

## **Espacialização e tolerância à perda de solo na Unidade Hidrográfica do Piraponema - PR <sup>1</sup>**

*Espacialization and tolerance to soil loss at the Piraponema Hydrographic Unit - PR*

*Espacialización y tolerancia a la pérdida de suelo en la Unidad Hidrográfica del Piraponema - PR*

### **Cássia Maria Bonifácio**

Doutoranda, UEM, Brasil.  
cassiabonifacio@hotmail.com

### **Hélio Silveira**

Professor Doutor, UEM, Brasil.  
Hesilveira70@hotmail.com

### **Maria Teresa de Nóbrega**

Professora Doutora, UEM, Brasil.  
mtnobrega@uol.com.br

---

<sup>1</sup> Estes resultados fazem parte da tese da primeira autora.

## RESUMO

A Unidade Hidrográfica do Piraponema abrange três bacias hidrográficas: Pirapó, Paranapanema 3 e Paranapanema 4, no Norte-Central e Noroeste do Estado do Paraná. Esta área apresenta uma pluralidade de interesses e usos, que potencializam os problemas e conflitos ambientais locais e regionais, exigindo medidas de conservação e gerenciamento adequados. Sendo assim, verifica-se a necessidade de se fazer uso de métodos que agreguem informações sobre a Unidade, para identificar as áreas problemáticas e propor práticas adequadas, e, para isso, devido à escala, se utilizou de geotecnologias – técnicas de geoprocessamento. E, para o trabalho em questão, foram desenvolvidas cartas referentes à perda de solo por erosão e tolerância à perda, como também a espacialização dos tipos de solo na Unidade Hidrográfica. Para a elaboração da carta de perda de solo por erosão foi empregada a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) juntamente com o software Arcgis 9.3, já a carta de tolerância à perda de solo foi obtida com o emprego da carta de solos da Unidade Hidrográfica, associando-se a cada classe de solos os dados de tolerância apresentados para diferentes classes de solos. As cartas geradas mostraram as áreas com alto índice relativo à perda por erosão, permitindo identificar os locais que necessitam de monitoramento e controle dos processos erosivos, que devem nortear o contexto de intervenção sobre a realidade em questão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Erosão. Geoprocessamento. Piraponema.

## ABSTRACT

The Hydrographic Unit of Piraponema covers three hydrographic basins: Pirapó, Paranapanema 3 and Paranapanema 4, in the North-Central and Northwest of the State of Paraná. This area has a multitude of interests and uses, which potentialize local and regional environmental problems and conflicts, requiring appropriate conservation and management measures. Thus, there is a need to use methods that aggregate information about the Unit, to identify problem areas and propose appropriate practices, and for this, due to the scale, geotechnology - geoprocessing techniques was used. And for the work in question, maps were developed regarding loss of soil due to erosion and loss tolerance, as well as spatialisation of soil types in the Hydrographic Unit. In order to elaborate the soil loss chart by erosion, the Universal Soil Loss Equation (EUPS) was used together with the Arcgis 9.3 software, and the soil loss tolerance map was obtained using the Soil Loss Chart Hydrograph, with each soil class being associated with the tolerance data presented for different classes of soils. The generated maps showed the areas with high index relative to erosion loss, allowing to identify the sites that need monitoring and control of the erosive processes, which should guide the context of intervention on the reality in question.

