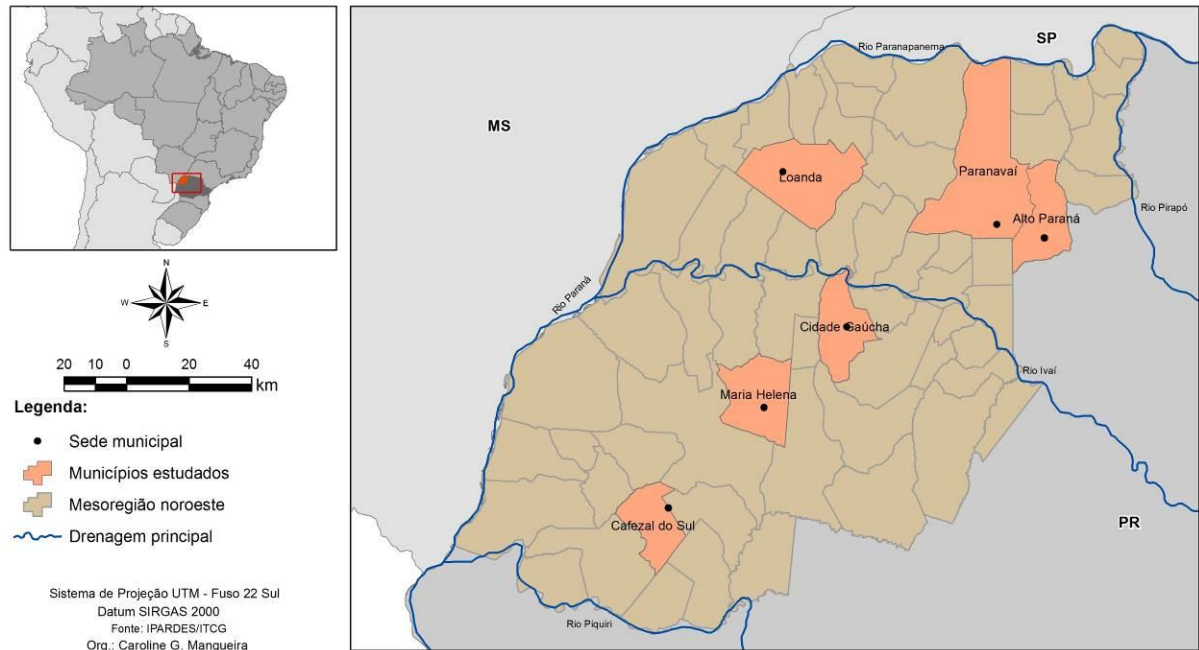
Município	População	Erosões urbanas encontradas
Amaporã	5.443	2
Alto Paraná	13.663	2
Cafetal do Sul	4.290	2
Cianorte	69.958	3
Cidade Gaúcha	11.062	2
Colorado	22.345	4
Guairaçá	6.197	2
Inajá	2.988	1
Ivaté	7.514	4
Loanda	21.201	5
Maria Helena	5.956	4
Marilena	6.858	1
Mariluz	10.224	1
Moreira Sales	12.606	3
Nova Aliança do Ivaí	1.431	3
Nova Esperança	26.615	3
Nova Londrina	13.067	1
Nova Olímpia	5.503	5
Paraíso do Norte	11.772	1
Paranacity	10.250	3
Paranavaí	81.590	12
Querência do Norte	11.729	3
Santa Cruz de Monte Castelo	8.092	1
Santa Isabel do Ivaí	8.760	2
Santa Mônica	3.571	2
Santo Antônio do Caiuá	2.727	1
Santo Inácio	5.269	4
São Jorge do Patrocínio	6.041	3
Tamboara	4.664	3
Tapejara	14.598	1
Tapira	5.836	1
Terra Rica	15.221	12
Umuarama	100.676	4
Xambrê	6.012	1
Total: 34 municípios	543.729	102

FONTE: A autora, 2016.

Os municípios selecionados se destacaram levando em consideração dois possíveis fatores: o número de erosões encontradas dentro do núcleo urbano e quantidade de pessoas atingidas (população urbana). Já para as erosões selecionadas dentro do município, os critérios de escolha foram suas dimensões e

proximidade com casas e/ou equipamentos urbanos (FIGURA 15) . As erosões analisadas nesse trabalho estão sintetizadas na TABELA 2 e foram dados códigos para facilitar a sua identificação.

FIGURA 15 - LOCALIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS ESTUDADOS



FONTE: A autora, 2016.

TABELA 2 - EROSÕES SELECIONADAS

MUNICÍPIO	POPULAÇÃO	EROSÕES URBANAS (TOTAL)	EROSÕES URBANAS (ANALISADAS)
Paranavaí	81.590	12	PA05 e PA11
Loanda	21.201	5	LO02 e LO03
Alto Paraná	13.663	2	AL01 e AL02
Cidade Gaúcha	11.062	2	CG01 e CG02
Cafezal do Sul	4.290	2	CS01 e CS02
Maria Helena	5.956	4	MH02 e MH03

FONTE: A autora, 2016.

A segunda etapa contou com os trabalhos de campo e o cadastramento das erosões selecionadas na etapa 1 e a análise das informações coletadas (subitem 5.1). Na terceira etapa foi realizada a análise das fichas de cadastros das erosões e o enquadramento das mesmas no sistema de classificação do nível de criticidade, por meio de atribuição de valores determinados.

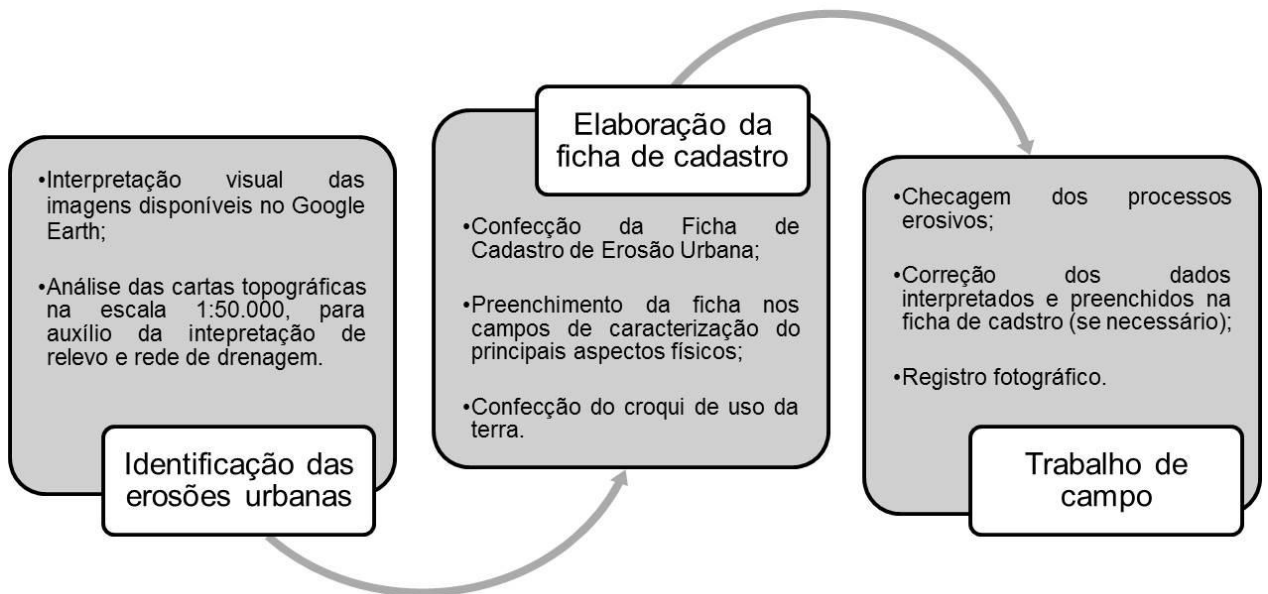
Após essa etapa, foi verificado se os valores obtidos dentro do sistema de classificação realmente condiziam com a criticidade da feição – uma prova real do que se havia classificado. Se obtivessem resultado satisfatório, o processo seguiria e a erosão era classificada segundo seu nível de criticidade. Se obtivessem resultado insatisfatório, a terceira etapa era refeita.

5.1. CADASTRAMENTO DAS EROSÕES

O cadastramento das erosões urbanas se constitui na primeira etapa para o estabelecimento de um plano preventivo e de obras de correção para uma cidade. O objetivo do cadastramento é levantar informações mais precisas, afim de permitir a determinação de suas possíveis causas, seu estado atual e de ações corretivas, sobretudo obras de engenharia. O cadastramento permite, também, o conhecimento do comportamento das feições erosivas urbanas, principalmente em relação à dinâmica do processo, dados estes fundamentais para a definição de critérios mais técnicos que possam subsidiar projetos de contenção.

A FIGURA 16 apresenta um fluxograma simplificado do método de trabalho adotado para a identificação e cadastramento das erosões urbanas.

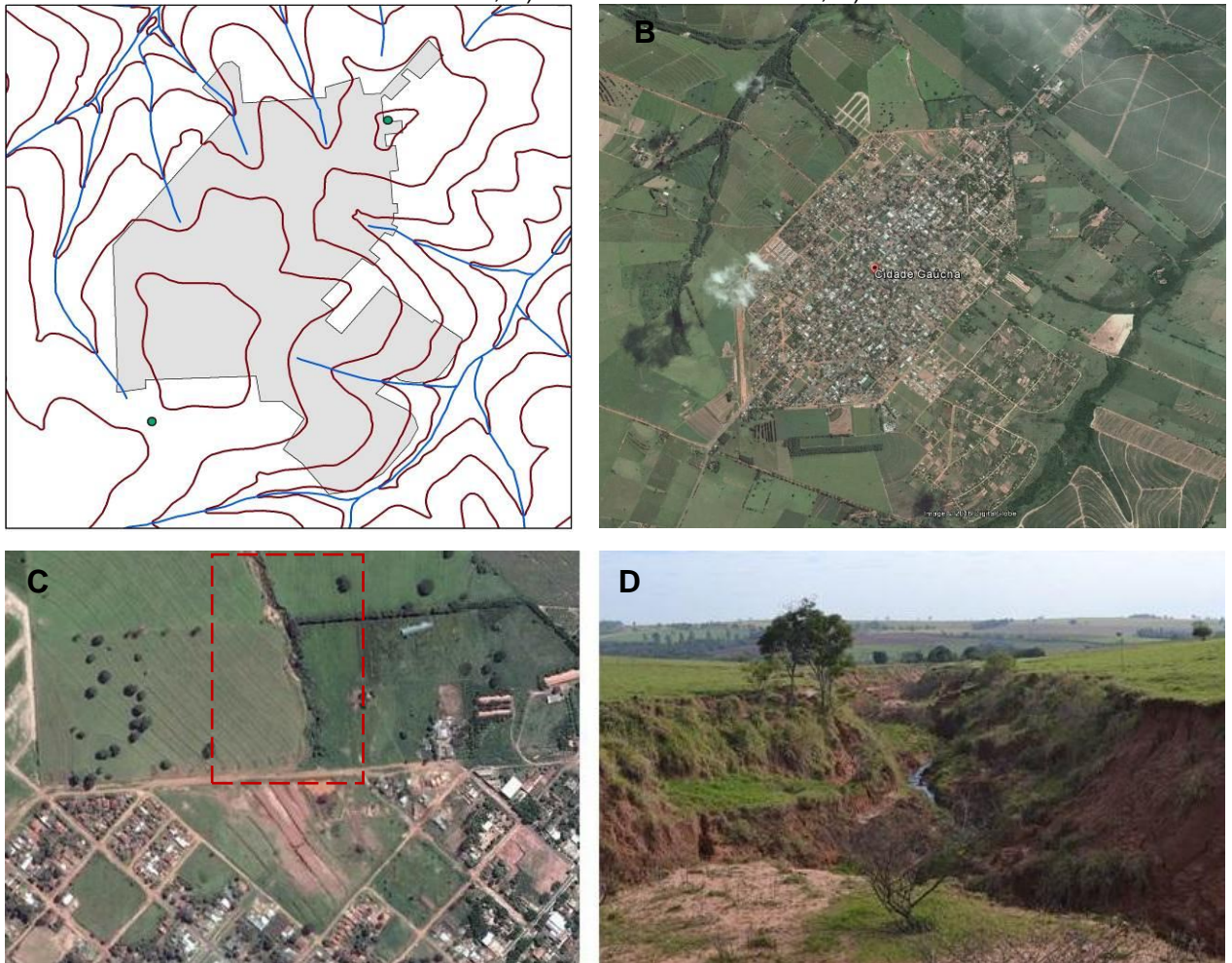
FIGURA 16 - FLUXOGRAMA DO MÉTODO PARA CADASTRAMENTO DAS EROSÕES URBANAS



FONTE: Adaptado de IPT, 2012.

Na primeira etapa do cadastro foi realizado um levantamento das bases de dados gráficos e não-gráficos existentes para a área pesquisada, compilando as informações do meio físico. Para isso foram usadas imagens do banco de dados do Google Earth, disponíveis para a região no período de 2002 a 2015, associada à análise das características do relevo e da drenagem por meio das Cartas Topográficas do ITCG, na escala 1:50.000 (FIGURA 17).

FIGURA 17 - COMPARAÇÃO NA VISUALIZAÇÃO DE UM PROCESSO EROSIVO (CIDADE GAÚCHA - PR). A) ANÁLISE NA CARTA TOPOGRÁFICA; B) IMAGEM GOOGLE EARTH DE TODA A ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO; C) IMAGEM EM DETALHE; D) FOTO DE CAMPO.



