

## OCUPAÇÃO DAS ZONAS DE VULNERABILIDADE À EROSIÃO EM CIDADE GAÚCHA – PARANÁ<sup>1</sup>

MACEDO, Felipe Rodrigues<sup>2</sup>; SOUZA, Marta Luzia de<sup>3</sup>

### RESUMO

A região Noroeste do estado do Paraná possui solos vulneráveis à erosão. O processo de ocupação foi marcado por um desmatamento generalizado, um rápido crescimento populacional e, a não adoção de práticas conservacionistas acabaram por expor os solos ao desenvolvimento de vários tipos de feições erosivas, a partir da década de 1940. Neste contexto, nos anos de 1990 uma equipe de pesquisadores de órgãos públicos paranaenses realizou um mapeamento geotécnico nas áreas urbanas e periurbanas de Cidade Gaúcha, adaptando a metodologia de Zonas Expostas aos Riscos de Movimentação dos Solos (ZERMOS) originária da França. O objetivo da presente pesquisa foi verificar as três áreas identificadas como não recomendadas para ocupação na área urbana no mapeamento geotécnico finalizado em 1994. Atualmente duas delas ainda possuem problemas erosivos e a terceira área está com ausência de feições erosivas. Todas as erosões encontradas foram desenvolvidas, possivelmente, pela falta de medidas preventivas sugeridas no memorial descritivo do mapeamento geotécnico original.

**Palavras-chave:** área urbana, escoamento superficial, processos erosivos, vulnerabilidade, Cidade Gaúcha.

## OCUPACIÓN DE LAS ZONAS DE VULNERABILIDAD DE LA EROSIÓN EN CIDADE GAÚCHA – PARANÁ

### RESÚMEN

La región noroeste del estado de Paraná tiene suelos vulnerables a la erosión. El proceso de ocupación fue marcada por la deforestación generalizada, el crecimiento rápido de la población y la no adopción de prácticas de conservación, he expuesto el suelo para el desarrollo de diversos tipos de características erosivas, desde la década de 1940. En este contexto, en los años 1990 un equipo de investigadores de agencias del gobierno de Paraná llevó a cabo un mapeo geotécnico en las zonas urbanas y periurbanas de Cidade Gaúcha, hubo una adaptación de la metodología de Zona Expuesta a los Riesgos de los Movimientos del Suelo (ZERMOS) que se originó en Francia. El objetivo de la presente investigación fue verificar las tres áreas identificadas como no se recomienda para la ocupación en el área urbana en el mapeo geotécnico completado en 1994. En la actualidad dos de ellos aún tienen problemas de erosión y la tercera área es en la falta de características de erosión. Todas las erosiones encontrados fueron desarrollados, posiblemente, debido a la falta de medidas preventivas que se sugieren en el memorial descriptivo del mapeo geotécnico original.

**Palabras clave:** área urbana, escorrentía superficial, procesos de erosión, vulnerabilidad, Cidade Gaúcha.

## OCCUPATION OF VULNERABILITY AREAS TO EROSION IN CIDADE GAÚCHA – PARANÁ

### ABSTRACT

The Northwest region of the Paraná State has vulnerable soils to erosion. The occupation process has been marked by a widespread deforestation, a rapid population growth and the non-adoption of conservation practices that eventually it exposes the soils to the development of various types of erosion features, from the 1940s. In this context, in the 1990s a researchers team from Paraná government agencies held a geotechnical mapping in urban and peri-urban areas of the Cidade Gaúcha, adapting the methodology of Zones Exposed to Risks of Movements of the Soils (ZERMOS) originated in France. The aim of this research was to investigate the three areas identified as not recommended for occupation in the urban area in geotechnical mapping completed in 1994. Currently, two of them still have erosion problems and the third area is with the absence of erosive features. All the erosions found were developed, possibly due to lack of preventive measures suggested in the description of the original geotechnical mapping.

**Keywords:** urban area, runoff, erosion processes, vulnerability, Cidade Gaúcha.

<sup>1</sup> Este artigo apresenta resultado da dissertação de mestrado do primeiro autor sob a orientação do segundo autor.

<sup>2</sup> Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá.  
E-mail: [felipemacedo@outlook.com](mailto:felipemacedo@outlook.com)

<sup>3</sup> Profa. Dra. Do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá.  
E-mail: [mlsouza@uem.br](mailto:mlsouza@uem.br)

## 1. Introdução

As áreas vulneráveis à erosão podem gerar inúmeros problemas, tanto no meio físico, como no meio social. Para Santos (2007 p. 179) vulnerabilidade é o grau de suscetibilidade em que um componente do meio, de um conjunto de componentes ou de uma paisagem apresenta em resposta a uma ação, atividade ou fenômeno.

Dos diferentes fatores intervenientes no fenômeno da erosão podem ser considerados os seguintes: clima, cobertura vegetal, relevo e tipos dos solos (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2008). Sendo principalmente as características climáticas as que mais influenciam a formação de erosões no Brasil.

A erosão é o conjunto de processos que promovem a desagregação e a remoção ou dissolução de partículas do solo e/ou das rochas de qualquer parte da superfície terrestre (THOMAS e GOUDIE, 2000).

A formação do solo e sua erosão são dois processos naturais e opostos. Muitos solos naturais não perturbados têm uma taxa de formação que é equilibrada por uma taxa de erosão. Geralmente, as taxas de erosão do solo são baixas, a menos que a superfície do solo fique exposta diretamente à água da chuva e/ou ao vento. Se a cobertura vegetal natural é removida, aceleram-se as taxas de erosão. Deste modo, a taxa de erosão excede a taxa de formação do solo e há necessidade de práticas de controle da erosão a fim de se conservar o solo. A erosão é um processo de três etapas: descolamento seguido por transporte e deposição das partículas (FOTH, 1990).

Para se conhecer melhor a ocorrência de qualquer processo erosivo é preciso compreender os conceitos de erodibilidade e erosividade.

A erodibilidade define a resistência do solo ao desprendimento dos materiais de sua matriz sólida, quando saturado por água. Embora a resistência do solo à erosão dependa em parte da posição topográfica, da declividade e da quantidade de pedoturbação, são as propriedades físicas do solo os fatores mais importantes. A erodibilidade varia de acordo com a textura do solo, a estabilidade de agregados, a resistência ao cisalhamento, a capacidade de infiltração e o teor de matéria orgânica (MORGAN, 2005).

Já a erosividade é a habilidade dos agentes erosivos em causar a desagregação do solo e o seu transporte. A erosividade pode ser causada pela chuva pelo impacto direto das gotas d'água e pelo escoamento gerado em função hídrica. A capacidade da chuva para causar a erosão do solo é atribuída à sua taxa e distribuição do tamanho das gotas, as quais afetam a carga de energia de uma tempestade (LAL e ELLIOT, 1994). Portanto, a

erodibilidade é uma característica do solo e a erosividade uma característica externa ao solo relacionada com a presença de água.