**KEYWORDS:** Erosion. Geoprocessing. Piraponema.

## RESUMEN

La Unidad Hidrográfica del Piraponema abarca tres cuencas hidrográficas: Pirapó, Paranapanema 3 y Paranapanema 4, en el Norte-Central y Noroeste del Estado de Paraná. Esta área presenta una pluralidad de intereses y usos, que potencian los problemas y conflictos ambientales locales y regionales, exigiendo medidas de conservación y gestión adecuadas. Por lo tanto, se verifica la necesidad de hacer uso de métodos que agreguen informaciones sobre la Unidad, para identificar las áreas problemáticas y proponer prácticas adecuadas, y para eso, debido a la escala, se utilizó de geotecnologías - técnicas de geoprosesamiento. Y para el trabajo en cuestión, se desarrollaron cartas referentes a la pérdida de suelo por erosión y tolerancia a la pérdida, así como la espacialización de los tipos de suelo en la Unidad Hidrográfica. Para la elaboración de la carta de pérdida de suelo por erosión se empleó la ecuación universal de pérdida de suelo (EUPS) junto con el software Arcgis 9.3, ya el mapa de tolerancia a la pérdida de suelo se obtuvo con el empleo del mapa de suelo de la Unidad Hidrográfica, asociando a cada clase de suelos los datos de tolerancia presentados para diferentes clases de suelos. Los mapas generadas mostraron las áreas con alto índice relativo a la pérdida por erosión, permitiendo identificar los locales que necesitan de monitoreo y control de los procesos erosivos, que deben orientar el contexto de intervención sobre la realidad en cuestión.

**PALABRAS CLAVE:** Erosión. Geoprosesamiento. Piraponema.

## INTRODUÇÃO

A aplicação de modelos de erosão, assim como a equação universal da perda de solo (EUPS), podem ser efetuadas com a utilização do geoprocessamento, por meio dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que possibilita a obtenção de resultados, na forma de mapas, com a distribuição espacial da estimativa da perda de solo para a região de interesse (WANG et al., 2003).

O uso de geotecnologias para a elaboração de mapas de risco de erosão possibilita rapidez, integração dos dados e simulação de cenários.

Além disso, é importante destacar que, para estimar os parâmetros da EUPS de forma tradicional, haveria uma limitação quando se tratasse de grandes áreas. E, desse modo, o uso de técnicas de geoprocessamento aparecem como ferramentas alternativas para este tipo de escala, onde a análise é realizada em tempo e custos menores (ALVES, 2000; OLIVEIRA, 2012).

A área de estudo em questão é composta por três bacias hidrográficas (Pirapó, Paranapanema 3 e Paranapanema 4), que formam a Unidade Hidrográfica do Piraponema, sob a atuação do Comitê de Bacia Piraponema. E abrange partes significativas de duas mesorregiões geográficas: a Norte Central e a Noroeste do Estado do Paraná. Este fato já indica que ocorrem diferenciações tanto nos aspectos socioeconômicos como nos ambientais no interior da Unidade, devido suas proporções. Apresenta também variados tipos de uso e ocupação: rural, urbano, e atividade industrial. A atividade rural nesta região apresenta ainda variedades significativas de produtos e de manejos.

Esses usos vão interferir no revestimento da superfície das vertentes, na sua morfologia, modificando as características originais de infiltração e escoamento, que acarretam na degradação dos solos.

É importante destacar que toda e qualquer transformação que ocorre nas vertentes, afeta de diferentes maneiras o fluxo hídrico e os canais de drenagem, diretamente associados a essas vertentes, e o funcionamento da bacia hidrográfica em geral.

Sendo assim, foi realizado o mapeamento da perda de solo a erosão e a tolerância à perda, e, para a escala adotada, se justifica o uso de técnicas de geoprocessamento para a análise e conhecimento das áreas, que com a elaboração de mapas podem auxiliar na gestão ambiental dessas bacias.

## MÉTODOS

### *Carta de perda de solo por erosão*

A carta de perda de solo por erosão foi elaborada aplicando-se a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) de Whischmeier e Smith (1978):

$$\text{Perda de solo} = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

Onde: R = erosividade das chuvas  
K = erodibilidade dos solos  
L = comprimento da rampa  
S = declividade  
C = uso do solo  
P = práticas conservacionistas.

Os dados de erosividade (R) foram obtidos no trabalho apresentado por Terassi (2015) que os calculou aplicando a equação de Rufino, Biscaia e Mertem (1993).