FONTE: A autora, 2016.

Dentro dos limites urbanos, as imagens foram interpretadas buscando padrões visuais indicadores de processos erosivos, principalmente as cabeceiras de drenagem cujas áreas à montante se encontram urbanizadas. Esses são locais favoráveis para a existência de processos erosivos, pela tendência natural de concentração do fluxo das águas pluviais e pelos lançamentos concentrados, através de tubulações que comumente chegam à linha de drenagem.

As informações das erosões identificadas foram organizadas em uma ficha de cadastro, a fim de caracterizar os processos quanto à origem e forma de ocorrência, bem como relacioná-las aos principais condicionantes de meio físico. A Ficha Cadastral de Erosões Urbanas (FIGURA 18) foi elaborada conforme propostas já utilizadas por outros autores e instituições (CETAE e LARA, 2010; SOPCHAKI e SANTOS, 2012; IPT, 2012).

Os dados quantitativos e qualitativos foram adquiridos tanto na etapa de gabinete quanto na etapa de campo. A ficha cadastral elaborada foi dividida em 6 partes principais: identificação e localização da erosão (foi preenchida com dados na etapa de gabinete e campo); dados regionais (etapa prioritariamente de gabinete pré campo, utilizando dados secundários); dados geométricos (etapa de campo); interação da erosão com a área urbana (etapa de campo, com o reconhecimento do entorno); previsões de evolução e nível de criticidade (etapa de gabinete pós campo, utilizando todas as informações coletadas); sugestões de medidas preventivas e corretivas (etapa de gabinete pós campo).

Foram realizados 3 campos para o cadastramento das erosões selecionadas – junho/2015 na cidade de Loanda, agosto/2015 em Cidade Gaúcha e Maria Helena, e fevereiro/2016 em Alto Paraná e Paranavaí. Para a cidade de Cafetal do Sul não foi realizado campo, entretanto todas as informações necessárias foram obtidas através de imagens com detalhamento superior às encontradas para outras erosões.

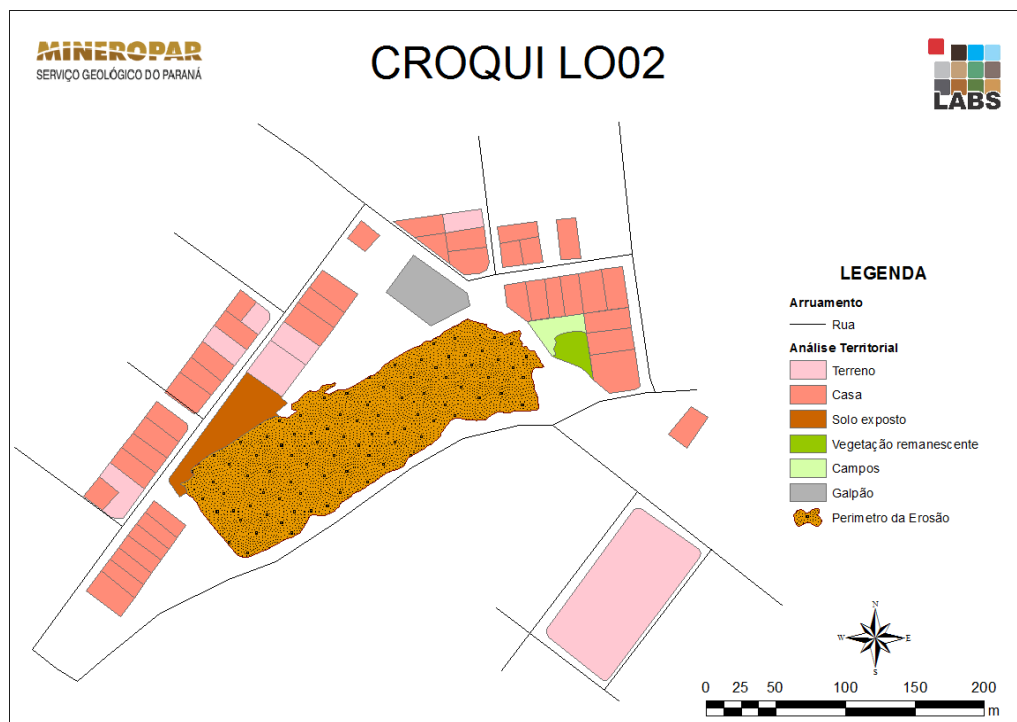
FIGURA 18 - MODELO DA FICHA CADASTRAL UTILIZADA

		FICHA CADASTRAL DE EROSÕES URBANA LABORATÓRIO DE BIOGEOGRAFIA E SOLOS – LABS/MINEROPAR			
1- Identificação e localização da erosão					
Código Código de identificação, composto por 2 letras (iniciais da cidade) e números		Localização Município e/ou Distrito.		Acesso Endereço próximo, quando da existência de mapas de arruamento.	
Data da visita dia/mês/ano		Folha topográfica Nome da folha topográfica do IBGE (escala 1:50.000)		Coordenadas Da cabeceira do processo erosivo, com base no Datum WGS84, obtidas pelo software Google Earth e corrigidas em campo com uso de receptor GPS.	
2- Dados regionais					
Geologia Identificação da formação geológica, segundo FERNANDES e COIMBRA, 1994.		Sub-Bacia hidrográfica Identificação do curso d'água principal da micro-bacia (quando da existência de toponímia nas cartas topográfica).		Geomorfologia Identificação da forma de relevo predominante, segundo MINEROPAR, 2006.	
				Pedologia Identificação da unidade pedológica, segundo EMBRAPA/EMATER, 1999.	
				Vegetação <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Herbáceo <input type="checkbox"/> Médio porte <input type="checkbox"/> Arbóreo	
3- Dados geométricos					
Comprimento Estimado Em metros, baseado na ferramenta régua do software Google Earth, medido da cabeceira ao ponto final do processo erosivo.		Profundidade Em metros, baseada na interpretação de aspectos visuais, como sombra, e na comparação com referências próximas, como vegetação (confirmado posteriormente no trabalho de campo).		Largura Em metros, baseado na ferramenta régua do software Google Earth, medida em um ponto médio do processo erosivo.	
4- Interação da erosão com a área urbana					
Características a montante e a jusante: ocupações, estradas, equipamentos urbanos; obras realizadas; material encontrado dentro da erosão (lixo, aterro, entulho de construção, lançamento de esgoto); assoreamento de corpo d'água; lançamento de sistema de drenagem; presença de ramificações.					
5- Previsões de evolução e nível de criticidade					
Nível Baixo: são as erosões de pequeno e médio porte que se encontram estabilizadas, sem atividade erosiva ativa, situadas distante de moradias ou equipamentos urbanos, não interferindo no processo de expansão urbana. Nível Médio: são erosões ativas, situadas distantes de moradias e equipamentos urbanos, não colocando-os em risco iminente. Essas erosões normalmente já foram objetos de obras parciais de estabilização ou necessitam de manutenção. Nível Alto: são erosões ativas, situadas em áreas com adensamento urbano significativo, colocando em risco edificações e equipamentos urbanos. Também podem ser erosões estabilizadas, mas que limitam a expansão urbana.					
6- Sugestões de medidas preventivas e corretivas					
Disciplinamento das águas superficiais e subsuperficiais; estabilização dos taludes; implantação e conservação das obras.					
7- Equipe					
Integrantes do Laboratório de Biogeografia e Solos responsável pelo cadastro do processo erosivo.					

FONTE: LABS-UFPR, 2015

Para auxiliar o cadastro, foi elaborado um croqui do uso do solo próximo da erosão, usando as imagens georreferenciadas, com o objetivo de detalhar a forma de ocupação no entorno da erosão, bem como visualizar a disposição do arruamento (FIGURA 19). Esse detalhamento, juntamente com as observações de campo, foram preponderantes para a análise da interação da erosão com a área urbana e possibilita previsões de evolução e sugestões de medidas preventivas. Além disso, foi definido um ponto para cada feição erosiva no Google Earth Pro com o intuito de coletar o par de coordenadas UTM e transferi-las para um GPS de navegação e assim facilitar sua checagem em campo.

FIGURA 19 - EXEMPLO DE CROQUI UTILIZADO NA ANÁLISE DAS EROSÕES



FONTE: LABS-UFPR, 2015.

5.2. ATRIBUIÇÃO DE VALORES DENTRO DO SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE CRITICIDADE

Rubio (2014) apresenta uma proposta de classificação dos processos erosivos por nível de criticidade, especificamente para margem de reservatórios de UHEs no rio Paranapanema – PR. Seu sistema de classificação contribui com uma orientação mais objetiva dos locais onde serão realizados investimentos em controle de processos erosivos por parte da concessionária. Esse sistema tem por método

estatístico a Análise Multicritério, bastante utilizada em estudos ambientais. Verificou-se a existência de diversas ferramentas para tratamento estatístico dos dados, a partir da análise multicritério e, por se tratarem de ferramentas complexas para o grau de desenvolvimento da pesquisa, optou-se por adotar uma adaptação simplificada desta metodologia, utilizando-se notas e pesos para os critérios (fatores) analisados em cada processo erosivo cadastrado, conforme a proposta original.

Para a composição deste sistema de classificação foi elaborada uma matriz de análise dos critérios (fatores) de interferência na criticidade dos processos. Essa matriz é composta por diferentes níveis de análise, cada qual com um grau de detalhamento diferente. Os pesos atribuídos a cada fator vão se decompondo conforme os níveis de análise aumentam. No último nível são atribuídas notas para os parâmetros analisados em cada erosão cadastrada e aplicada a combinação ponderada linear, que indicará um ranking. Por fim, se faz uma classificação destas erosões entre críticas, especiais e comuns.

Para o presente trabalho foi usada como base o sistema de classificação de Rubio (2014), adaptando seus parâmetros - e incluindo novos - para o enquadramento de processos erosivos dentro de cidades do noroeste do estado do Paraná, por se tratar de um método especificamente utilizado para erosões em margens de reservatório.

A metodologia divide-se na identificação dos fatores que interferem na criticidade os processos e na construção de uma matriz para a atribuição de valores às erosões cadastradas, com parâmetros de ponderação definidos.

5.3. FATORES DE COMPOSIÇÃO DO SISTEMA E DISTRIBUIÇÃO DE PESOS

A primeira etapa para a adequação do sistema de classificação foi identificar os grupos de fatores que influenciam na análise da criticidade dos processos. O primeiro grupo foi denominado de “dificuldades de gestão”, que está relacionada às condições de localização da erosão e às dificuldades de implementação de medidas de controle ou recuperação da área degradada, uma vez que somente quando o processo erosivo atinge a sociedade é que ele se transforma em problema e exige uma solução rápida.

O segundo grupo foi denominado “características do processo”, onde foram feitas análises considerando as dimensões das erosões (medidas) e também aspectos relativos ao seu avanço.

Destaca-se que, diferentemente da metodologia original, onde os aspectos de gestão são os mais enfatizados, nesse trabalho optou-se por dar maior ênfase as características do processo. A escolha se deve à finalidade do sistema, em hierarquizar as erosões levando em consideração principalmente seus aspectos físicos. Por essa razão, o grupo “Características do processos” recebeu peso de 60% enquanto o grupo “Dificuldades de gestão” recebeu peso de 40%.

A seguir o QUADRO 3 apresenta os grandes grupos (dimensões) de interferência na criticidade, sua descrição e a atribuição de peso.

QUADRO 3 - APRESENTAÇÃO DOS FATORES DE INFLUÊNCIA CONSIDERADOS NA ANÁLISE DE CRITICIDADE DOS PROCESSOS

Grupos de influência na criticidade	Pesos	Descrição
Dificuldades de gestão	40%	Dificuldades de gestão do(s) processo(s) erosivo(s), pela iniciativa pública, decorrentes dos tratamentos internamente na prefeitura e na relação com os proprietários afetados por este impacto
Características do processo	60%	Análise das características intrínsecas do processo que indiquem a magnitude do dano atual e a possibilidade de dano futuro, pela evolução do processo.

FONTE: Adaptado de RUBIO, 2014.

Cada grupo da influência no grau de criticidade é composto por subgrupos. O QUADRO 4 explica quais são as características de cada subgrupo analisado bem como os pesos dentro do sistema de classificação. São apresentados dois pesos: o primeiro refere-se à distribuição do subgrupo dentro do seu grupo de análise (peso

1); o segundo refere-se à distribuição do subgrupo dentro de todo o sistema de classificação, incluindo os demais grupos (peso 2).

QUADRO 4 - APRESENTAÇÃO DOS SUBGRUPOS DE FATORES DE INFLUÊNCIA CONSIDERADOS NA ANÁLISE DE CRITICIDADE DOS PROCESSOS

Grupos de Influência na criticidade	Subgrupos de interferência	Peso 1	Peso 2	Descrição
Dificuldades de gestão	Riscos ambientais ⁴	35%	14%	Identifica se há possibilidades de desdobramentos em um novo impacto ambiental.
	Monitoramento do processo	25%	10%	Indica o nível de monitoramento do processo erosivo e se o mesmo encontra-se em propriedade da prefeitura ou de terceiros.
	Dificuldades no controle do processo/recuperação da área degradada	25%	10%	Analisa as dificuldades de implantação das ações de controle dos processos e recuperação da área degradada, com base nas ações indetificadas.
	Ocorrência em área sensível	15%	6%	Identifica a ocorrência do processo em área sensível (unidades de conservação, faixas de servidão de obras públicas, áreas de lazer coletivas, estradas de ligação.) que exija a adoção de medidas específicas.
Características do processo	Taxa de evolução	40%	24%	Valoração da velocidade de evolução de cada processo
	Dimensões do talude	20%	12%	Valoração das dimensões do talude (altura x extensão) de cada processo, com base nos dados do cadastramento realizado.
	Susceptibilidade a fatores instabilizadores	40%	24%	Análise da inclusão de cada processo nos aspectos ambientais identificados como fatores mais susceptíveis à instabilização.