Dependendo da forma em que se dá o escoamento superficial ao longo da vertente, é possível desenvolver dois tipos de erosão: a laminar, quando causada por escoamento difuso das águas de chuva e, a linear, quando causada por concentração das linhas de fluxo das águas de escoamento superficial (SALOMÃO e IWASA, 1995).

A erosão laminar é dificilmente perceptível, entretanto, em culturas perenes formadas em terrenos suscetíveis à erosão, pode-se notar, após alguns anos, que as raízes, ao serem expostas, indicam a profundidade de camada de solo que foi arrastada. Quando acumulada na superfície, a água se move no sentido da vertente e, raramente se movimenta em uma lâmina uniforme sobre a superfície do terreno. Cada pequena porção toma o caminho de menor resistência, concentrando em pequenas depressões e ganhando velocidade, à medida que a lâmina de água e a declividade do terreno aumentam (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2008).

E, a erosão linear é o processo de desagregamento e transporte de solo devido à ação do escoamento superficial concentrado. Geralmente, a maior parte da erosão que é visível no campo, é devida à erosão linear (WEILL e PIRES NETO, 2007).

O DAEE/IPT (1989) classificou as erosões lineares como Sulcos, Ravinas e Voçorocas. A evolução do processo erosivo a partir de sulcos, passando por ravinas e chegando a voçorocas, embora a evolução não seja sempre essa, é usual para fins didáticos e técnicos, pois facilita o planejamento de eventuais obras de controle e de recuperação de incisões erosivas (OLIVEIRA, 2007).

As voçorocas surgem geralmente em terrenos arenosos. Assim sendo, podem ser encontradas em várias regiões do país. Ocorrem geralmente em áreas com uma topografia bastante suave, o que faz com que sejam avistadas muitas vezes somente quando se aproximam das bordas dos declives que as encerram. A formação de voçoroca pode ser atribuída à erosão superficial, ou ainda, com a ação conjunta da erosão superficial e da erosão subterrânea (PICHLER, 1953).

Em áreas urbanas, a erosão avança agressivamente nos setores de expansão das cidades, por meio da abertura de novos loteamentos e também, na ampliação das áreas pavimentadas o que aumenta substancialmente o volume e a velocidade das enxurradas e, desde que não dissipadas, concentram o escoamento, acelerando os processos de desenvolvimento de ravinas e voçorocas (SALOMÃO, 2007).

No caso da região Noroeste do estado do Paraná, que possui solos, em geral de textura média a arenosa, susceptíveis naturalmente a ocorrência de erosões. O processo de

ocupação foi marcado por um desmatamento generalizado após a década de 1940 e, também, por um rápido crescimento populacional e a não adoção de práticas conservacionistas acabaram por expor os solos ao regime climático.

Neste contexto, no início da década de 1990, o governo estadual realizou um convênio entre a Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Geografia (UEM/DGE) com a Superintendência do Controle da Erosão e Saneamento Ambiental (SUCEAM), atualmente extinta, com o objetivo de mapear áreas susceptíveis à erosão, nessa região, visando um maior conhecimento da região para um melhor planejamento de ocupação.

Nóbrega et al. (1992), adaptaram a metodologia de Zonas Expostas aos Riscos de Movimentação dos Solos (ZERMOS) para a realização da Carta de Zonas de Riscos à Erosão, no projeto “Mapeamento geológico-geotécnico de Umuarama, PR”. Com essa adaptação, foram realizados os outros mapeamentos do convênio, entre a UEM/DGE e a SUCEAM, nos municípios de Cianorte, Nova Esperança, Paranavaí e Cidade Gaúcha.

A presente pesquisa teve como objetivo identificar e analisar as três principais áreas de vulnerabilidade à erosão da zona urbana e periurbana de Cidade Gaúcha, que foram apontadas no mapeamento geotécnico realizado em 1994.

## **2. Material e métodos**

### **2.1 Material**

O município de Cidade Gaúcha está localizado nas coordenadas geográficas de 23° 12' 27" e 23° 32' 21" de latitude S e 52° 49' 45" e 53° 2' 15" de longitude W, na região Noroeste do estado do Paraná, região Sul do Brasil. A área de estudo localiza-se no setor norte da zona urbana.

A população do município em 2010 era de 11062 habitantes, em uma área de 403 km<sup>2</sup> (IPARDES, 2015). A Figura 1 apresenta a localização do município de Cidade Gaúcha.

No município, a litologia predominante é a Formação Caiuá do Grupo Bauru. Essa Formação se assenta de forma discordante sobre as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, ambos da Bacia Sedimentar do Paraná (BIGARELLA e MAZUCHOWSKI, 1985; SOARES, et al., 1980).

Segundo Fernandes (1992) a Formação Caiuá é composta por arenitos finos a médios, com frações muito fina e grossa secundárias, bem selecionadas por lâminas, com pouca matriz argilosa e cor marrom-arroxeadado a avermelhado.