A erodibilidade dos solos (K) foi determinada com a aplicação da expressão de Bouyoucos (1935):

$$K = \frac{(\%areia + \%silte)/(\%argila)}{100}$$

Os dados granulométricos empregados para o cálculo da erodibilidade foram aqueles apresentados no Levantamento de Solos do Estado do Paraná (IAPAR,1984). Considerou-se para esse cálculo apenas os perfis que ocorriam na área de estudo e/ou aqueles que, mesmo fora da unidade, pertenciam à mesma classe de solos e eram derivados de rochas semelhantes às encontradas na unidade hidrográfica.

Para a determinação dos parâmetros L e S foram realizados vários testes com diferentes metodologias, mas a que mais se mostrou adequada para a escala de estudo foi a de Bertoni e Lombardi Neto (1990):

$$LS = 0,00984 \times L^{0,63} \times S^{1,18}$$

Onde: S = % de declividade

Os valores para o parâmetro C (uso do solo) foram compilados a partir da consulta a diversos trabalhos (BERTONI; LOMBARDI,1990; BRITO et al., 1998; RIBEIRO; ALVES, 2007; LIMA, 2003; MACHADO et al., 2009). Para os valores do parâmetro P considerou-se aqueles apresentados por Bertoni e Lombardi Neto (1990).

Por fim, a carta de perda de solo por erosão foi elaborada com o auxílio do software Arcgis 9.3, empregando-se principalmente a ferramenta "Álgebra de Mapas".

## **Carta de tolerância de perda de solo**

A carta de tolerância de perda de solo foi obtida com o emprego da carta de solos da Unidade Hidrográfica, associando-se a cada classe de solos mapeada dados de tolerância de perdas de solo apresentados para diferentes classes de solos do estado de São Paulo por Bertoni e Lombardi Neto (1990). Segundo esses autores (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990, pag. 267):

A expressão tolerância de perdas de solo é usada para designar a intensidade máxima de erosão do solo que permitirá a um elevado nível de produtividade manter-se econômica e indefinitivamente.

O grau de tolerância depende, principalmente, das propriedades dos solos, profundidade e topografia. Em um estudo realizado para os solos do estado de São Paulo, Lombardi Neto e Bertoni (1975) concluíram que a tolerância às perdas de solo varia aí de 4,5 a 15t/ha/ano. Indicam, ainda, que solos profundos e bem drenados têm valor de tolerância mais elevado, enquanto que solos pouco profundos apresentam um valor de tolerância mais baixo.

Desse modo, dada a similaridade entre os solos do estado de São Paulo e aqueles que ocorrem na unidade hidrográfica de estudo, aplicou-se os limites de tolerância de perda de solo estabelecidos pelos autores (acima referidos) para cada classe de solo.

Essa carta foi elaborada, como no caso anterior, com o auxílio do Arcgis 9.3.

## **RESULTADOS**

A Unidade Hidrográfica do Pirapó, do Paranapanema 3 e 4 está localizada a porção norte do Estado do Paraná e é composta por afluentes de um vasto trecho do rio Paranapanema, margem esquerda, divididos no território paranaense em três bacias hidrográficas, reconhecidas como: do Pirapó, do Paranapanema 3 e do Paranapanema 4.

A bacia hidrográfica do rio Pirapó possui, segundo a SEMA (2010), cerca de 60 afluentes diretos (excluindo pequenos riachos) e tem uma área de drenagem superior a 5.000 km<sup>2</sup> (cerca de 3% da área estadual).