FONTE: Adaptado de RUBIO, 2014.

Após essa divisão, foi concluída a matriz para a atribuição de valores às erosões cadastradas (TABELA 3). Essa matriz apresenta os parâmetros de ponderação, que são os elementos que serão considerados para avaliar a criticidade dos processos em seu último nível de análise, os pesos a serem atribuídos e as notas possíveis de atribuição aos processos para cada elemento de análise.

⁴ Neste trabalho, risco ambiental é entendido como o resultado entre os riscos naturais e os riscos de processos naturais serem agravados pela atividade humana e pela ocupação do território (DAGNINO e CAPRI, 2007).

TABELA 3 - MATRIZ PARA ATRIBUIÇÃO DE PESOS E VALORES AOS PROCESSOS EROSIVOS NO SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE CRITICIDADE

GRUPOS DE INTERFERÊNCIA À CRITICIDADE		SUBGRUPOS DE INTERFERÊNCIA		PARÂMETROS DE PONDERAÇÃO DOS FATORES DE INTERFERÊNCIA À CRITICIDADE DOS PROCESSOS				
Dificuldades de gestão	40%	Riscos ambientais	35%	14%	Existe risco do processo denudacional, ou de suas consequências, ocasionar outro dano ambiental?	100%	0,14	1 – Risco não analisado 2 – Risco baixo 3 – Risco moderado 4 – Risco alto
		Monitoramento do processo	25%	10%	A erosão é objeto de monitoramento?	10%	0,010	0 – Não 2 – Sim
					O processo já afetou áreas de terceiros?	90%	0,090	1 – Não identificado 2 – Não, encontra-se em área da prefeitura 3 – Sim, já afeta áreas de terceiros
					Dificuldades no controle do processo/recuperação da área degradada	25%	10%	Há exigência de adoção de medida de controle específica?
		Ocorrência em área sensível	15%	6%	A erosão está localizada em alguma área sensível para a cidade?	100%	0,06	0 – Não 1 – Sim, porém não requer nenhuma medida técnica específica 2 – Sim, requerendo a adoção de medidas técnicas específicas
Características do processo	60%	Taxa de evolução	40%	25%	Qual a taxa média de evolução do processo?	100%	0,24	1 – Classe I 2 – Classe II 3 – Classe III 4 – Classe IV 5 – Classe V
		Dimensões do talude	20%	10%	Classificação das dimensões bidimensionais do talude originado pelo processo.	100%	0,12	1 – Classe I 2 – Classe II 3 – Classe III 4 – Classe IV 5 – Classe V
		Susceptibilidade à fatores instabilizadores	40%	25%	Classificação de enquadramento nas condições ambientais instabilizadoras (fatores de desenvolvimento) dos processos.	100%	0,24	1 – Classe I 2 – Classe II 3 – Classe III 4 – Classe IV

FONTE: A autora, 2016.

Os subgrupos de taxa de evolução e dimensões do talude, pertencentes ao grupo de características do processo e que são parâmetros de valoração objetiva, merecem atenção especial. Suas classes foram definidas baseadas nos valores levantados por Vanmaercke *et al.* (2016) na análise realizada em erosões hídricas lineares. Os autores compilaram informações individuais das taxas de recuo de cabeceira de erosão – um dos principais parâmetros usados para o entendimento da sua evolução – de 933 erosões, representando 25 países em 6 continentes. Foram utilizados 68 estudos de fontes diferentes, onde a taxa de recuo de cabeceira de erosão foi estudada durante um determinado período de tempo. Um resultado direto desse estudo é que ele reflete uma ampla variedade de condições de ambientes ao redor do mundo (climas, usos da terra, relevos, litologias, vegetação, entre outros).

Para o parâmetro de taxa de evolução dentro do sistema de classificação, foram usados os valores correspondentes no estudo de Vanmaercke *et al.* (2016) chamados de *linear retreat rates*, traduzido como taxa linear de retração, que mede a distância ao longo da encosta (m) sobre a qual a cabeceira da erosão retrae por unidade de tempo. Já para o parâmetro da dimensão do talude, foram usados os valores chamados de *areal retreat rates*, traduzido como taxa de retração por área, que mede a expansão (m²) da cabeceira da erosão por unidade de tempo.

Com as informações organizadas em banco de dados, foram escolhidas as erosões semelhantes às encontradas nos municípios paranaenses analisados, ou seja, dentro de áreas urbanas, com pressão antrópica direta, solos arenosos e condições climáticas semelhantes, principalmente o regime de chuvas.

Com esses dados organizados, foram delimitadas cinco classes representativas das taxas de retração – tanto para a retração linear quanto para a de área –, e foram aplicadas para os parâmetros de taxa de evolução e dimensão do talude respectivamente. Os valores são mensurados a partir das fichas de cadastro e atrelados à classe correspondente.

5.3.1. CRITÉRIOS DE ATRIBUIÇÃO DE VALORES

A matriz para atribuição de pesos e valores aos processos erosivos no sistema de classificação do nível de criticidade é apresentada até o nível de atribuição de pesos e valores (TABELA 3), porém, não apresenta os critérios para se atribuir um valor a cada erosão. Optou-se, então, em complementar a matriz com um quadro (QUADRO 5) com os critérios para o enquadramento de cada processo erosivo em cada valor atribuído aos parâmetros analisados.

Além dos critérios de valoração, o quadro também informa se o parâmetro analisado é de valoração objetiva ou subjetiva. Poderá ser verificado no quadro a definição de como enquadrar cada processo e a forma de obtenção das informações.

Esse quadro, portanto, é o último passo antes da classificação final da erosão e o seu enquadramento no nível de criticidade. O valor mínimo que uma erosão pode receber é 0,035 e o máximo é 0,480.

QUADRO 5 - APRESENTAÇÃO DOS PARÂMETROS DE PONDERAÇÃO DOS FATORES DE INTERFERÊNCIA ADOTADOS NA ANÁLISE DE CRITICIDADE DOS PROCESSOS

PARÂMETROS DE PONDERAÇÃO DOS FATORES DE INTERFERÊNCIA À CRITICIDADE DOS PROCESSOS					
Fator de Interferência na Criticidade: Dificuldades de Gestão					
Subgrupo do fator de interferência na criticidade: Riscos ambientais					
Existe risco do processo denudacional, ou de suas consequências, ocasionar outro dano ambiental?	100%	0,00	1 – Risco não analisado		<ul style="list-style-type: none"> - Critério subjetivo. - Entende-se como dano ambiental decorrente dos processos geomorfológicos em análise o assoreamento de rios, o avanço da erosão sobre áreas de fragilidade e/ou uso especial. - Nesta análise são considerados os danos de ordem sócio-econômica. - Para este caso não se trabalha com possibilidade de não existência do risco, dada a dificuldade de se identificar esta condição no ambiente.
		0,02	2 – Risco baixo	Quando não se verifica sinais de desencadeamento dos possíveis danos ambientais decorrentes destes processos	
		0,05	3 – Risco moderado	Quando se verifica sinais de desencadeamento dos possíveis danos ambientais decorrentes destes processos	
		0,07	4 – Risco Alto	Quando se verifica ocorrência consumada dos danos ambientais decorrentes destes processos	
Subgrupo do fator de interferência na criticidade: Monitoramento do processo					
A erosão é objeto de monitoramento?	10%	0,01	0 – Não		<ul style="list-style-type: none"> - Critério objetivo - Entende-se como ações de monitoramento o cadastro do processo contendo, no mínimo: o registro do processo por meio de levantamento topográfico, fotografia aérea, imagem de satélite, imageamento laser por scanner ou outras formas de registro cartográfico; a análise da evolução do processo por meio de registros de diferentes períodos.
		0,00	1 – Sim		
O processo já afetou áreas de terceiros?	90%	0,00	1 – Não identificado		<ul style="list-style-type: none"> - Critério objetivo - O dado deve ser levantado na própria prefeitura da cidade afetada.
		0,03	2 – Não, encontra-se em área da prefeitura		
		0,06	3 – Sim, já afeta áreas de terceiros		
Subgrupo do fator de interferência na criticidade: Dificuldades no controle do processo / recuperação da área degradada					
Há exigência de adoção de medida de controle específica?	100%	0,00	0 – Não		<ul style="list-style-type: none"> - Critério objetivo / subjetivo - Quando há exigência do demandante ou exigência legal o critério é objetivo . - Quando as restrições são de ordem técnica trata-se de um critério subjetivo (disponibilidade de materiais para a execução da obra, custos de implantação e manutenção)
		0,02	1 – Sim, por restrições		
		0,03	2 – Sim, por parte da prefeitura		
		0,05	3 – Sim, por exigência legal		
Subgrupo do fator de interferência na criticidade: Ocorrência em área sensível					
A erosão está localizada em alguma área sensível para a cidade?	100%	0,00	0 – Não		<ul style="list-style-type: none"> - Critério objetivo / subjetivo - Medida extraída de dados cartográficos. - Entende-se por áreas sensíveis unidades de conservação, faixas de servidão de obras públicas, áreas de lazer coletivas, estradas de ligação.
		0,02	1 – Sim, porém não requer nenhuma medida técnica específica		
		0,04	2 – Sim, requerendo a adoção de medidas técnicas específicas		

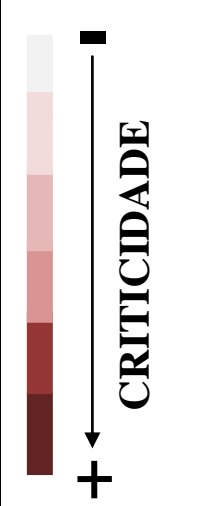
Fator de Interferência na Criticidade: Características do processo					
Subgrupo do fator de interferência na criticidade: Taxa de evolução					
Qual a taxa média de evolução do processo?	100%	0,01	1 – Classe I	0 – 0,50 m/ano	- Critério objetivo - Classes estabelecidas a partir dos valores de GHR (VANMAERCKE, 2016).
		0,03	2 – Classe II	0,50 – 2,50 m/ano	
		0,04	3 – Classe III	2,51 – 4,00 m/ano	
		0,06	4 – Classe IV	4,01 – 10,5 m/ano	
		0,10	5 – Classe V	>10,51 m/ano	
Subgrupo do fator de interferência na criticidade: Dimensões do talude					
Classificação das dimensões bidimensionais do talude originado pelo processo	100%	0,005	1 – Classe I	0 – 10 m ²	- Critério objetivo - Classes estabelecidas a partir dos valores de GHR (VANMAERCKE, 2016).
		0,010	2 – Classe II	11 – 100 m ²	
		0,025	3 – Classe III	101 – 550 m ²	
		0,030	4 – Classe IV	551 - 1000 m ²	
		0,050	5 – Classe V	> 1001 m ²	
Subgrupo do fator de interferência na criticidade: Susceptibilidade à fatores instabilizadores					
Classificação de enquadramento nas condições ambientais instabilizadoras (fatores de desenvolvimento) dos processos	100%	0,02	1 – Classe I	Nenhum enquadramento	- Critério objetivo - Refere-se ao enquadramento do processo em relação aos parâmetros que indicam maior predisposição da erosão á altas taxas de evolução da feição erosiva. - Esta análise deverá considerar para os parâmetros analisados os processos que se inserem na classe de maior predisposição á instabilização. - Fatores analisados: o processo se encontra em região com solos mais susceptíveis ao seu desenvolvimento rápido? Há presença de feições indicativas de avanço erosivo? Apresenta vegetação ao redor da cabeceira ou no seu interior? O sistema viário é adequado a terrenos de alta susceptibilidade á erosão? (IWASA e FENDRICH, 1998; OLIVEIRA, 1999).
		0,05	2 – Classe II	Enquadramento em um parâmetro crítico	
		0,07	3 – Classe III	Enquadramento em dois ou três parâmetros críticos	
		0,10	4 – Classe IV	Enquadramento em quatro parâmetros críticos	

FONTE: A autora, 2016

6 APLICAÇÃO DO MÉTODO

As doze erosões urbanas⁵ objetos desse estudo foram classificadas conforme a matriz de ponderação do sistema de classificação do nível de criticidade e hierarquizadas conforme o quadro a seguir (QUADRO 6):

QUADRO 6 - CLASSIFICAÇÃO DAS EROSÕES CONFORME SUA CRITICIDADE

	Código da Erosão	Localidade	Soma Total
		LO03	Loanda
	MH03	Maria Helena	0,185
	CG02	Cidade Gaúcha	0,190
	MH02	Maria Helena	0,255
	CS02	Cafezal do Sul	0,275
	CS01	Cafezal do Sul	0,280
	LO02	Loanda	0,285
	PA05	Paranavaí	0,300
	CG01	Cidade Gaúcha	0,330
	PA11	Paranavaí	0,365
	AL02	Alto Paraná	0,370
	AL01	Alto Paraná	0,450

FONTE: A autora, 2016

As duas primeiras erosões que receberam a maior pontuação dentro do sistema de classificação são da mesma cidade – Alto Paraná. A erosão AL01 chegou perto do limite da maior pontuação possível (0,450 de 0,480 pontos possíveis) e recebeu pontuação alta em todos os subgrupos de Dificuldade de Gestão. Sua taxa de evolução e dimensão do talude também receberam notas máximas, tendo apenas o parâmetro de fatores instabilizadores recebendo uma nota menor, muito em função da erosão estar localizada em solo menos suscetível à erosão, na escala analisada.