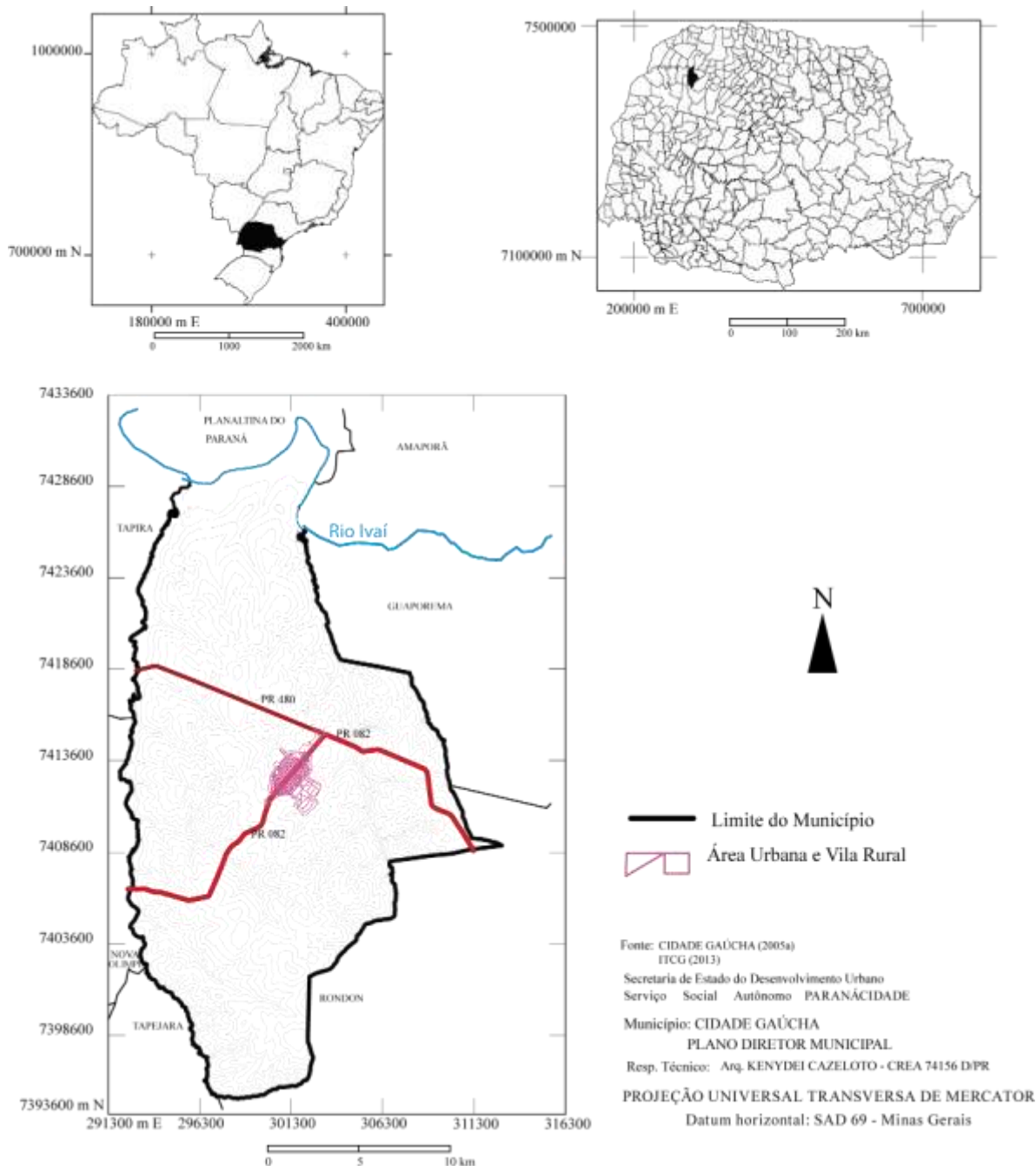


FIGURA 1: Localização do município de Cidade Gaúcha. Adaptação: Autor

A Formação Caiuá dá origem a solos, em geral, de textura média-arenosa. Os solos do município de Cidade Gaúcha, segundo Gasparetto et al. (1994) e Nóbrega et al. (2003), são oriundos da Formação Caiuá e foram mapeados como Latossolo Vermelho, textura média-arenosa, particularmente nos espigões e interflúvios dos córregos Palmital, Ipiranga, Talagoan e no rio Itaoca, em altitudes de 380 a 420 metros, em posições de topo e alta vertente. Os Argissolos Vermelhos textura média-argilosa normalmente ocorrem em relevo de vertentes convexas de declividades ligeiramente acentuadas, principalmente em posições de média-baixa vertente nos interflúvios e nos vales dos córregos Palmital, Ipiranga, Talagoan e no rio Itaoca.



A transição entre os Latossolos e os Argissolos nos setores de média vertente foi mapeada, segundo Nóbrega et al. (2003), como associação Argissolo Vermelho/Latossolo Vermelho. Os outros solos encontrados na área de estudo, em alguns setores de baixa vertente, foram denominados como solos rasos, representados por Neossolos Litólicos e os Cambissolos. Junto às margens dos ribeirões e córregos podem ocorrer, também, manchas esparsas de Gleissolos.

Os Solos Coluviais, que representam os materiais inconsolidados gerados e depositados depois do desmatamento da região Noroeste, iniciado na década de 1940, normalmente são encontrados em vales em berço e cabeceiras de drenagem. Os Neossolos Quartzarênicos não foram mapeados, em 1994, por razão da restrição imposta pela escala de análise, mas esses solos aparecem, quase sempre, em posição de baixa vertente associados aos Gleissolos, principalmente junto aos córregos Palmital, Ipiranga, Talagoan e no rio Itaoca (GASPARETTO, et al., 1994).

Segundo a classificação de Maack (2012) o município de Cidade Gaúcha está situado em sua totalidade no Terceiro Planalto Paranaense, no Planalto de Campo Mourão. A bacia sedimentar do Paraná, conforme Ross (2006), engloba terrenos sedimentares e vulcânicos da bacia sedimentar do Paraná com idades entre o Devoniano e o Cretáceo. O contato dessa unidade com as depressões circundantes é feito através de escarpas de frentes de cuesta única, ou desdobradas em duas ou mais frentes.

Cunha (2002) com base em Fernandes (1992) e Muratori (1996), aponta que apesar do município de Cidade Gaúcha estar instalado no prolongamento do eixo do arco de Ponta Grossa, o mesmo não apresenta elementos tectônicos ou estruturais marcantes que reflitam atualmente na modelagem do relevo, como Coelho e Macedo (2013) confirmaram ao analisar a carta topográfica de Rondon, que abrange o município de Cidade Gaúcha.

Ainda conforme Cunha (2002), os vales apresentam formas em U aberto próximo às cabeceiras de nascentes e em V em direção ao baixo curso da drenagem, indicando encaixamento e baixa evolução. Nas proximidades das cabeceiras de nascentes, ocorrem amplos anfiteatros de formas semicirculares, alguns preenchidos por materiais coluviais, com mais de 5 m de espessura.

Nakashima (1999) identificou na carta morfopedológica de Cidade Gaúcha, dois compartimentos geomorfológicos: no setor norte do município um compartimento de menor dissecação, e o outro a leste e sudoeste de maior dissecação.

O clima que predomina na região, segundo a classificação de Köppen (1948), é do tipo Cfa subtropical úmido mesotérmico, caracterizado por apresentar verões quentes e geadas poucos frequentes com tendência a concentração das chuvas nos meses de verão,

contudo sem estação seca definida. A média das temperaturas nos meses quentes é acima de 22 °C, e a média das mínimas 18 °C. A pluviosidade média no município é de 1480 mm e os meses mais chuvosos vão de outubro a fevereiro, com médias mensais de 160 mm. Os meses de julho e agosto possuem a menor precipitação, com médias de 62 mm (ÁGUASPARANÁ, 2015; BIGARELLA e MAZUCHOWSKI, 1985; SILVEIRA, 1997).

Os dados mostram que o período do verão é a época mais chuvosa no período estudado com média de 154 mm seguido pela primavera com 153 mm de média; outono com 107 mm de média e o período menos chuvoso é o inverno com apenas 81 mm de média. Essa média do inverno ainda foi influenciada pelos dados de setembro com 118 mm de média total, contra 64 mm de média e 61 mm de média dos meses de julho e agosto, respectivamente.

A vegetação da área de estudo e de boa parte da região Noroeste do Paraná, de acordo com Bigarella e Mazuchowski (1985), era 100% recoberta pela Floresta Tropical Semidecidual da Bacia Sedimentar do Paraná, que Ross (2006) classifica como “Sistemas ambientais naturais fortemente transformados”. Essa floresta foi fortemente degradada no período de colonização, na criação das cidades e fazendas. Atualmente existem pequenos bosques de fragmentos florestais, quase sempre fortemente degradados.