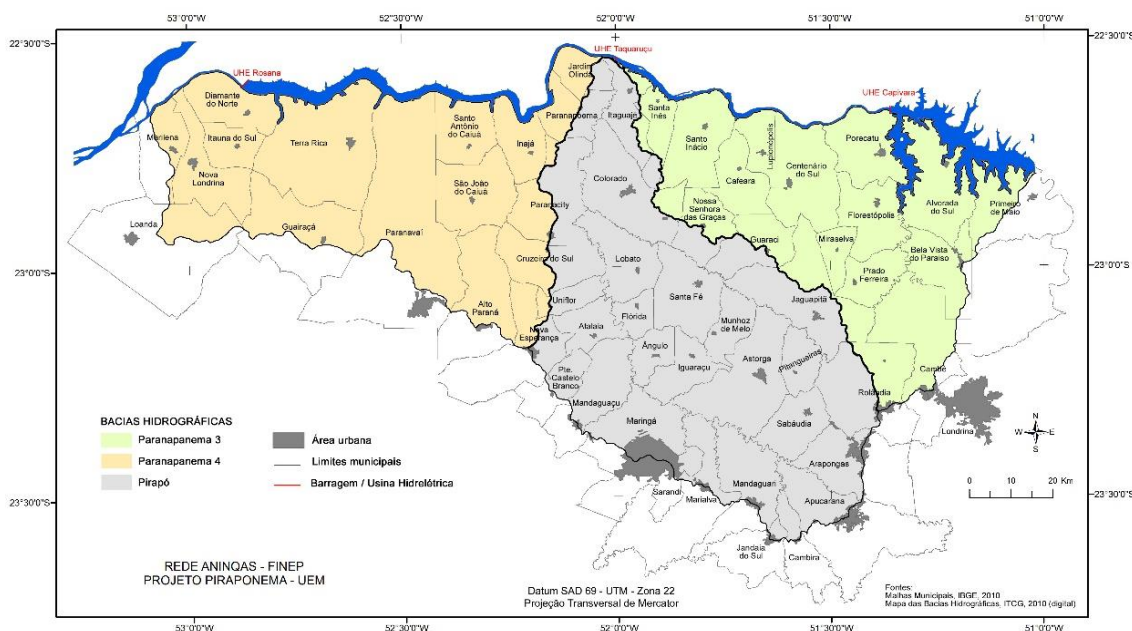
A bacia hidrográfica do rio Paranapanema 3, com uma área de 3.564,30 km<sup>2</sup> (cerca de 2% da área estadual), é formada por 12 afluentes que deságuam no rio Paranapanema entre a foz do rio Tibagi, próximo ao lago da Usina Hidrelétrica de Capivara, e a foz do rio Pirapó (SEMA, 2010). Limita-se com as Bacias do Rio Pirapó a Oeste, do Tibagi a Leste e Pontal do Paranapanema a Norte. Destaca-se como curso d'água mais extenso nessa bacia o ribeirão Vermelho.

Já a bacia hidrográfica do rio Paranapanema 4 é constituída por 15 afluentes, destacando-se entre eles os ribeirões Francisco ou do Diabo, Caiuê, Coroa do Frade e Corvo. Essa bacia se estende ao longo do trecho do rio Paranapanema compreendido, de leste para oeste, entre a foz do rio Pirapó até a foz do ribeirão do Tigre. Limita-se, assim, com as bacias do rio Pirapó a

leste, do Paraná I a oeste, Ivaí ao Sul e Pontal do Paranapanema a Norte. Possui uma área total de 4.139 km<sup>2</sup> (cerca de 2% da área do estado do Paraná).

Essas bacias hidrográficas drenam parte dos territórios das mesorregiões geográficas Norte-Central e Noroeste paranaenses (Figura 1).