As erosões AL01, AL02 e PA11 estão localizadas ou afetaram áreas de terceiros. A observação no local evidenciou danos não apenas nos imóveis, mas também em toda a infra-estrutura representada pelas obras de rede de esgoto, drenagem pluvial e pavimentação no entorno das erosões. Além dessas consequências, podem também ser citadas a redução patrimonial pela depreciação imobiliária e desestímulos a novos investimentos nas regiões afetadas.

⁵ Todas as fichas ponderação de valores (APÊNDICE 1) e croquis (ANEXO 1) das erosões analisadas podem ser encontradas ao final desse trabalho.

As erosões AL02, CG01, PA05, LO02, MH02, CG02 e LO03 encontram-se no meio das vertentes, com padrão viário não indicado para a conformação do terreno. As erosões PA05, MH02 e CG02 também apresentam obras de dissipação pluvial destruídas ou em péssimo estado de conservação. Acumulado a isso, as erosões AL02, CG01, LO02 e LO03 também tem o agravante de se encontrarem ao final de vias longas e perpendiculares as curvas de nível, acelerando e concentrando o escoamento para a cabeceira de drenagem dessas erosões. Sobre o tipo e as dimensões das erosões, temos que apenas uma ravina foi analisada (LO03) e ela recebeu a menor nota dentre todas as outras.

Quanto a localização das erosões, observamos que AL01, PA11, e as duas erosões da cidade de Cafetal do sul – CS02 e CS01 – encontram-se na beira das estradas principais de acesso as cidades. As duas primeiras citadas, inclusive, estão as margens da BR 376, rodovia federal pedagiada que é a principal ligação entre o noroeste com o restante do estado e por onde acontece a maior parte do escoamento de produção da região com destino à capital ou à região portuária. Essas erosões tem como principal característica a influência das obras realizadas pelas concessionárias que administram essas rodovias ou pela secretarias de estrada e rodagem responsáveis por essas estradas.

As obras, na maior parte dos casos, são executadas de maneira correta, respeitando a topografia do local. Entretanto a falta de manutenção acaba por fragilizar essas construções, não sendo possível seu reparo quando o problema ainda é de fácil solução. Rachaduras, acúmulo de materiais dentro dos dutos e coletores, quando somados aos altos índices pluviométricos no período do verão, são responsáveis pela a destruição das obras realizadas e surgimento ou agravamento de erosões com grandes dimensões ao longo das rodovias.

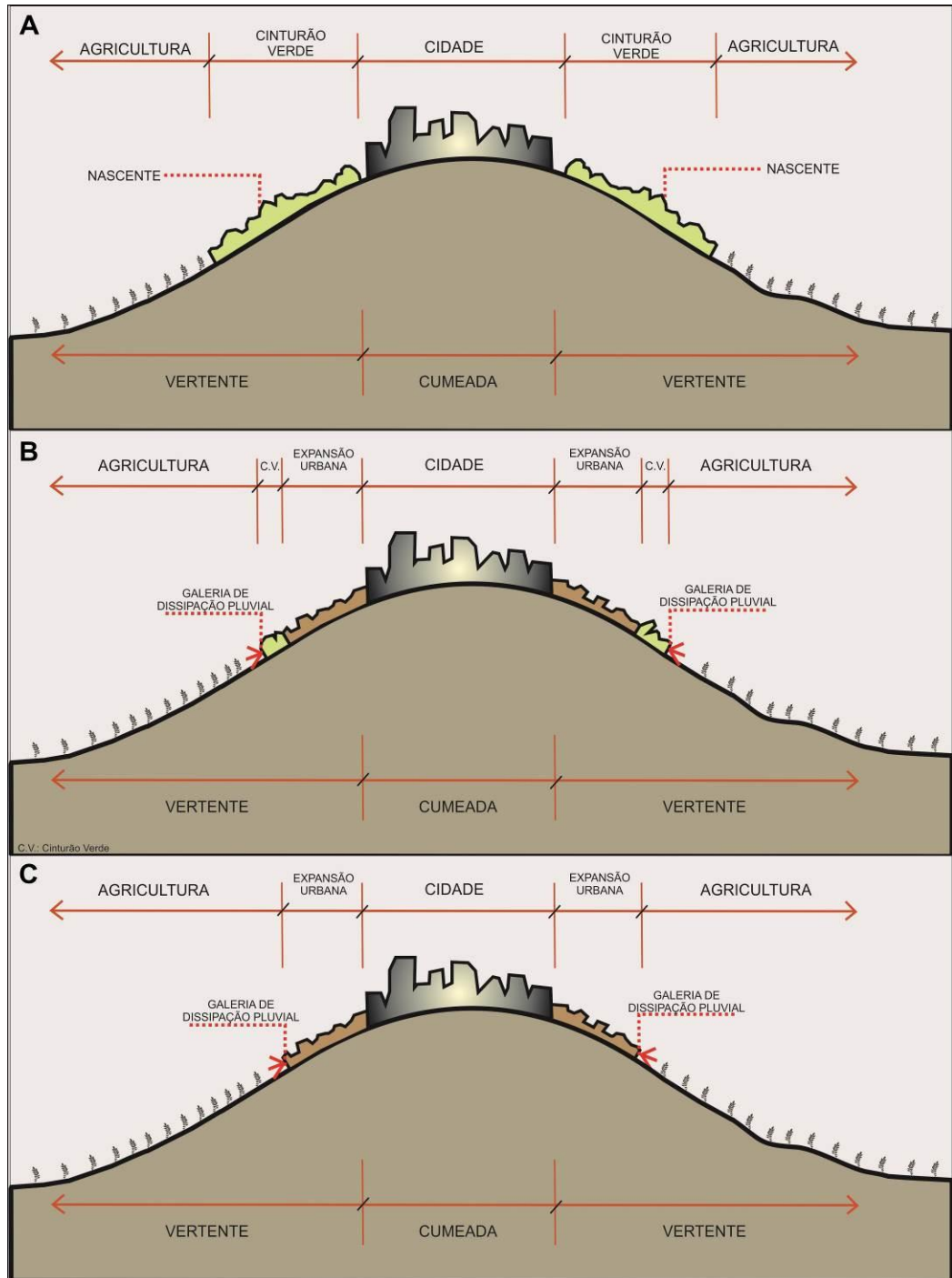
Ainda analisando as erosões do ponto de vista da localização, as erosões PA11, CG01, PA05, LO02, MH02, CG02, MH03 e LO03 estão nas áreas periurbanas das cidades analisadas. Em campo, confirmou-se a interação entre a forma como as cidades foram implantadas, a rede de drenagem e a sua topografia. Quando foram pensadas e planejadas para serem colocadas nos lugares mais altos do relevo, as cidades do noroeste deveriam estabelecer áreas com vegetação densa, se possível ainda original, circundando sua área urbana, protegendo as nascentes na meia vertente (FIGURA 20A). Essa proteção vegetal, chamada de cinturão verde, ajudou

várias cidades a controlar o intenso processo erosivo desencadeado pela retirada total da vegetação – podemos citar as cidades de Nova Esperança e Cianorte que mantiveram seus cinturões verdes. Entretanto, a maior parte das cidades que implementaram o cinturão verde nas décadas de 1950 e 1960, o suprimiram (totalmente ou a maior parte dele) nas décadas seguintes, para expandir os centros urbanos e acomodar as novas famílias que estavam saindo da área rural e chegando a área urbana (FIGURA 20B).

As obras para o escoamento das águas pluviais do centros das cidades, foram instaladas após essa porção de expansão, exatamente nas meias vertentes antes protegidas pelos cinturões. Nessa nova conformação, as águas pluviais chegam nas galerias de dissipação e encontram um solo sem vegetação e suscetível à erosão (FIGURA 20C).

As fotos das erosões organizadas conforme sua criticidade encontram-se como encarte no final do trabalho.

FIGURA 20 - EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO NAS CIDADES DO NOROESTE. A) CINTURÃO VERDE INTACTO; B) INÍCIO DA EXPANSÃO URBANA; C) SUPRESSÃO DO CINTURÃO VERDE



FONTE: A autora, 2016.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de classificação do nível de criticidade para as erosões do noroeste do Paraná se mostrou válida e possível, e as adequações necessárias para a sua aplicação dependem do tipo de erosão a ser estudada e a quantidade de informações disponíveis.

Alguns parâmetros analisados demandam a realização de levantamentos de campo, como por exemplo, se a erosão já atingiu áreas de terceiros ou se está em áreas da prefeitura. Outro fator que necessita de visita em campo é a análise de parâmetros críticos ao desenvolvimento da erosão. Por essa razão, a implementação da proposta em escala regional apresenta um custo financeiro alto, devido a necessidade do levantamento de informações em campo.

O modelo matricial para a análise da criticidade mostrou-se satisfatório e o sistema de pesos estabelecidos nos possibilitou uma análise hierarquica das erosões mais críticas na área estudada. A matriz como está estruturada possibilita uma inclusão mais rápida dos dados e maior facilidade no processamento dos mesmo.

A diferença de pontuação entre a erosão mais crítica para a menos crítica é significativa, porém o enquadramento aos fatores instabilizadores que desencadeiam o crescimento da mesma – as feições indicativas de avanço – foi pontuada para todas as erosões analisadas. Evidencia-se, portanto, a necessidade de monitoramento para essas erosões e adequação das obras de engenharia realizadas com o propósitos paliativos aos condicionantes físicos do ambiente, afim de evitar com que as erosões menos críticas evoluam ao ponto de se tornarem reais problemas ao município (gerando maior custo e dificuldade de controle e estabilização).

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A.N. **Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2007.
- ALBUQUERQUE, F. N. B.. Impactos ambientais e agentes/fatores controladores de voçorocas urbanas na cidade de Eunápolis (Bahia). **Revista Pindorama**, v. 2, p. 01-17, 2012.
- BARRETTO, A. G. O. P. **História e geografia da pesquisa brasileira em erosão de solo**. 2007. 120f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.
- BIGARELLA, J.J.; MAZUCHOWSKI, J.Z. Visão integrada da problemática da erosão. In: III Simpósio Nacional de Controle da Erosão, 1985, Curitiba. **Anais....** Curitiba: ADEA/ABGE, 1985.
- BRASIL. Ministério do Interior; ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS. **Relatório do Estudo para Controle de Erosão no Noroeste do Estado do Paraná**. Curitiba, 1972.
- CAMPAGNOLI, F. **A Aplicação do assoreamento na definição de geoindicadores ambientais em áreas urbanas: exemplo na bacia do Alto Tiete, SP**. 192f. Tese (Doutorado em Engenharia). Escola Politecnica da Universidade de Sao Paulo, Departamento de Engenharia Hidraulica e Sanitaria, Sao Paulo, 2002.
- CAMPBELL, I.A.; HONSAKER, J.L. Variability in badlands erosion; problems of scale and threshold identifications. In: THORN, C.E. (Ed). **Space and Time in Geomorphology**. London: George Allen & Unwin, p.59-79, 1982.
- CANCEAN, M. D. J. G. **Estudo da Voçoroca Vila Vitória em Área Periurbana no Município de Loanda/PR**. Curitiba: SEED, 2007.
- CARTÓRIO DE REGISTRO DE IMÓVEIS DA COMARCA DE FOZ DE IGUAÇU. **Processo de Inscrição do loteamento da Cidade Xambrê, 05/11/1952**.
- CASAGRANDE, A. **Urbanização e Erosão: Riscos Socioambientais ao Desenvolvimento Urbano no Noroeste do Parana - Um Estudo de Caso do Município de Nova Esperança**. 152f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Departamento de Geografia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- CASTRO, S. S.; XAVIER, L. S. ; MACEDO, M. **Plano de Controle de Erosão Linear nas Nascentes dos rios Araguaia e Araguinha**. Goiânia, 2004.
- CAVIGLIONE, J.H; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina : IAPAR, 2000.
- CENTRO DE TECNOLOGIAS AMBIENTAIS; LABORATÓRIO DE RISCOS AMBIENTAIS. **Diagnóstico e proposição de diretrizes para a recuperação dos**

processos erosivos no município de Mirassol, SP. São Paulo: Secretaria de Desenvolvimento do Estado de São Paulo, 2010. Relatório técnico nº.19414-301-57/208.

COELHO NETO, A.L. Hidrologia de encostas na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T; CUNHA, S.B. (eds.) **Geomorfologia, uma atualização de bases e conceitos.** Bertrand Brasil : Rio de Janeiro, 3ª edição, 1998, p.93-148.

COMPANHIA MELHORAMENTOS NORTE DO PARANÁ. **Colonização e Desenvolvimento do Norte do Paraná.** 2ª edição. São Paulo: Ave Maria, 1977.

DAGNINO, R. ; CARPI JUNIOR, S. Risco ambiental: conceitos e aplicações. In: **CLIMEP: Climatologia e estudos da paisagem**, v. 2, p. 50-87, 2007.