A floresta tropical semidecidual se caracterizava por um aspecto fitofisionômico exuberante. O clima foi o maior responsável pela seleção das espécies e com o período hibernal de um a dois meses, com uma menor precipitação, inibiu a ocorrência de espécies ombrófilas, características de clima sempre úmido (BIGARELLA e MAZUCHOWSKI, 1985).

Segundo o IPARDES (2015) e o IBGE (2015) a área ocupada por estabelecimentos agropecuários é de 63 586 ha sendo: 47,70% lavoura temporária; 0,80% horticultura e floricultura; 11,89% lavoura permanente, 39,59% de pecuária e criação de outros animais e, produção florestal plantada e nativa possui área pouco significativa (13 ha), ou seja, 0,02%.

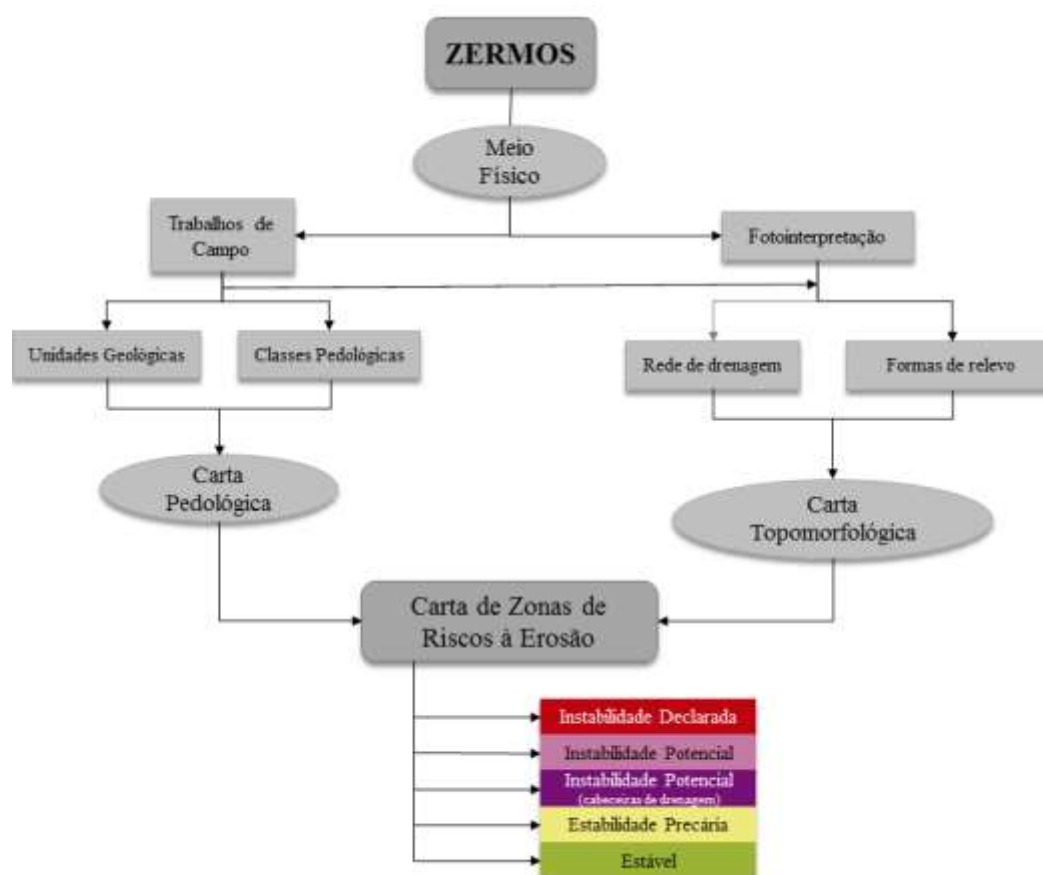
## 2.2 Métodos

Na presente pesquisa, de posse da carta geotécnica do convênio (1994), que foi concedida pelos pesquisadores da época, em formato digital e na escala 1:50.000, foi realizada a superposição com o mapa digital da área urbana que consta na lei de zoneamento, uso e ocupação do solo de 2005. Esse mapa apresenta a Zona de Expansão, que consiste em uma faixa de 300 metros de largura, localizada entre a área urbana do município e a área rural (CIDADE GAÚCHA, 2005b).

A metodologia ZERMOS, utilizada na elaboração da carta geotécnica do convênio, foi desenvolvida ao longo da década de 1970 na França, com a finalidade de estudar as áreas com instabilidade de materiais (naturais ou antrópicos), ou seja, escorregamentos de encostas, subsidência, problemas de fundações, com exceções de avalanches de neve e atividades sísmicas, que são tratadas à parte (SOUZA, 1996).

Nóbrega *et al.* (1992), explicam, com base em Humbert (1977), Porcher e Guillope (1979) que as cartas ZERMOS são documentos de síntese que se apoiam sobre uma análise dos movimentos de solo atuantes e dos fatores que podem ter efeitos sobre a sua estabilidade (declividade, quadro geológico, condições de drenagem, etc.) e que definem zonas de instabilidades, graduadas de acordo com sua natureza e seu grau de risco.

Essas cartas são apresentadas geralmente em escalas médias, 1:25.000 e 1:20.000, e em três cores básicas (vermelho, amarelo e verde), com nuances suplementares, quando necessário. Além disso, a cartografia ZERMOS resulta em cartas facilmente compreensíveis pela comunidade (NÓBREGA, *et al.*, 2003). A Figura 2 apresenta o fluxograma da coleta de dados da metodologia ZERMOS realizada em 1994.



**FIGURA 2:** Fluxograma das etapas de desenvolvimento da metodologia ZERMOS. Adaptado de Nóbrega *et al.*(2003).



A terminologia e cores utilizadas, na carta geotécnica de 1994 foram adaptadas da metodologia original e foram determinadas da seguinte maneira:

a) Zona de instabilidade declarada (vermelho) - áreas afetadas por ravinas e voçorocas; deslizamentos ativos; solifluxão evidente; áreas com afloramento freático; desbarrancamento de margens de ribeirões e córregos; várzeas e fundos de vales sujeitos a assoreamento.

b) Zona de instabilidade potencial (rosa) - áreas com indícios de deslizamentos e abatimentos; áreas periféricas das voçorocas (que serão afetadas pelo processo de erosão remontante e de alargamento); vertentes de declividades fortes; zonas de ruptura côncava com lençol hidromórfico próximo da superfície.

c) Zona de instabilidade potencial (cabeceiras de drenagem) [roxo] - áreas sujeitas a concentração de água em superfície, a coluviamento, a abatimentos de parte do solo por efeitos de piping e erosão remontante das nascentes.