**Figura 1: A Unidade Hidrográfica do Pirapó, Paranapanema 3 e 4 e a malha municipal abrangida.**



### ***O embasamento geológico, o relevo e os solos associados***

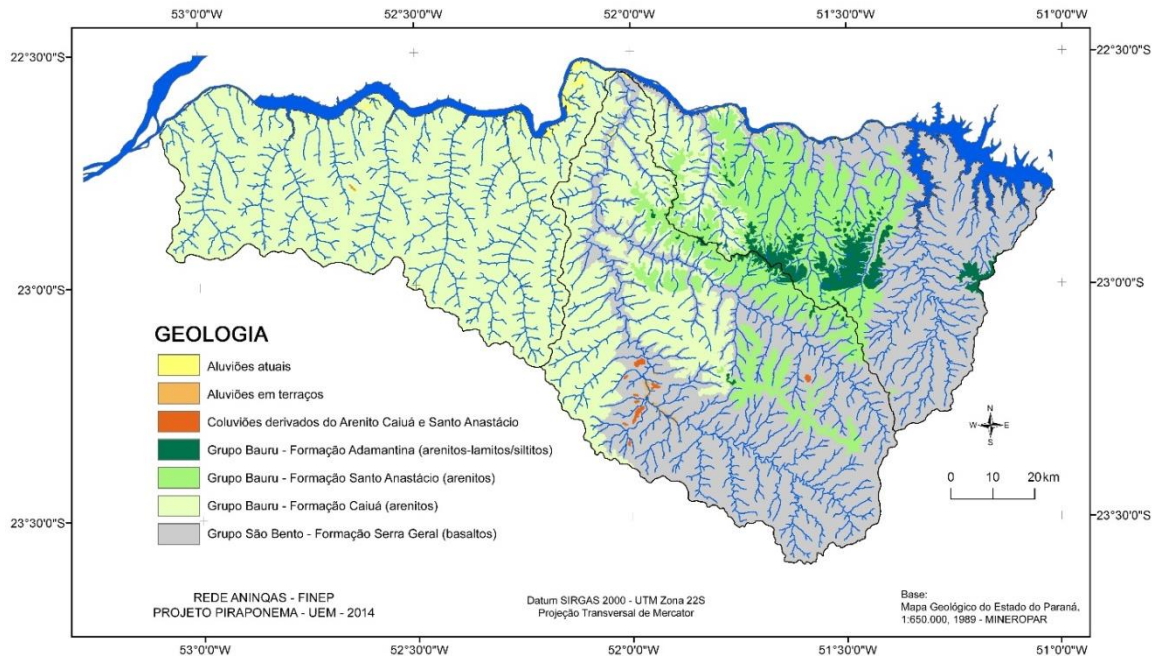
A Unidade Hidrográfica Pirapó, Paranapanema 3 e 4 está assentada, em termos geológicos, em um setor da Bacia Sedimentar do Paraná constituído por rochas basálticas da Formação Serra Geral (Grupo São Bento), recobertas parcialmente por arenitos das Formações Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina (Grupo Bauru) – Figura 2.

A Formação Serra Geral é constituída por basaltos, oriundos de derrames vulcânicos que ocorreram desde o Triássico até ao Cretáceo, durante a era Mesozóica. Durante esse período de tempo ocorreram vários derrames, gerando uma sobreposição de camadas de basalto com espessuras variáveis, intercalados ocasionalmente por lentes e/ou camadas de arenitos (MELFI et al., 1988).

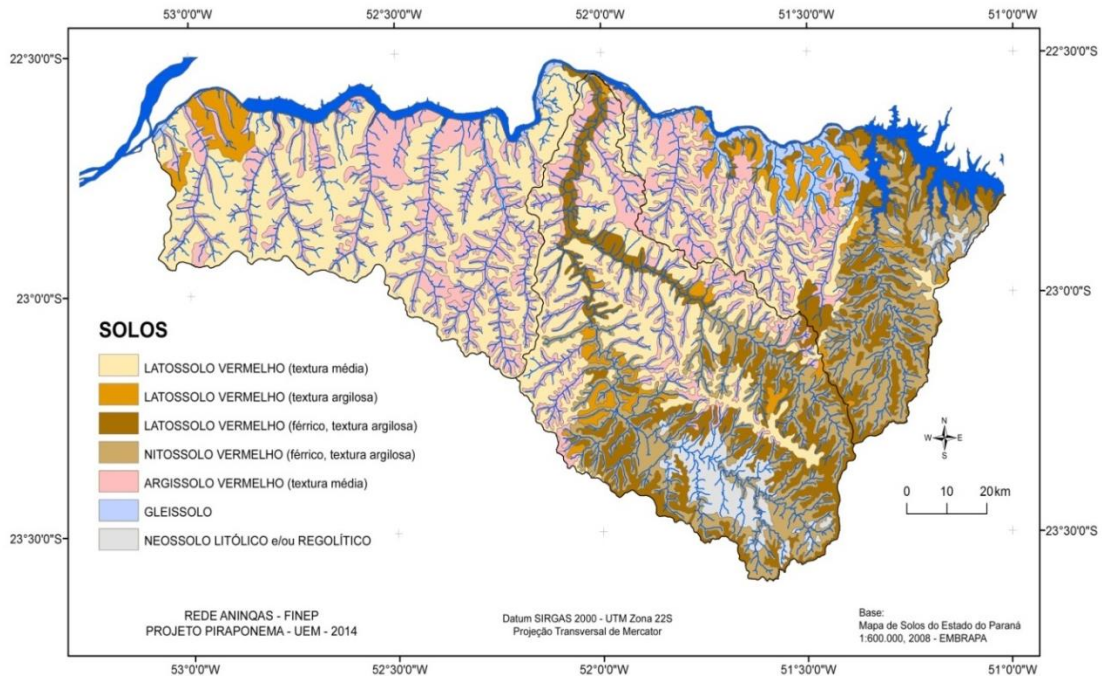
Recoberto parcial ou totalmente os derrames basálticos ocorrem as rochas sedimentares areníticas formadas no Cretáceo, após o fim dos eventos vulcânicos. Nessa unidade hidrográfica ocorrem três formações geológicas constituídas por arenitos, cada uma com idades diferentes e formadas em ambientes distintos (Formação Caiuá, Formação Santo Anastácio e Formação Adamantina).