DELGADO, E. N. F. **Desenvolvimento local e meio ambiente:** as transformações históricas na paisagem do município de Novo Itacolomi – PR. (1975 – 2007). 45 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós Graduação em Geografia, Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELETÉTRICA; INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Controle de erosão:** bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientações para o controle de boçorocas urbanas. 2ª edição. São Paulo: DAEE/IPT, 1989.

DINIZ, N.C. Avaliação de terrenos quanto à suscetibilidade à erosão. In: CARVALHO, J.C. de; SALES, M.M.; SOUZA, N.M.de; MELO, M.T.S. (Org.). **Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro.** Brasília: FINATEC, 2006. p. 221-247.

DONALD, A. R.; ANDRADE, R. S.; MOLINARI, D. C.; DIRANE, A. C. M. **Áreas de risco a voçorocamento** – Distrito Industrial II (Manaus – AM). In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Viçosa: UFV, 2009.

DOUGLAS, I. Urban planning policies for physical constraints and environmental change. In: HOOKE, J.M. (org.). **Geomorphology in Environmental Plannig.** Devon: John Wiley and Sons, Ltd., p. 63-86, 1988.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR. **Carta de Solos do Estado do Paraná:** EMBRAPA e IAPAR: 1:250.000, 2011.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A.M. O Grupo Caiuá (Ks): revisão estratigráfica e contexto deposicional. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 24, n. 3, p. 164-176, 1994.

FERNANDES,L.A.; COUTO,E.V.; SANTOS,L.J.C. Três Morrinhos, Terra Rica, PR - Arenitos silicificados de dunas do Deserto Caiuá testemunham nível de superfície de aplainamento K-T. In: Winge,M.; Schobbenhaus,C.; Souza,C.R.G.; Fernandes,A.C.S.; Berbert-Born,M.; Sallun filho,W.; Queiroz,E.T.; (Edit.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**, Brasília, v. 2. p.69-84, 05 dezembro

2012. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/sitio058/sitio058.pdf>. Acesso em: 21 setembro 2016

FIDALSKI, J. Diagnóstico de manejo e conservação do solo e da água na região noroeste do Paraná. **Revista Unimar**, Maringá, v. 19, n.3, p. 845-851, 1997.

GASPARETTO, N. V. L.; NÓBREGA, M. T. ; CARVALHO, A. A reorganização da cobertura pedológica no noroeste do Paraná e as suas relações com o Arenito Caiuá. In: 8º Encontro de Geógrafos de América Latina, 2001, Santiago. **Anais...** Santiago, 2001. p. 164-169.

GOOGLE. Google Earth. Version 7.1.7.2606. 2014. **República Democrática do Congo**. Acesso em: 26/01/2017.

GOOGLE. Google Earth. Version 7.1.7.2606. 2014. **Cidade Gaúcha - PR**. Acesso em: 26/01/2017.

GOOGLE. Google Earth. Version 7.1.7.2606. 2014. **Romênia**. Acesso em: 26/01/2017.

GOUDIE, A. **The changing Earth**: rates of geomorphological processes. Oxford: Blackwell Publishers, 1995.

GUERRA, A.J.T.; HOFFMANN, H. Urban gully erosion in Brazil. **Geography Review**, Oxford, v.19,n.3,p.26-29,2006.

GUERRA, A.J.T. Encostas Urbanas. In: GUERRA, A.J.T. (Org). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, p.13-42.

GUERRA, A.J.T; BOTELHO, R.G.M. Erosão dos Solos. In: CUNHA, S.B; GUERRA, A.J.T (Org.). **Geomorfologia do Brasil**. 7ª Edição, Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2011,p.181-228.

GUERRA, A.J.T. Erosão dos solos e movimentos de massa – recuperação de áreas degradadas com técnicas de bioengenharia e prevenção de acidentes. In: GUERRA, A.J.T. (Org). **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo : Oficina de Textos, 2014, p.7-31.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo, Bacia do Pardo Grande**. São Paulo: IPT, 1989. Relatório técnico n. 28.184.

_____. **Cadastramento de pontos de erosão e inundação no Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 2012. Relatório técnico n. 131.057-205.

IWASA, O.Y; FENDRICH, R. Controle da Erosão Urbana. In: OLIVEIRA, A.M.S; BRITO, S.N.A de (Ed.). **Geologia de engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998, p.271-281.

JORGE, M.C.O. Geomorfologia Urbana: conceitos, metodologias e teorias. In: GUERRA, A.J.T. (Org). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.117-146, 2011.

KIRKBY, M.J.; BRACKEN, L.J. Gully processes and gully dynamics. **Earth Surface Processes and Landforms**, Amsterdam, v.34, p.1841-1851, 2009.

KOHLHEPP, G. **Colonização agrária no Norte do Paraná**: processos geoeconômicos e sociogeográficos de desenvolvimento de uma zona subtropical do Brasil sob a influência da plantação de café. Maringá: EDUEM, 2014.

KUROWSKI, G. Aspectos Gerais da erosão no Norte do Paraná. In: **Boletim Paranaense de Geografia**, Curitiba, n.6/7, p 3-16, 1962.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**, 3ª edição, Curitiba : Imprensa Oficial, 2002.

MAKANZU IMWANGANA, F. **Study on Gully Erosion in Kinshasa**: rainfall-formation dynamics of and prevention strategies. 208p. Tese . Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Kinshasa, D.R. Congo, 2014.

MANGUEIRA, C.G.M.; GOUDART, G.; SANTOS, L.J.C. Evolução do Processo Erosivo e Erosividade das Chivas no noroeste do Paraná. In: XI Simpósio Brasileiro de Geomorfologia, 2016, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2016.

MATHIAS, D.T. **Proposta de recuperação de áreas peri-urbanas erodidas com base em parâmetros hidrológicos e geomorfológicos**. 128f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.

MENDONÇA, F. de A. A erosão urbana de Paranavaí / PR: estudo com base no emprego de fotografias aéreas. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, Londrina, v. 14, n. 3, p. 151-154, set. 1993.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206p.

MONTEIRO, C.A.F. O Clima da Região Sul. In: Geografia Regional do Brasil – Região Sul. Série Biblioteca Brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 1962.p.117-169.

MORETTI, R. de S. **Loteamentos**: Manual de recomendações para elaboração de projeto, São Paulo: IPT, 1986.

MOTA, S. **Urbanização e meio ambiente**, 3ª edição. ABES, Rio de Janeiro, 2003.

NAKASHIMA, P. **Cartografia dos Sistemas Pedológicos do Noroeste do Paraná**: distribuição e subsídios para o controle da erosão. 162f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

NASCIMENTO JUNIOR, L. **As chuvas no Paraná: variabilidade, teleconexões, e impactos de eventos extremos**. 162f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Campus de Presidente Prudente, Presidente Prudente, 2013.

NOGAROLLI, M. **Evolução climática do Estado do Paraná: 1970 – 1999**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2007.

OLIVEIRA, A.M.S.; QUEIROZ NETO, J.P. Erosão acelerada no Planalto Ocidental Paulista: desequilíbrio, descontinuidade e epiciclo. In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Departamento de Geografia – USP, 1993, p.461-463.

OLIVEIRA, C.J.F. **Erosão urbana na bacia do córrego Santo Antônio em Aparecida de Goiânia/Goiás: análise e diretrizes para controle**. 206 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Instituto de Estudos Sócio-ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2005. Disponível em: <http://www.labogef.iesa.ufg.br/labogef/arquivos/downloads/Texto_Correcao_Final_e_m_11_27827_73750.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2017.

OLIVEIRA, N.M.G.A. Geoambiente norte do Recife-PE: sistema de voçorocas e movimento de massa. In: 57ª REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 2005, Fortaleza/CE. **Anais...**, Fortaleza/CE, 2005.

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. (org). **Erosão e Conservação dos solos: conceitos, tema e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.p.57-99.

PELOGGIA, A. **O homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no Município de São Paulo**. São Paulo: Xamã, 1998.

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

POESEN, J.; TORRI, D.; VANWALLEGHEM, T. Gully erosion: procedures to adopt when modeling soil erosion in landscapes affected by gulluig. In: MORGAN, R.; NEARING, M. (Ed), **Handbook of Erosion Modelling**. Blackwell Publishing Ltda., p.360-386, 2011.

PRANDINI, F.L.; GUIDICINI, G.; GREHS, S.A. Geologia Ambiental ou de Planejamento. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 28., 1974, Porto Alegre. **Anais...**São Paulo: SBG, 1974. p.273-290.

PROSSER, E.S. **Páginas escolhidas: 150 anos da criação política do paraná**. Curitiba, PR: Assembleia Legislativa do Paraná, 2004.

ROSANELI, A. F. Os Planos Urbanísticos da CTNP e a Questão da 'Fronteira'. In: IX Seminário de História da Cidade e Urbanismo, 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo 2006, p 1-27.

_____. **Cidades Novas do Café: História, Morfologia e Paisagem Urbana.** 1ª edição. Curitiba: Editora da UFPR, 2013.

RUBIO, M.F. **Gênese e dinâmica de erosões em margens de reservatórios:** Pesquisa e Desenvolvimento no estudo de caso nas UHEs Chavantes e Rosana (rio Paranapanema, SP/PR). 255f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

RUFINO, R.L.; BISCAIA, R. C. M. & MERTEN, G. H. Determinação do potencial erosivo da chuva do estado do Paraná através da pluviometria: terceira aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, p. 439-444, 1993.

SALOMÃO, F. X. T. **Processos erosivos lineares em Bauru – SP:** Regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo de erosão urbano rural. 200 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

_____. Controle e Prevenção dos Processos Erosivos. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (Org.). **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 229-267.

SANTOS, J. O. Medidas saneadoras chegam nove anos após os estudos. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 30 mar. 1976. Caderno interior, p. 24.

SANTOS, L. J. C. ; FIORI, C. O. ; CANALI, N. E. ; FIORI, A. P. ; SILVEIRA, C. T. ; SILVA, J. M. F. ; ROSS, J. S. . Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Rio de Janeiro, v. 7, p. 3-11, 2006.

SANTOS, L.J.C; WESTPHALEN, L.A. Erosão dos solos no noroeste do Paraná. In: GUERRA, A.J.T; JORGE, M.C.O. (org). **Degradação dos solos no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.p.293-317.

SCHUM, S.A. Geomorphic thresholds and complex response of drainage systems. In: MORISAWA, M. (Ed). **Fluvial Geomorphology.** New York: State University of New York, p.299-310, 1973.

_____. Geomorphic threshold: the concept and its applications. **Transactions of the Institute of British Geographers**, v.4,n.4,p.485-515, 1979.

SIDORCHUK, A. Dynamic and static models of gully erosion. **Catena**, v.37,p.401-414, 1999.

_____. Stages in gully evolution and self-organized criticality. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.31,p.1329-1344, 2006.

SOPCHAKI, C. H.; SANTOS, L. J. C. . Metodologia de cadastro de erosões na Bacia do Rio do Meio, Pinhais-PR. **Geografia: Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 147-161, maio/ago. 2012.

SUERTEGARAY, D.M.A. Desertificação – Recuperação e Desenvolvimento Sustentável. In: CUNHA, S.B; GUERRA, A.J.T (Org.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 1996,p.249-289.

SUERTEGARAY, D.M.A. Geomorfologia: novos conceitos e abordagens. In: VII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada e I Fórum Americano de Geografia Física Aplicada. Curitiba, **Anais...** Editora da Universidade Federal do Paraná, 1997. p.9-24.

SUPERINTENDÊNCIA DO CONTROLE DA EROÇÃO E SANEAMENTO AMBIENTAL (SUCEAM). **Caracterização do meio físico**: subsídios para o planejamento urbano e periurbano. Curitiba,1994.

TORRI, D.;POESEN, J. A review of topographic threshold conditions for gully head development in different environments. **Earth-Science Reviews**, v. 130, p. 73-85, 2011.

TUCCI, C.; COLLISCHONN, W. Drenagem urbana e Controle de Erosão. In: VI Simpósio nacional de controle da erosão, 1998, Presidente Prudente. **Anais...** Presidente Prudente: ABGE, 1998.v.1.p.92-101.

VALENTIN, C.; POESEN, J.; LI, Y. Gully erosion: impacts, factors and control. **Catena**. Amsterdam, v.63, n.2-3, p.132-153, 2005.

VANMAERCKE,M.; POESEN, J.; MELE, B.V.; DEMUZERE, M.; BRUYNSEELS, A.; GOLOSOV, V.; BEZERRA, J.F.R.; BOLYSOV, S.; DVINSKI, A.; FRANKL, A.; FUSEINA, Y.; GUERRA, A.J.T.; HEREGEWEYN,N.; IONITA, I.; IMWANGANA, F.M.; MOEYERSONS, J.; MOSHE, I.; SAMANI, A.N.; NIACSU, L.; NYSSSEN, J.; OTSUKI, Y.; RODOANE, M.; RYSIN, I.; RYZHOV, Y.V.; YERMOLAEV, O. How fast do gully headcuts retreat? **Earth-science Reviews**, Amsterdam, v. 154, p.336-355, mar. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.01.009>. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012825216300083>>. Acesso em: 02 jun. 2016.

VIEIRA, A. F.S.G.; MOLINARI, D. C. Notas sobre o rápido crescimento e expansão de voçoroca em via de circulação pavimentada no Distrito Industrial 2 - Manaus (AM). In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia e Regional Conference on Geomorphology, 2006, Goiânia. **Anais...** Goiânia: IAG/UGB, 2006. v. II. p. 1-11.