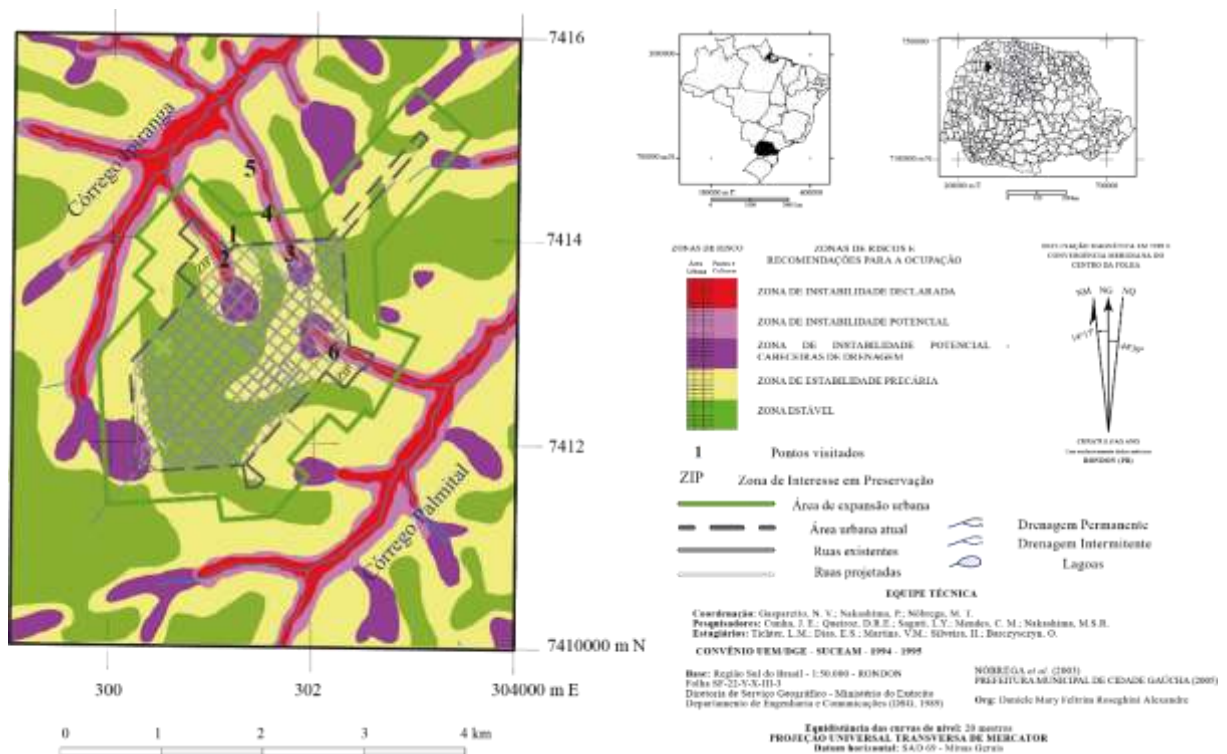
d) Zona de estabilidade precária (amarelo) - áreas de colos e vales em berço com solos de textura mais arenosa que os circundantes; zonas de declividades médias e fracas. São áreas que podem concentrar águas em superfície e desencadear processos de ravinamentos.

e) Zona estável (verde) - correspondente as áreas de topo dos interflúvios e setores de alta vertente com declividades fracas.

No final desse processo de análise da carta de 1994, foram realizados estudos nas três áreas apontadas como não recomendados a ocupação na área urbana. Ao todo foram seis pontos visitados no campo.

### 3. Resultados e discussões

Os resultados foram obtidos de atividades feitas em laboratório com a superposição das cartas ZERMOS, obtida em 1994, e da delimitação atualizada dos bairros feita em 2005, conforme foi descrito na metodologia, e trabalhos de campo que foram realizados em 2014. Sendo assim, a Figura 3 apresenta a Carta de Zonas de Riscos à Erosão do convênio UEM/DGE – SUCEAM realizada em 1994, a localização da área urbana atual, da faixa de expansão urbana e, a numeração dos pontos visitados nos trabalhos de campo, em 2014.



**FIGURA 3:** Carta ZERMOS de 1994 com os limites da zona urbana, de Cidade Gaúcha, atualizados e pontos de coletas realizados na pesquisa em 2014.

A análise da carta ZERMOS de 1994 de Cidade Gaúcha feita por Nóbrega et al.(2003), foi similar à de Nóbrega et al. (1992) para a região Noroeste do Paraná que sinalizou que a carta é fruto do diagnóstico do meio físico que revelou que os fenômenos erosivos que geram sulcos, ravinas e voçorocas e, ainda, os movimentos em massa do solo, são os de ocorrência mais generalizada e também os principais responsáveis pela instabilidade das vertentes e pelos problemas criados, mesmo em áreas já ocupadas, associados a fenômenos erosivos de natureza fluvial (alargamento de canal pelo solapamento das margens ou por assoreamento). Uma parte do material erodido pelos processos que atuam nas vertentes é redistribuída nelas, dando origem a depósitos coluviais nas áreas deprimidas (vales em berço, cabeceiras de drenagem, etc.), e a outra parte é levada até a rede de drenagem provocando o assoreamento dos leitos e modificações nos fluxos hidrológicos. Portanto, esse diagnóstico revelou que a fonte dos fenômenos considerados como riscos é preferencialmente a cobertura pedológica e não o substrato rochoso.

Nas metodologias utilizadas no Brasil e em outros países, atualmente, o termo risco tem outra conotação, diferente daquela apresentada, na época, pela metodologia ZERMOS, envolve perda de vidas humanas. Tominaga (2009) aponta que existem dois elementos essenciais na formulação do risco: o perigo de se ter um evento, fenômeno ou atividade

humana potencialmente danosa e a vulnerabilidade, ou seja, o grau de suscetibilidade do elemento exposto ao perigo.

Sendo assim, com a adoção do termo vulnerabilidade proposto por Santos (2007) e validando, parcialmente, com Nóbrega et al. (1992) tem-se que a cobertura pedológica aliada com a ausência de vegetação exerce papel fundamental na vulnerabilidade aos processos erosivos, pois a mesma já possui uma vulnerabilidade natural dos solos arenosos frente aos processos erosivos que pode ser acelerada devido à ocupação realizada de forma inapropriada.

A análise da carta ZERMOS elaborada em 1994, resultou na seleção de seis pontos das três áreas que haviam sido mapeadas como não recomendadas a ocupação nas zonas urbana e de expansão urbana.

Zona de estabilidade precária – O ponto 1 localiza-se no traçado de um novo loteamento urbano instalado a partir março de 2014. Esta área necessita de medidas estruturais para o controle do escoamento superficial, em caso de ocupação, como apontado por Nóbrega et al.(2003). No entanto, o loteamento atual possui as ruas principais (Figura 4) alinhadas no sentido da vertente e sem nenhuma medida estrutural ainda estabelecida e já apresenta sulcos erosivos no terreno que podem evoluir para ravinas e voçorocas.