Os solos que predominam na maior parte da unidade hidrográfica são os Latossolos Vermelhos (Figura 3).

**Figura 2. Mapa geológico da Unidade Hidrográfica do Pirapó, Paranapanema 3 e 4.**



**Figura 3. Solos na Unidade hidrográfica do Pirapó, Paranapanema 3 e 4. Projeto Piraponema.**



Fonte: Projeto Piraponema.

Quando ocorrem sobre rochas areníticas apresentam textura mais arenosa (textura média), predominando na sua composição grãos de areia (quartzo); já quando ocorrem sobre os basaltos a textura é argilosa, são constituídos, portanto, por partículas muito finas de argila.

A cor vermelha escura se deve aos altos teores de óxidos de ferro. Esses solos, tanto sobre uma rocha quanto outra, sempre estão associados à relevo plano a suavemente ondulado e bem drenado, o que geralmente corresponde aos topos e parte das encostas das colinas.

Quando as declividades ficam mais acentuadas, o que geralmente acontece à medida que se vai para o fundo do vale, os Latossolos Vermelhos dão lugar para outros solos: na área de ocorrência dos arenitos, aparecem aí os Argissolos Vermelhos; e na área de ocorrência dos basaltos, os Latossolos Vermelhos passam para os Nitossolos Vermelhos.

Sobre os basaltos, os Latossolos argilosos passam, em posições mais baixas e/ou de maior declividade, para os Nitossolos. Os Nitossolos também são espessos, têm textura argilosa e não apresentam variação significativa ao longo do perfil (dimensão vertical). Entretanto, ocorrem associados a declividades mais acentuadas do que os Latossolos.

Quando o relevo é mais entalhado (dissecado) e as declividades muito acentuadas, os solos não conseguem se desenvolver, são rasos e a rocha geralmente aflora ao longo das vertentes, como se observa no setor da alta bacia do Pirapó, onde ocorre uma grande área de Neossolos Litólicos.

### ***Cartas de perda de solos e tolerância às perdas do solo***

A carta de perda de solo a erosão com a aplicação da EUPS (Figura 4), que integra um número maior de parâmetros medidos e não apenas qualificados, confirma, de um modo geral, o que foi reproduzido pelas cartas de fragilidade da área, proposta por Bonifácio (2013). Mostra que as perdas de solo ocorrem com maior frequência e intensidade nas áreas dominadas pelos solos de textura média/arenosa, e estão principalmente relacionadas aos setores baixos das vertentes e, ainda, em várias cabeceiras.