WESTPHALEN, L.A. **Avaliação e Hierarquização da Erodibilidade dos Solos do Noroeste do Estado do Paraná**: Subsídios ao planejamento ambiental. 90 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Departamento de Geografia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

WILD, A. **Soils and the environment: an introduction**. Combridge: Cambridge University Press, 1993.

YAMAKI, H. **Labirinto da memória: paisagens de Londrina**. Londrina: Edições Humanidades, 2006.

APÊNDICE 1 – FICHAS DE PONDERAÇÃO DE VALORES POR ORDEM DE CRITICIDADE

Sub Grupo: Riscos ambientais Existe risco do processo denudacional, ou suas consequências, ocasionar outro dano ambiental?	Risco alto	0,070
Sub Grupo: Monitoramento do processo A erosão é objeto de monitoramento?	Não	0,010
O processo já afetou áreas de terceiros?	Sim	0,060
Sub Grupo: Dificuldade no controle Há exigência de adoção de medida de controle específica?	Sim, por exigência legal	0,050
Sub Grupo: Dificuldade no controle A erosão está localizada em alguma área sensível para a cidade?	Sim, requerendo a adoção de medidas técnicas específicas	0,040
Sub Grupo: Taxa de evolução Qual a taxa média de evolução do processo?	Classe V	0,100
Sub Grupo: Dimensão do talude Classificação das dimensões bidimensionais do talude originado pelo processo	Classe V	0,050
Sub Grupo: Susceptibilidade à fatores instabilizadores Classificação de enquadramento nas condições ambientais instabilizadoras dos processos	Classe III	0,070
SOMA TOTAL		0,450

Erosão AL01

Cidade: Alto Paraná

Parâmetros Críticos*		
Solos	0	Latossolos
Feições indicativas de avanço	1	solapamento, movimento de massa, ravina escavada no eixo principal
Vegetação	1	não
Sistema viário adequado	1	não
Total	3	

*(análise do sub grupo susceptibilidade à fatores instabilizadores)

Sub Grupo: Riscos ambientais Existe risco do processo denudacional, ou suas consequências, ocasionar outro dano ambiental?	Risco moderado	0,050
Sub Grupo: Monitoramento do processo A erosão é objeto de monitoramento?	Não	0,010
O processo já afetou áreas de terceiros?	Sim	0,060
Sub Grupo: Dificuldade no controle Há exigência de adoção de medida de controle específica?	Sim, por parte da prefeitura	0,030
Sub Grupo: Dificuldade no controle A erosão está localizada em alguma área sensível para a cidade?	Não	0,000
Sub Grupo: Taxa de evolução Qual a taxa média de evolução do processo?	Classe V	0,100
Sub Grupo: Dimensão do talude Classificação das dimensões bidimensionais do talude originado pelo processo	Classe V	0,050
Sub Grupo: Susceptibilidade à fatores instabilizadores Classificação de enquadramento nas condições ambientais instabilizadoras dos processos	Classe III	0,070
SOMA TOTAL		0,370

Erosão AL02

Cidade: Alto Paraná

Parâmetros Críticos*		
Solos	0	Latossolos
Feições indicativas de avanço	1	solapamento, alcovas de regressão, pipes
Vegetação	1	não
Sistema viário adequado	1	não
Total	3	

*(análise do sub grupo susceptibilidade à fatores instabilizadores)

Sub Grupo: Riscos ambientais		
Existe risco do processo denudacional, ou suas consequências, ocasionar outro dano ambiental?	Risco moderado	0,050
Sub Grupo: Monitoramento do processo		
A erosão é objeto de monitoramento?	Não	0,010
O processo já afetou áreas de terceiros?	Sim	0,060
Sub Grupo: Dificuldade no controle		
Há exigência de adoção de medida de controle específica?	Sim, por parte da prefeitura	0,030
Sub Grupo: Dificuldade no controle		
A erosão está localizada em alguma área sensível para a cidade?	Sim, porém não requer nenhuma medida técnica específica	0,020
Sub Grupo: Taxa de evolução		
Qual a taxa média de evolução do processo?	Classe V	0,100
Sub Grupo: Dimensão do talude		
Classificação das dimensões bidimensionais do talude originado pelo processo	Classe III	0,025
Sub Grupo: Susceptibilidade à fatores instabilizadores		
Classificação de enquadramento nas condições ambientais instabilizadoras dos processos	Classe III	0,070
SOMA TOTAL		0,365

Erosão PA11

Cidade: Paranavaí

Parâmetros Críticos*		
Solos	0	Latossolos
Feições indicativas de avanço	1	alcovas de regressão, movimento de massa
Vegetação	1	não
Sistema viário adequado	0	sim
Total	2	

*(análise do sub grupo susceptibilidade à fatores instabilizadores)

Sub Grupo: Riscos ambientais		
Existe risco do processo denudacional, ou suas consequências, ocasionar outro dano ambiental?	Risco baixo	0,020
Sub Grupo: Monitoramento do processo		
A erosão é objeto de monitoramento?	Não	0,010
O processo já afetou áreas de terceiros?	Não identificado	0,000
Sub Grupo: Dificuldade no controle		
Há exigência de adoção de medida de controle específica?	Sim, por exigência legal	0,050
Sub Grupo: Dificuldade no controle		
A erosão está localizada em alguma área sensível para a cidade?	Não	0,000
Sub Grupo: Taxa de evolução		
Qual a taxa média de evolução do processo?	Classe V	0,100
Sub Grupo: Dimensão do talude		
Classificação das dimensões bidimensionais do talude originado pelo processo	Classe V	0,050
Sub Grupo: Susceptibilidade à fatores instabilizadores		
Classificação de enquadramento nas condições ambientais instabilizadoras dos processos	Classe IV	0,100
SOMA TOTAL		0,330

Erosão CG01

Cidade: Cidade Gaúcha

Parâmetros Críticos*		
Solos	1	Argissolos
Feições indicativas de avanço	1	ravina escavada no eixo principal, alcovas de regressão, solapamento
Vegetação	1	não
Sistema viário adequado	1	não
Total	4	

*(análise do sub grupo susceptibilidade à fatores instabilizadores)

Sub Grupo: Riscos ambientais		
Existe risco do processo denudacional, ou suas consequências, ocasionar outro dano ambiental?	Risco alto	0,070
Sub Grupo: Monitoramento do processo		
A erosão é objeto de monitoramento?	Não	0,010
O processo já afetou áreas de terceiros?	Não	0,030
Sub Grupo: Dificuldade no controle		
Há exigência de adoção de medida de controle específica?	Sim, por parte da prefeitura	0,030
Sub Grupo: Dificuldade no controle		
A erosão está localizada em alguma área sensível para a cidade?	Não	0,000
Sub Grupo: Taxa de evolução		
Qual a taxa média de evolução do processo?	Classe IV	0,070
Sub Grupo: Dimensão do talude		
Classificação das dimensões bidimensionais do talude originado pelo processo	Classe IV	0,020
Sub Grupo: Susceptibilidade à fatores instabilizadores		
Classificação de enquadramento nas condições ambientais instabilizadoras dos processos	Classe III	0,070
SOMA TOTAL		0,300

Erosão PA05

Cidade: Paranavai

Parâmetros Críticos*		
Solos	1	Argissolos
Feições indicativas de avanço	1	ramificações, alcovas de regressão, solapamentos
Vegetação	1	não
Sistema viário adequado	0	sim
Total	3	

*(análise do sub grupo susceptibilidade à fatores instabilizadores)

Sub Grupo: Riscos ambientais		
Existe risco do processo denudacional, ou suas consequências, ocasionar outro dano ambiental?	Risco alto	0,070
Sub Grupo: Monitoramento do processo		
A erosão é objeto de monitoramento?	Não	0,010
O processo já afetou áreas de terceiros?	Não	0,030
Sub Grupo: Dificuldade no controle		
Há exigência de adoção de medida de controle específica?	Sim, por exigência legal	0,050
Sub Grupo: Dificuldade no controle		
A erosão está localizada em alguma área sensível para a cidade?	Não	0,000
Sub Grupo: Taxa de evolução		
Qual a taxa média de evolução do processo?	Classe II	0,030
Sub Grupo: Dimensão do talude		
Classificação das dimensões bidimensionais do talude originado pelo processo	Classe III	0,025
Sub Grupo: Susceptibilidade à fatores instabilizadores		
Classificação de enquadramento nas condições ambientais instabilizadoras dos processos	Classe III	0,070
SOMA TOTAL		0,285

Erosão LO02

Cidade: Loanda

Parâmetros Críticos*		
Solos	1	Argissolos
Feições indicativas de avanço	1	ravinas escavadas no eixo principal, alcovas de regressão
Vegetação	0	sim
Sistema viário adequado	1	não
Total	3	

*(análise do sub grupo susceptibilidade à fatores instabilizadores)

Sub Grupo: Riscos ambientais		
Existe risco do processo denudacional, ou suas consequências, ocasionar outro dano ambiental?	Risco moderado	0,050
Sub Grupo: Monitoramento do processo		
A erosão é objeto de monitoramento?	Não	0,010
O processo já afetou áreas de terceiros?	Não identificado	0,000
Sub Grupo: Dificuldade no controle		
Há exigência de adoção de medida de controle específica?	Sim, por restrições	0,020
Sub Grupo: Dificuldade no controle		
A erosão está localizada em alguma área sensível para a cidade?	Não	0,000
Sub Grupo: Taxa de evolução		
Qual a taxa média de evolução do processo?	Classe V	0,100
Sub Grupo: Dimensão do talude		
Classificação das dimensões bidimensionais do talude originado pelo processo	Classe V	0,050
Sub Grupo: Susceptibilidade à fatores instabilizadores		
Classificação de enquadramento nas condições ambientais instabilizadoras dos processos	Classe II	0,050
SOMA TOTAL		0,280

Erosão CS01

Cidade: Cafezal do Sul

Parâmetros Críticos*		
Solos	0	Latossolos
Feições indicativas de avanço	1	movimentos de massa
Vegetação	0	sim
Sistema viário adequado	0	sim
Total	1	

*(análise do sub grupo susceptibilidade à fatores instabilizadores)

Sub Grupo: Riscos ambientais		
Existe risco do processo denudacional, ou suas consequências, ocasionar outro dano ambiental?	Risco moderado	0,050
Sub Grupo: Monitoramento do processo		
A erosão é objeto de monitoramento?	Não	0,010
O processo já afetou áreas de terceiros?	Não identificado	0,000
Sub Grupo: Dificuldade no controle		
Há exigência de adoção de medida de controle específica?	Não	0,000
Sub Grupo: Dificuldade no controle		
A erosão está localizada em alguma área sensível para a cidade?	Sim, porém não requer nenhuma medida técnica específica	0,020
Sub Grupo: Taxa de evolução		
Qual a taxa média de evolução do processo?	Classe V	0,100
Sub Grupo: Dimensão do talude		
Classificação das dimensões bidimensionais do talude originado pelo processo	Classe III	0,025
Sub Grupo: Susceptibilidade à fatores instabilizadores		
Classificação de enquadramento nas condições ambientais instabilizadoras dos processos	Classe III	0,070
SOMA TOTAL		0,275

Erosão CS02

Cidade: Cafezal do Sul

Parâmetros Críticos*		
Solos	1	Argissolos
Feições indicativas de avanço	1	movimentos de massa
Vegetação	1	não
Sistema viário adequado	0	sim
Total	3	

*(análise do sub grupo susceptibilidade à fatores instabilizadores)

Sub Grupo: Riscos ambientais		
Existe risco do processo denudacional, ou suas consequências, ocasionar outro dano ambiental?	Risco moderado	0,050
Sub Grupo: Monitoramento do processo		
A erosão é objeto de monitoramento?	Não	0,010
O processo já afetou áreas de terceiros?	Sim	0,060
Sub Grupo: Dificuldade no controle		
Há exigência de adoção de medida de controle específica?	Não	0,000
Sub Grupo: Dificuldade no controle		
A erosão está localizada em alguma área sensível para a cidade?	Não	0,000
Sub Grupo: Taxa de evolução		
Qual a taxa média de evolução do processo?	Classe III	0,040
Sub Grupo: Dimensão do talude		
Classificação das dimensões bidimensionais do talude originado pelo processo	Classe III	0,025
Sub Grupo: Susceptibilidade à fatores instabilizadores		
Classificação de enquadramento nas condições ambientais instabilizadoras dos processos	Classe III	0,070
SOMA TOTAL		0,255

Erosão MH02

Cidade: Maria Helena

Parâmetros Críticos*		
Solos	0	Latossolos
Feições indicativas de avanço	1	ravina escavada no eixo principal, solapamento
Vegetação	1	não
Sistema viário adequado	0	sim
Total	2	

*(análise do sub grupo susceptibilidade à fatores instabilizadores)

Sub Grupo: Riscos ambientais		
Existe risco do processo denudacional, ou suas consequências, ocasionar outro dano ambiental?	Risco baixo	0,020
Sub Grupo: Monitoramento do processo		
A erosão é objeto de monitoramento?	Não	0,010
O processo já afetou áreas de terceiros?	Não identificado	0,000
Sub Grupo: Dificuldade no controle		
Há exigência de adoção de medida de controle específica?	Não	0,000
Sub Grupo: Dificuldade no controle		
A erosão está localizada em alguma área sensível para a cidade?	Não	0,000
Sub Grupo: Taxa de evolução		
Qual a taxa média de evolução do processo?	Classe IV	0,060
Sub Grupo: Dimensão do talude		
Classificação das dimensões bidimensionais do talude originado pelo processo	Classe IV	0,030
Sub Grupo: Susceptibilidade à fatores instabilizadores		
Classificação de enquadramento nas condições ambientais instabilizadoras dos processos	Classe III	0,070
SOMA TOTAL		0,190