Em janeiro de 2015 (Figura 5) as obras de implantação da rede de água, rede de esgoto e galerias pluviais haviam sido finalizadas, porém a ligação final, com o córrego próximo, não havia sido feita. A vegetação cresceu nas ruas não pavimentadas e apenas era possível distinguir uma das outras pela separação das valetas e dos encanamentos que permaneciam. Em um período chuvoso essa situação pode gerar feições erosivas lineares e/ou laminares.



**FIGURAS 4 E 5:** Loteamento Residencial Vitória, Cidade Gaúcha, em maio de 2014 e janeiro de 2015. Fotografias: Autor.

A Prefeitura Municipal de Cidade Gaúcha informou que o loteamento não possuía a documentação necessária junto ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP), sendo assim a obra foi suspensa até a regularização.

Zona de instabilidade potencial – O ponto 2 apresenta erosão e localiza-se na divisa da área urbana com uma Zona de Interesse em Preservação (ZIP), determinada pela lei municipal 1.636/2005 de zoneamento uso e ocupação (CIDADE GAÚCHA, 2005b), que teoricamente caracteriza uma medida não estrutural para o controle de erosão. Porém, como a Figura 6 ilustra, nesse local existe uma erosão remontante que está há 23 metros das casas. Houve tentativas de controle dessa erosão, utilizando uma técnica não recomendada que é a deposição aleatória de resíduos de construção e demolição (RCD) e resíduos sólidos urbanos (RSU).

Esse ponto está entre a zona de instabilidade declarada e a zona de instabilidade potencial. Sendo que no mapeamento geotécnico de 1994 foi recomendado, na primeira zona apenas o reflorestamento da Área de Preservação Permanente (APP) e na segunda além do reflorestamento, poderia ser utilizado como área de lazer, ou seja, sem edificações.



**FIGURA 6:** Aterramento da feição erosiva em área urbana. Fotografia: Autor. Data: (25/06/2014).

Zona de instabilidade declarada – Cunha (2002) apontou que nos Argissolos de Cidade Gaúcha, ocorrem um acréscimo de argila, em profundidade superior a 50 centímetros, e ao mesmo tempo uma diminuição dos espaços vazios do solo, devido à mudança granulométrica nessa profundidade, ocupados pela argila.



Como consequência dessa característica há uma rápida infiltração da água nos horizontes superficiais, porém quando a água atinge esse horizonte (Bt) de ganho de argila, ela tende a se infiltrar mais devagar o que causa o escoamento superficial devido a saturação dos horizontes superficiais. Em solos desprotegidos de vegetação, essa característica tende a provocar a erosão laminar, em casos mais graves pode transportar todo o horizonte (A e E).

Tendo esse processo ocorrido na área, os horizontes superiores acabaram sendo transportados durante as chuvas, expondo os horizontes de ganho de argila, que são mais resistentes à infiltração da água, e a cada nova chuva sofrem com o impacto das gotas que provocam o fechamento dos poros, impedindo assim a infiltração da água e favorecendo o escoamento superficial o que potencializa o processo erosivo. Parte das águas pluviais que chegam a esse ponto são oriundas da Avenida Souza Naves, localizada cerca de 100 metros acima da feição erosiva. A Figura 7 mostra a imagem de satélite do software Google Earth com as localizações dos pontos 1 a 5. As setas laranja identificam as curvas de nível e a seta amarela a área de deposição do material erodido.



**FIGURA 7:** Imagem de satélite de março de 2014. Fonte: Google Earth (2016).

O ponto 3 (Figura 8) localiza-se no setor norte da área urbana, onde ocorre o desenvolvimento de uma feição erosiva. Nesse ponto o rompimento das curvas de nível, devido ao acúmulo de água, formou um ravinamento. A profundidade pode atingir sete metros, ou seja, é maior do que a apresentada na imagem. Na parte à jusante da ravina/voçoroca, ocorre o depósito do material erodido.





**FIGURA 8:** Feição erosiva no setor norte da área urbana de Cidade Gaúcha – PR. Fotografia: Autor. Data: (15/01/2015).

A feição erosiva apresentada, na figura 9, é uma sequência da feição mostrada na figura 8. Neste ponto a ravina/voçoroca atingiu 29 metros de largura e um agravante considerado na análise foi a constatação de pisoteio do gado.



**FIGURA 9:** Feição erosiva na zona de expansão urbana de Cidade Gaúcha – PR. Fotografia: Autor. Data: (25/06/2014).

Nóbrega et al.(2003) apontaram que em 1994 (Figura 10) essa voçoroca estava mais ativa na cabeceira do que a jusante, pelo fato de ter havido uma obra para o controle e a voçoroca estava mais assoreada ocorrendo o alargamento dos canais.



**FIGURA 10:** Vista de jusante para montante. Em primeiro plano o trecho onde a voçoroca estava sendo assoreada (a montante de uma barragem de contenção) e evoluindo lateralmente (alargamento do canal) em 1994. Fonte: Nóbrega et al. (2003).

Enquanto que em 1994, essa voçoroca possuía dois setores distintos, sendo a montante um processo mais ativo, de escavação; a jusante havia um processo de assoreamento e alargamento. Neste trabalho foi possível verificar que ao longo da voçoroca só existe o processo de escavação tanto na cabeceira, (ponto 3) quanto à jusante (ponto 5).

O ponto 5 (Figura 11) mostra um trecho próximo ao da figura 10, onde o processo erosivo atinge a maior largura ultrapassando os 30 metros. A presença de fragmentos de uma construção pode indicar que a obra para o controle da erosão que existia na área foi destruída. Esse trecho se encontra a 630 metros da área urbana atual.



**FIGURA 11:** Vista de montante para jusante; trecho com mais de 30 metros da feição erosiva de Cidade Gaúcha – PR. Fotografia: Autor. Data: (25/06/2014).



Foram mapeadas três áreas como zonas de instabilidade potencial e declarada na área urbana em 1994, o ponto 6, localiza-se em uma dessas áreas que foi classificada como ZIP Leste (Figura 12).

As Zonas de Interesse em Preservação - ZIP, localizam-se uma à oeste da cidade, já apresentada na figura 6 e outra à leste (Figura 12), no ponto 6. Neste ponto foi verificado o não cumprimento do que preconiza a Lei Municipal nº 1.636/2005 (CIDADE GAÚCHA, 2005b) de zoneamento, uso e ocupação do solo, segundo a qual o objetivo das ZIPs é a implantação de parques lineares, destinados às atividades de recreação e lazer, à proteção de matas ciliares, a facilitar a drenagem urbana e a preservar áreas críticas.



**FIGURA 12:** Zona de Interesse a Preservação leste do quadro urbano de Cidade Gaúcha – PR. Fotografia: Autor. Data (15/01/2015).