Já a carta de tolerância às perdas de solo (Figura 5), demonstra que na área de solos argilosos (sobre o basalto) as perdas maiores estão associadas à área mais dissecada do relevo onde aparecem os Neossolos Litólicos e/ou Regolíticos.



Figura 4: Carta de perda de solos por erosão obtida com a aplicação da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS).

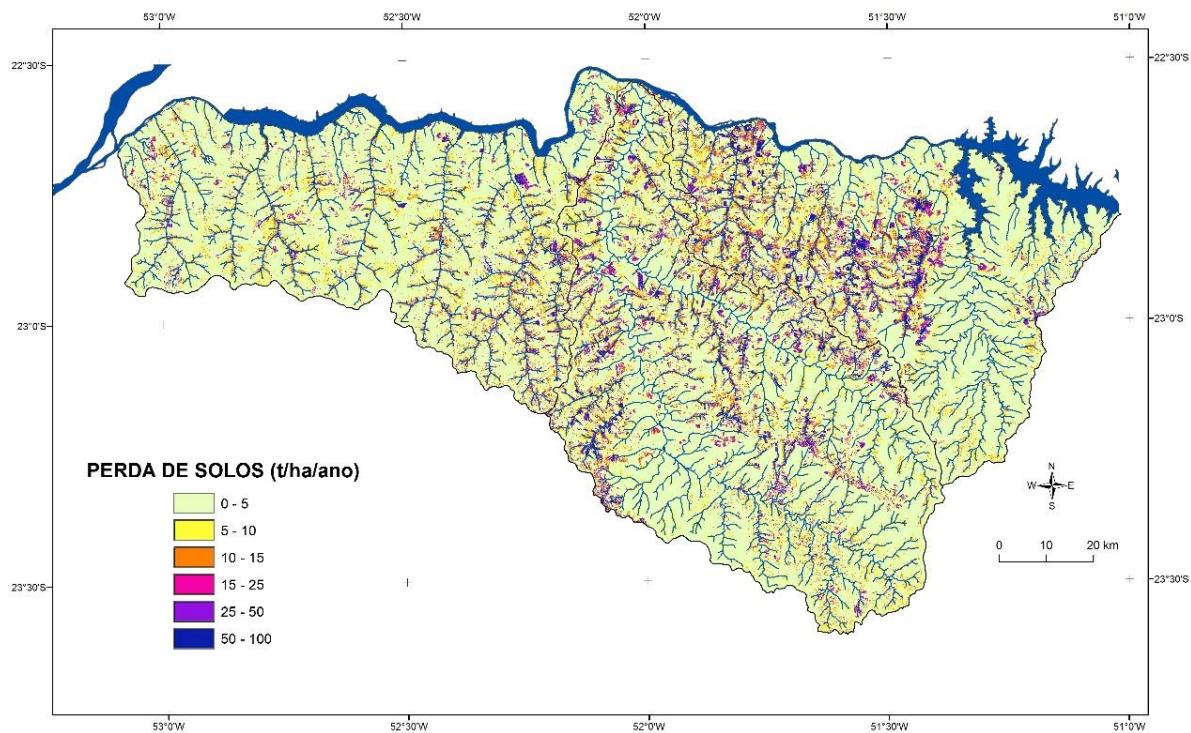
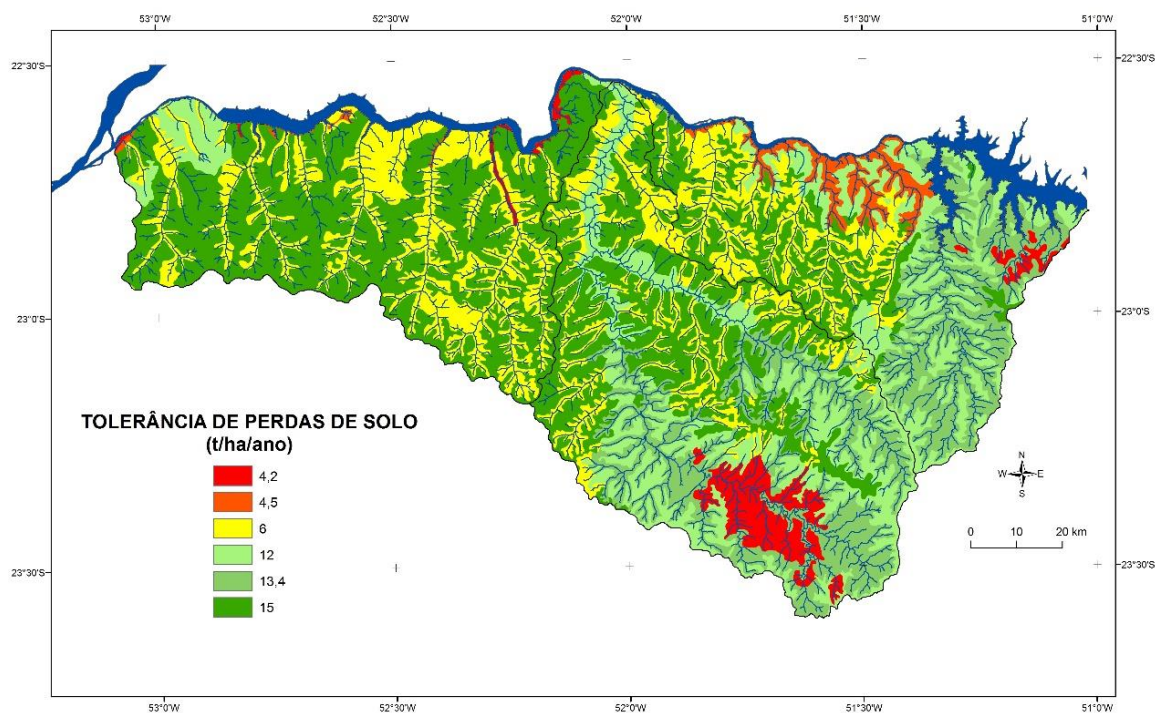