Erosão CG02

Cidade: Cidade Gaúcha

Parâmetros Críticos*		
Solos	1	Argissolos
Feições indicativas de avanço	1	ravina escavada no eixo principal, solapamento
Vegetação	1	não
Sistema viário adequado	0	sim
Total	3	

*(análise do sub grupo susceptibilidade à fatores instabilizadores)

Sub Grupo: Riscos ambientais		
Existe risco do processo denudacional, ou suas consequências, ocasionar outro dano ambiental?	Risco baixo	0,020
Sub Grupo: Monitoramento do processo		
A erosão é objeto de monitoramento?	Não	0,010
O processo já afetou áreas de terceiros?	Não	0,030
Sub Grupo: Dificuldade no controle		
Há exigência de adoção de medida de controle específica?	Não	0,000
Sub Grupo: Dificuldade no controle		
A erosão está localizada em alguma área sensível para a cidade?	Não	0,000
Sub Grupo: Taxa de evolução		
Qual a taxa média de evolução do processo?	Classe III	0,030
Sub Grupo: Dimensão do talude		
Classificação das dimensões bidimensionais do talude originado pelo processo	Classe III	0,025
Sub Grupo: Susceptibilidade à fatores instabilizadores		
Classificação de enquadramento nas condições ambientais instabilizadoras dos processos	Classe III	0,070
SOMA TOTAL		0,185

Erosão MH03

Cidade: Maria Helena

Parâmetros Críticos*		
Solos	1	Argissolos
Feições indicativas de avanço	1	alcovas de regressão, solapamento
Vegetação	1	não
Sistema viário adequado	0	sim
Total	3	

*(análise do sub grupo susceptibilidade à fatores instabilizadores)

Sub Grupo: Riscos ambientais		
Existe risco do processo denudacional, ou suas consequências, ocasionar outro dano ambiental?	Risco baixo	0,020
Sub Grupo: Monitoramento do processo		
A erosão é objeto de monitoramento?	Não	0,010
O processo já afetou áreas de terceiros?	Não identificado	0,000
Sub Grupo: Dificuldade no controle		
Há exigência de adoção de medida de controle específica?	Não	0,000
Sub Grupo: Dificuldade no controle		
A erosão está localizada em alguma área sensível para a cidade?	Não	0,000
Sub Grupo: Taxa de evolução		
Qual a taxa média de evolução do processo?	Classe III	0,040
Sub Grupo: Dimensão do talude		
Classificação das dimensões bidimensionais do talude originado pelo processo	Classe II	0,010
Sub Grupo: Susceptibilidade à fatores instabilizadores		
Classificação de enquadramento nas condições ambientais instabilizadoras dos processos	Classe III	0,070
SOMA TOTAL		0,150

Erosão LO03

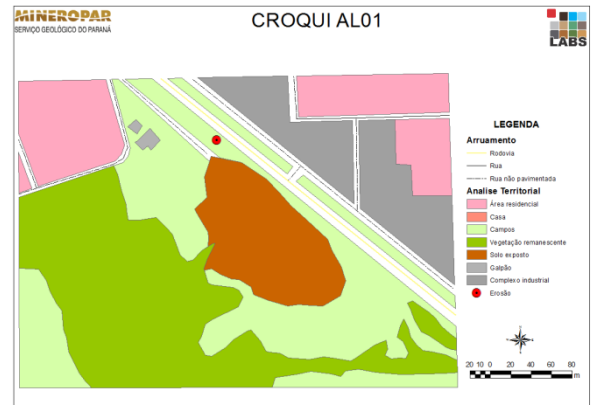
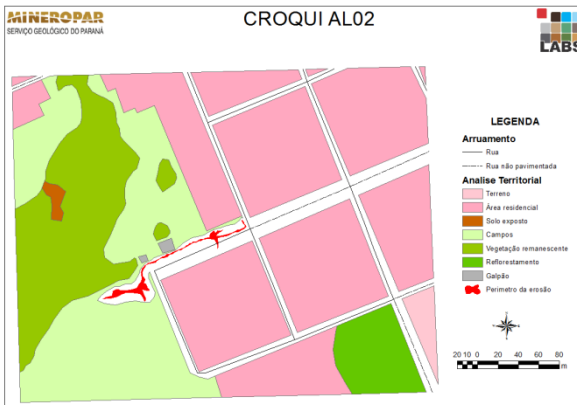
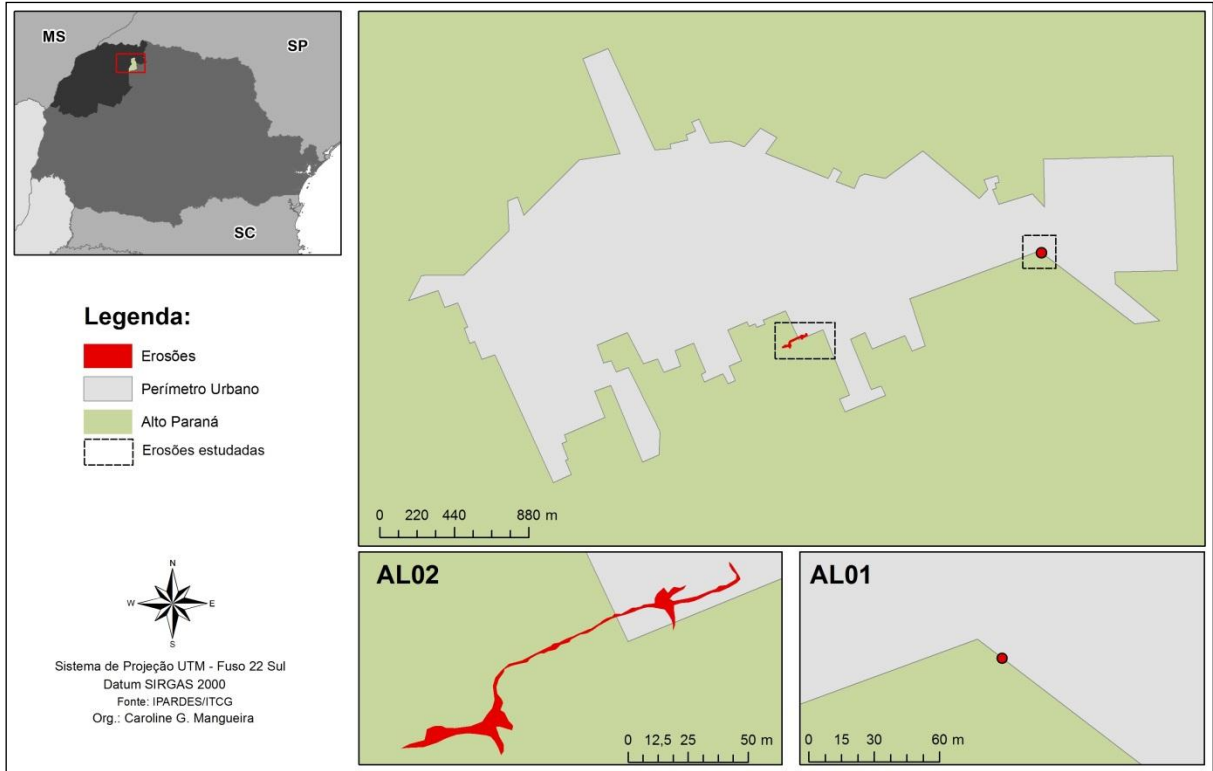
Cidade: Loanda

Parâmetros Críticos*		
Solos	0	Latossolos
Feições indicativas de avanço	1	ravinas escavadas no eixo principal, alcovas de regressão, solapamento
Vegetação	1	não
Sistema viário adequado	1	não
Total	3	

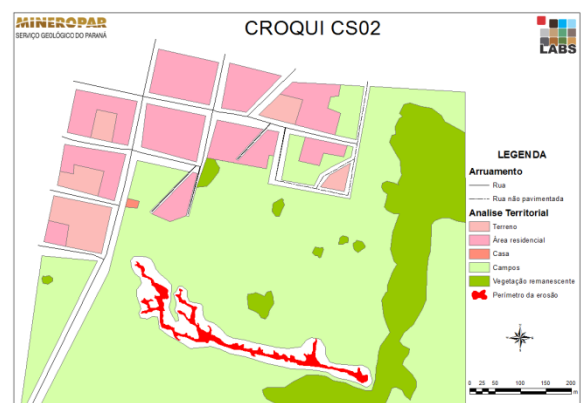
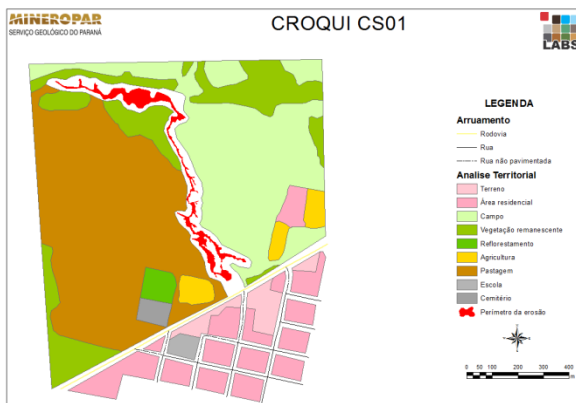
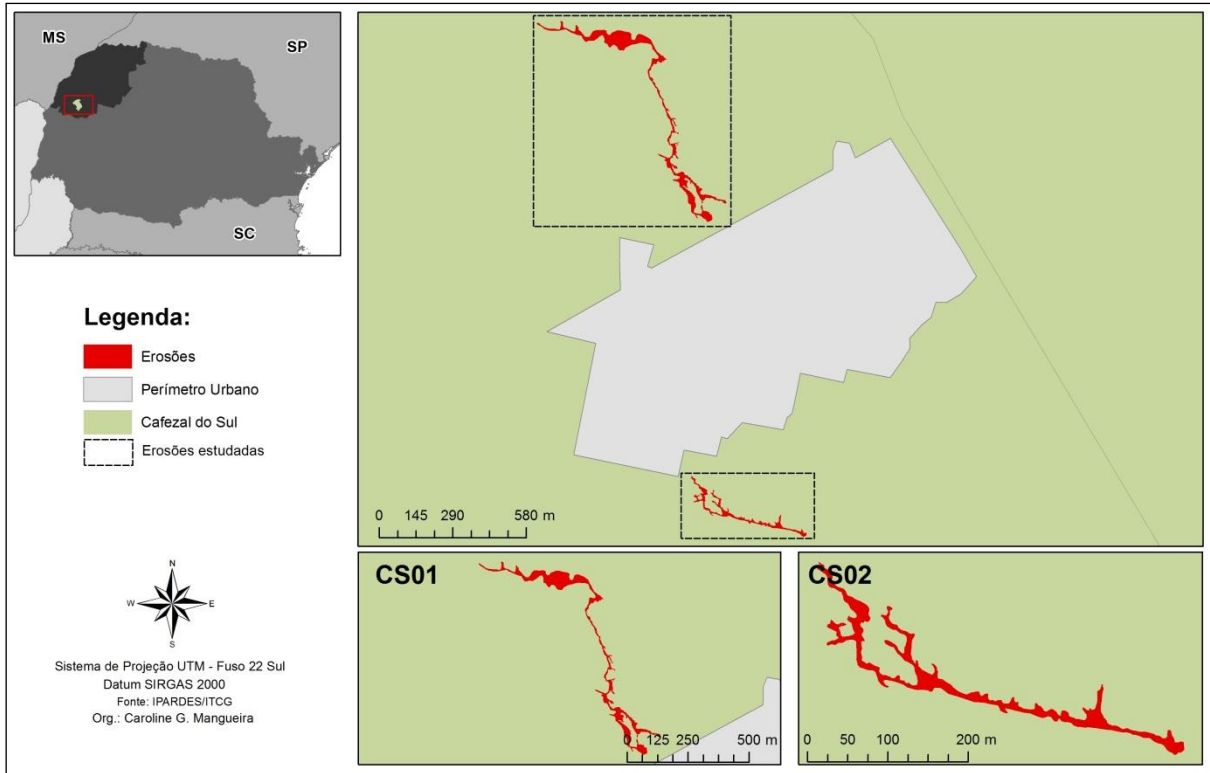
*(análise do sub grupo susceptibilidade à fatores instabilizadores)