Esse ponto não apresentou maiores problemas erosivos, porém o bairro no entorno é composto de áreas não ocupadas e algumas chácaras. O baixo índice de ocupação auxilia na infiltração da água no solo, diminuindo o escoamento superficial e o desenvolvimento de feições erosivas, que ficaram restritas às ruas sem pavimentação.

Mesmo não apresentando feições erosivas, essa área ainda requer cuidados por parte dos órgãos públicos no que se refere ao controle do escoamento superficial no bairro do entorno e a correta condução e lançamento dessas águas no córrego Palmital, a fim de se evitar o surgimento de erosões.

Em função dos resultados obtidos com o mapeamento de zonas de riscos à erosão em Cidade Gaúcha em 1994, Nóbrega et al.(2003) recomendaram adoção de diretrizes para as novas ocupações, de acordo com as características específicas de cada zona,

considerando as necessidades de expansão da área urbana. As recomendações apresentadas são dirigidas aos novos loteamentos com fins habitacionais.

Destacam-se, para a implantação e consideração de novos loteamentos, três principais etapas: a concepção (projeto), a implantação e a manutenção por zona de riscos, segundo Nóbrega et al. (2003).

a) Zona de Instabilidade Declarada – recomendável o controle dos processos erosivos, a recuperação das áreas degradadas e a sua manutenção como áreas de proteção ambiental.

b) Zona de Instabilidade Potencial – recomendável que cada projeto tenha corresponsabilidade de profissionais especialistas em geotécnica.

c) Zona de Estabilidade Precária – apesar de não apresentar restrições à ocupação, face às condições de declividade e de solos associados, deve ser observado um cuidado especial com a drenagem superficial, evitando-se a sua concentração;

d) Zona Estável – Esta zona é favorável à ocupação, contudo, dada a grande susceptibilidade erosiva dos solos, também devem ser tomados os cuidados necessários para o controle do escoamento superficial.

De acordo com Gribbin (2015), deve haver um cuidado especial a ser considerado no projeto da tubulação de lançamento de águas pluviais no corpo receptor ou ponto de lançamento final do sistema de drenagem. Esse é o ponto onde as águas pluviais captadas são descarregadas do sistema para o corpo receptor e é nele que pode ocorrer a maioria dos danos por erosão do solo. Uma parte importante do processo é a escolha de um método para proteger a superfície do solo onde quer que as velocidades sejam destrutivas. Existem vários métodos para controlar a erosão por águas pluviais:

a) Reduzir a velocidade no lançamento – Isso pode ser feito reduzindo-se a declividade do último trecho de tubulação antes do lançamento;

b) Dissipadores de energia – Em casos de velocidade muito alta, blocos dissipadores especialmente projetados podem ser colocados na saída para criar uma perda de carga e, conseqüentemente, reduzir a velocidade;

c) Bacia de dissipação – uma depressão na superfície do solo pode ser providenciada na saída para absorver a energia excessiva da descarga.

d) Enrocamento – é um revestimento de rochas que cobre o solo vulnerável para proteger sua superfície e ao mesmo tempo diminuir a velocidade de descarga.

e) Malha para controle de erosão – Uma grande variedade de produtos comerciais consiste em malhas instaladas no solo para proteger a superfície e fixar uma cobertura vegetal conforme ela cresce.

f) Gramado – Trata-se da aplicação de faixas de grama no solo vulnerável, para fornecer um revestimento de grama sem a desvantagem de cultivá-la a partir de sementes. Esses revestimentos protetores costumam ser eficazes, mas requerem gastos elevados e mão de obra especializada.

Essas recomendações visam à orientação para o Poder Público e para a população em geral para a realização de obras para o controle das erosões presentes na área urbana já abordadas. Estudos específicos devem ser realizados a fim de obter o melhor resultado ao menor custo possível para determinadas áreas, partindo-se do princípio das recomendações de ocupação ora apresentadas.

## 5. Considerações finais

Os maiores problemas erosivos em Cidade Gaúcha estão localizados tanto na área urbana quanto na área de expansão urbana. Três áreas foram identificadas como problemáticas na zona urbana em 1994. Nesta pesquisa elas foram abrangidas pelos pontos 1 a 6.

O ponto 1 está em um novo loteamento, que possui as ruas principais no sentido da vertente, favorece o escoamento das águas pluviais que atingem o final do sistema hídrico com maior velocidade. Esse lançamento final, sem um projeto adequado, pode causar o solapamento e o desmoronamento das margens do córrego. Segundo informações obtidas na Prefeitura Municipal de Cidade Gaúcha, esse loteamento teve as obras suspensas devido à falta de documentação junto ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP).

No ponto 2 foi identificado um loteamento próximo de um processo erosivo remontante, em uma via não asfaltada. A feição erosiva encontra-se por volta de 23 metros das casas, com a presença de uma nascente, o que não necessariamente configura em uma violação da Lei Federal nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012) que determina um raio de 50 metros de uma nascente perene, tendo em vista a falta de informações sobre a posição da feição erosiva e da nascente na época da liberação do loteamento.

No ponto 3 está ocorrendo a reativação de uma feição erosiva. As obras realizadas para o controle não surtiram os efeitos desejados. A vegetação, que auxiliaria na infiltração da água, é inexistente. Os horizontes superficiais foram carreados e os horizontes inferiores com maior presença de argila possuem baixa capacidade de infiltração, provocando o escoamento superficial e por consequência a feição erosiva.

O ponto 4, localizado na divisa da zona de expansão urbana com a zona rural, a feição erosiva está com aproximadamente 30 metros de largura



No ponto 5 a feição erosiva, originada no ponto 3, está com a tendência atual de aprofundamento do leito. A presença de gado dentro da feição erosiva torna mais grave o problema.

O ponto 6, é o que se apresentou melhor conservado, influenciado pela criação de uma Zona de Interesse a Preservação (ZIP), presente também no ponto 2, e com a baixa ocupação das ruas próximas, o que auxilia na infiltração das águas pluviais.

Como apresentado, existem várias possibilidades de controle das feições erosivas existentes e de prevenção de ocorrência de novos processos erosivos como as medidas estruturais extensivas, buscando o aumento da infiltração da água na área urbana e as não estruturais, que visam a introdução de normas, regulamentos e programas para o disciplinamento do uso e ocupação do solo, a implementação de sistemas de alerta e a conscientização da população para a manutenção dos dispositivos de drenagem.

Possivelmente as áreas degradadas atualmente, não teriam problemas se as recomendações da Carta Geotécnica de 1994 tivessem sido seguidas. Portanto, a sua utilização pelos órgãos públicos ainda é recomendada no sentido de planejamento regional, por conta da escala de 1:50.000. Para um planejamento urbano é necessário a elaboração de cartas mais detalhadas, utilizando a Carta Geotécnica na seleção das áreas prioritárias a serem mapeadas, evitando assim o desperdício de recursos e tempo.