ANEXO 1 – CROQUIS DAS EROSÕES ESTUDADAS

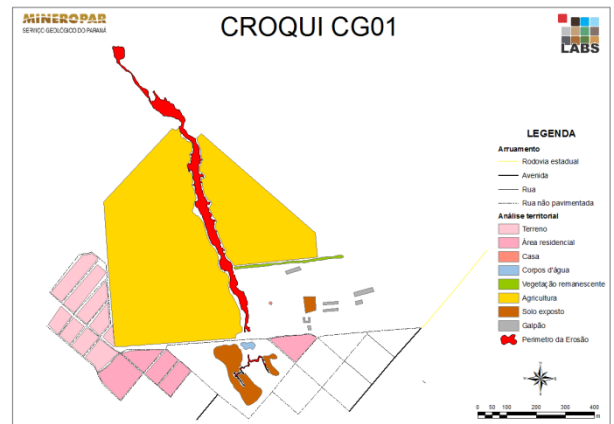
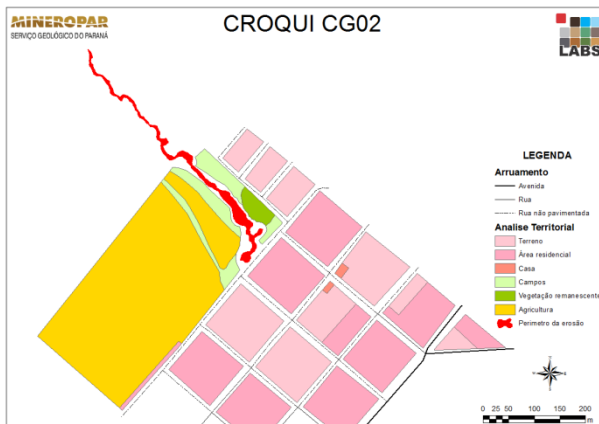
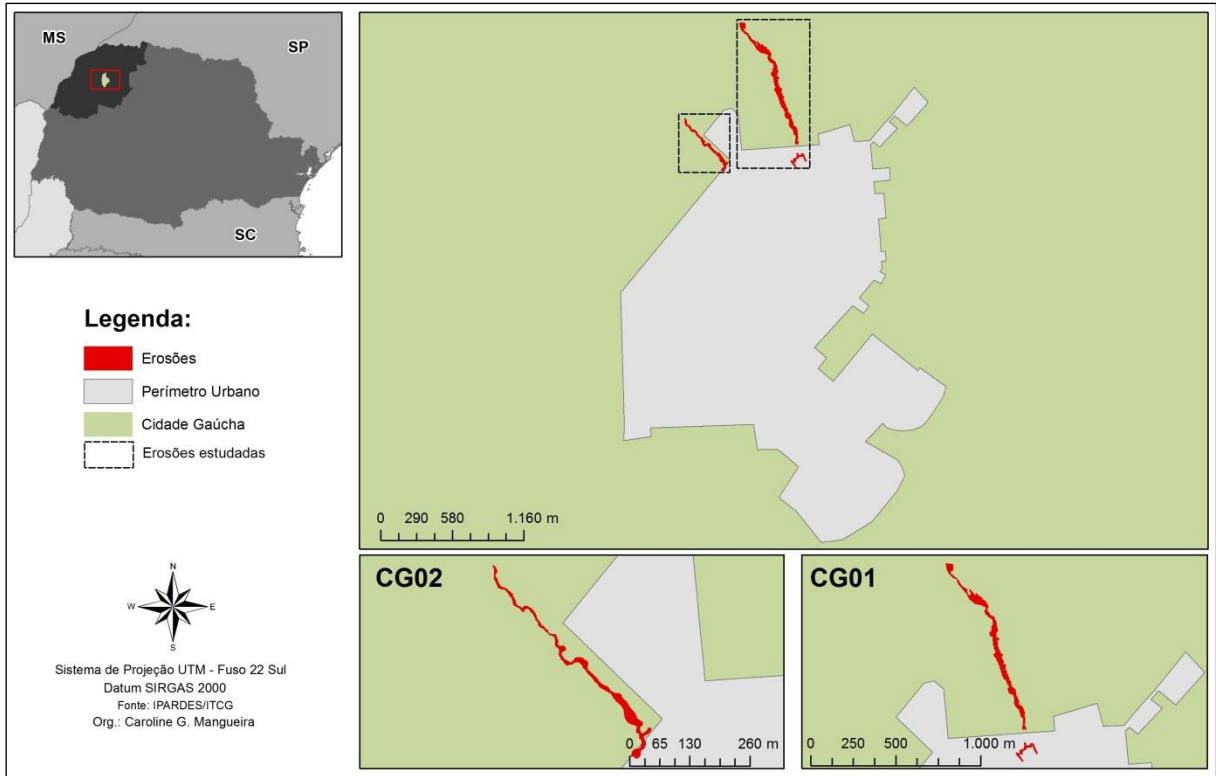
I. Alto Paraná



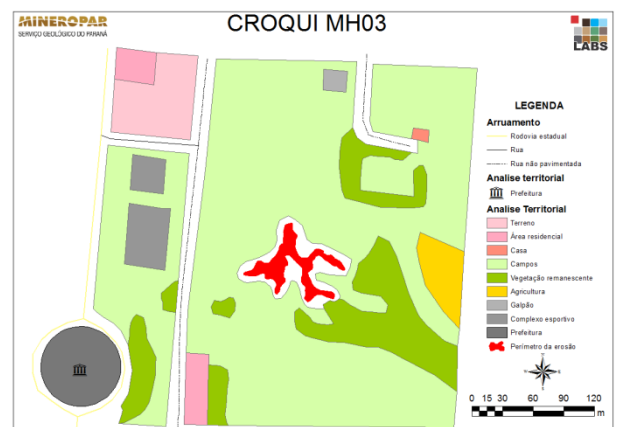
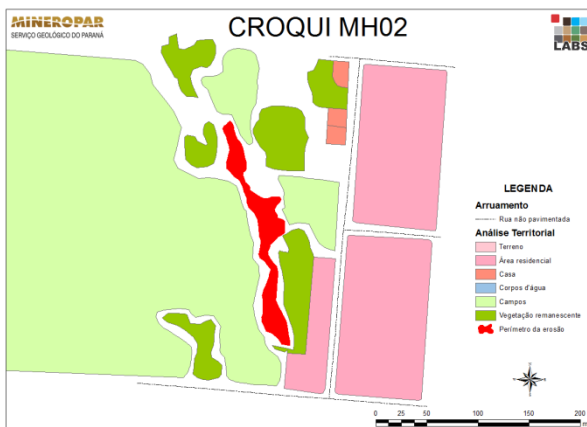
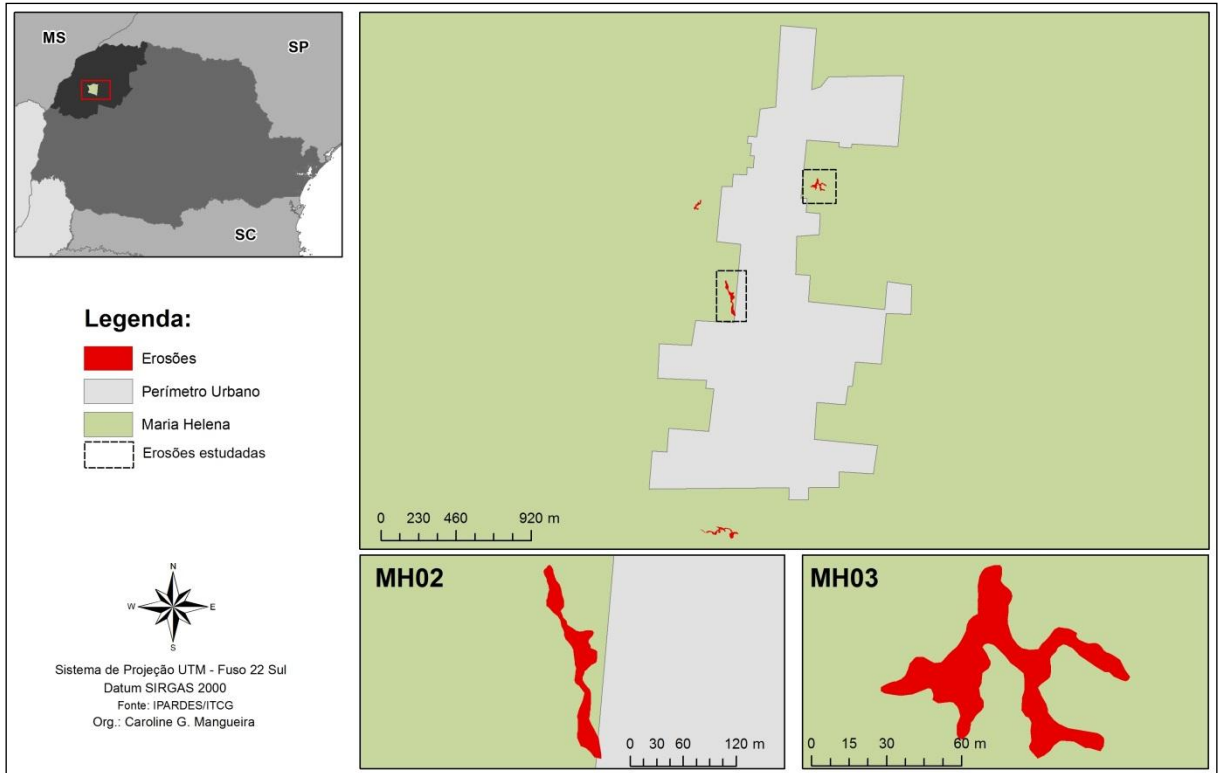
II. Cafezal do Sul



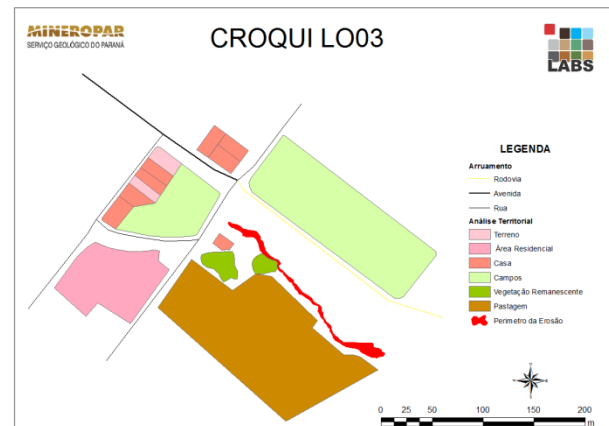
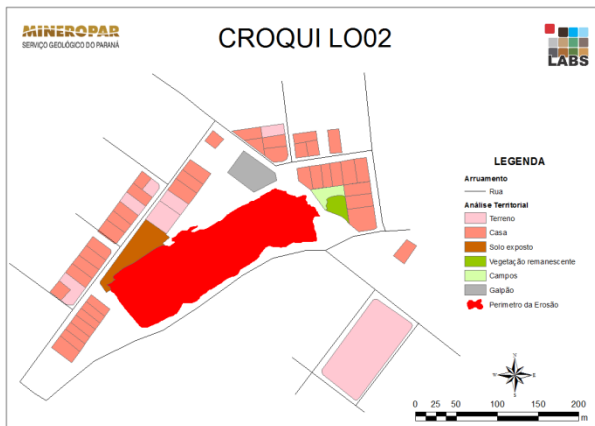
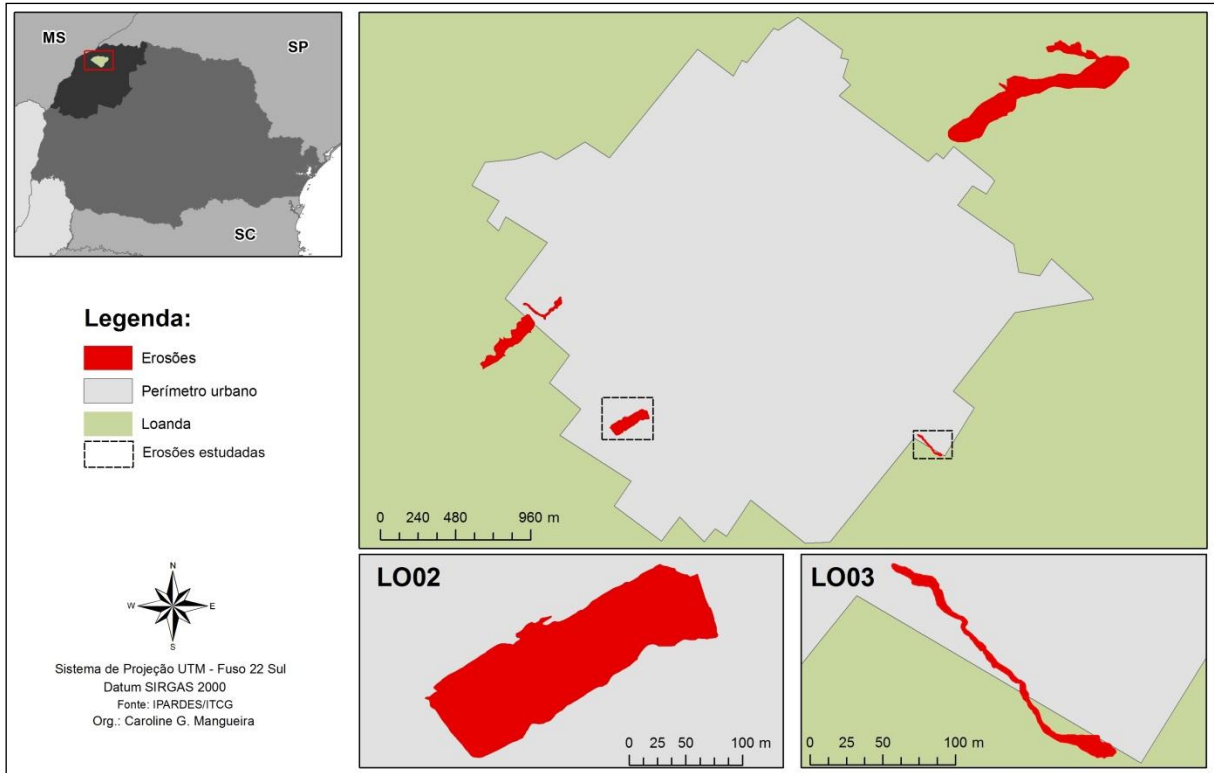
III. Cidade Gaúcha



IV. Maria Helena



V. Loanda



VI. Paranavaí