### **Agradecimentos**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro desta pesquisa

À Prefeitura Municipal de Cidade Gaúcha pelas informações, mapas e outros auxílios.

Aos Ex-coordenadores do convênio UEM/DGE/SUCEAM pelos mapas e outras informações.

### **Referências**

ÁGUASPARANÁ. Instituto das Águas do Paraná. **Sistemas de informações hidrológicas**, Curitiba, 2015. Disponível em: < <http://www.aguasparana.pr.gov.br> >. Acesso em 16 de janeiro de 2015.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 6ª Ed. São Paulo: Ícone, 2008. 355 p.

BIGARELLA, J. J.; MAZUCHOWSKI, J. Z. **Visão Integrada da problemática da erosão**. Curitiba: Associação de Defesa e Educação Ambiental e Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1985. 329 p.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Código florestal brasileiro**. Brasília, 2012.

CIDADE GAÚCHA. Lei nº 1.609/2005 **Parcelamento do Solo Urbano**. Cidade Gaúcha, 2005a.

CIDADE GAÚCHA. Lei nº 1.636/2005 **Zoneamento, uso e ocupação do solo**. Cidade Gaúcha, 2005b.

COELHO, M. G.; MACEDO, F. R. Padrões de drenagem e direções preferenciais em canais fluviais de primeira ordem. In: I Simpósio Nacional de Métodos e técnicas da Geografia e XXII Semana de Geografia. 1, 2013, Maringá, **Anais...** Maringá: DGE-UEM, 2013. 786-797.

CUNHA, J. E. **Funcionamento hídrico e suscetibilidade erosiva de um sistema pedológico constituído por Latossolo e Argissolo no município de Cidade Gaúcha-PR**. 2002. 175 f, Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

DAEE/IPT. **Controle de erosão: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientações para o controle de boçorocas urbanas**. São Paulo: DAEE/IPT 1989. 92 p.

FERNANDES, L. A. **A cobertura pedológica cretácea suprabasáltica no Paraná e Pontal do Paranapanema (SP): os grupos Bauru e Caiuá**. 1992. 188 f, Dissertação (Mestrado em Geologia Sedimentar) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

FOTH, H. D. **Fundamentals of soil science**. 8th Ed. New York: John Wiley & Sons, 1990. 380 p.

GASPARETTO, N. V. L.; NAKASHIMA, P.; NÓBREGA, M. T. **Caracterização do meio físico: subsídios para o planejamento urbano e periurbano - Cartas de zonas de riscos Cidade Gaúcha - PR**. Maringá: DGE/UEM-SUCEAM/FAMEPAR, 1994. 47 p. (Notícia explicativa - inédita).

GRIBBIN, J. E. **Introdução a hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais** - Tradução da 4ª edição norte-americana. 4ª Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015. 526 p.

HUMBERT, M. La cartographie en France des zones exposees a des risques lies aux mouvements du sol - cartes ZERMOS. **Bulletin de l'Association Internationale de Geologic de l'Ingenieur**, Krefeld, n. 16, p. 80-82, 1977.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Sistema IBGE de recuperação automática - **SIDRA**, Brasília, 2015. Disponível em: < <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/default.asp> >. Acesso em 15 de janeiro de 2015.

IPARDES. **Caderno estatístico**: município de Cidade Gaúcha. Curitiba: IPARDES, 2015. 40 p.

ITCG. **Instituto de Terras, Cartografias e Geociências Dados geoespaciais de Referência**, 2015. Disponível em: <

<http://www.itcg.pr.gov.br/modules/faq/category.php?categoryid=8#> >. Acesso em 05 de Agosto de 2015.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la Tierra**. Mexico: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478 p.

LAL, R.; ELLIOT, W. Erodibility and erosivity. In: LAL, R. (Org.). **Soil erosion research methods**. 2ª ed. Ankeny: Soil and Water Conservation Society, 1994. p. 181-208.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. 4ª Ed. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2012. 526 p.

MORGAN, R. P. C. **Soil Erosion and Conservation**. 3th Ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2005. 316 p.

MURATORI, A. M. **Processos interativos entre o relevo e as areias quartzosas no sistema ambiental da região noroeste do estado do Paraná - Brasil**. 1996. 228 f, Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.

NAKASHIMA, P. **Sistemas pedológicos da região noroeste do estado do Paraná: Distribuição e subsídios para o controle da erosão**. VOL I e II. 1999. 237 f, Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

NÓBREGA, M. T.; GASPARETTO, N. V. L.; NAKASHIMA, P. Metodologia de cartografia geotécnica de Umuarama - Paraná. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 10, n. 1, p. 5-10, 1992.

NÓBREGA, M. T.; GASPARETTO, N. V. L.; NAKASHIMA, P. Mapeamento de zonas de riscos à erosão de Cidade Gaúcha - PR. In: I Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense. 2003, Maringá, **Anais...** Maringá: UEM, 2003. 101-129.

OLIVEIRA, M. A. T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. e BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 57-99.

PICHLER, E. Boçorocas. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 3-16, 1953.

PORCHER, M.; GUILLOPE, P. Cartographie des risques ZERMOS appliquée à des plans d'occupation des sols en Normandie. **Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées**, n. 99, p. 43-54, 1979.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil**: Subsídios para o planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de textos, 2006. 208 p.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e Prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. e BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e Conservação dos Solos**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 229-267.

SALOMÃO, F. X. T.; IWASA, O. Y. Erosão e a ocupação rural e urbana. In: BITAR, O. Y. (Org.). **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: Associação

Brasileira de Geologia de Engenharia e Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Geologia, 1995. p. 31-57.

SANTOS, R. F. **Vulnerabilidade Ambiental**. Brasília: MMA, 2007. 192 p.

SCHAETZL, R. J.; ANDERSON, S. **Soils: Genesis and Geomorphology**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. 827 p.

SILVEIRA, H. **Modificações antrópicas do solo: influência do uso e manejo e reflexos no meio rural do município de Cidade Gaúcha**. 1997. 95 f, Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 1997.

SOARES, P. C., et al. Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no estado de São Paulo: Grupo Bauru. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 177-185, 1980.

SOUZA, M. L. **Mapeamento geotécnico da cidade de Ouro Preto-MG (escala 1:10.000) - susceptibilidade aos movimentos de massa e processos correlatos**. 1996. 196 f, Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

THOMAS, D. S. G.; GOUDIE, A. **The dictionary of Physical geography**. 3th Ed. Pondicherry: Blackwell Publishing, 2000. 626 p.

TOMINAGA, L. K. Análise e mapeamento de risco. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J. e AMARAL, R. (Org.). **Desastres Naturais Conhecer para Prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. p. 53-70.

WEILL, M. A. M.; PIRES NETO, A. G. Erosão e assoreamento. In: SANTOS, R. F. (Org.). **Vulnerabilidade Ambiental**. Brasília: MMA, 2007. p. 39-58.

Recebido em 20/01/2016

Aceito em 10/04/2016