Figura 15: Carta de tolerância de perdas de solo elaborada com a aplicação dos dados apresentados por Lombardi Neto e Bertoni (1975) para classes de solos similares em São Paulo.



É importante destacar que o ritmo e o volume das perdas de solo observados nas cartas elaboradas, assim como as características granulométricas do material removido, dependem, de um lado, da distribuição e intensidade das chuvas que caem no local, e de outro, do tipo de revestimento, da natureza do material superficial, da extensão da vertente e da sua forma e declividade. Além disso, toda e qualquer transformação que ocorre nas vertentes afetam de diferentes maneiras o fluxo hídrico e os canais de drenagem diretamente associados a essas vertentes e o funcionamento da bacia hidrográfica em geral.

Desse modo, com a comparação entre as cartas aqui apresentadas evidencia uma similaridade entre elas, apesar de cada uma ser obtida a partir de parâmetros diferenciados. Todas indicam o papel preponderante dos tipos de solos e da declividade na vulnerabilidade à erosão.

## CONCLUSÕES

A remoção do solo faz parte do processo geológico de denudação das massas continentais que é universal e imutável (STRAHLER, 2005). Entretanto, como observado nas cartas apresentadas, a atividade humana exacerba a erosão, em determinados setores da Unidade Hidrográfica, e dá início a uma série de impactos que podem degradar o ambiente e alterar a dinâmica e comportamento da bacia hidrográfica como um todo.

É importante salientar, que os processos que ocorrem nas vertentes, com a perda de solos, geram materiais que chegam até aos canais de drenagem e passam aí a interferir na sua forma, na dinâmica do fluxo hídrico e na qualidade da água, já que chegam materiais sólidos e substâncias químicas dissolvidas (agrotóxicos e fertilizantes).

Sendo assim, a elaboração das cartas desenvolvidas para a Unidade Hidrográfica do Piraponema, assim como pesquisas voltadas para a interação solo/uso, se tornam de suma importância, pois norteiam para um conhecimento da área e, por fim corroboram para a tomada de decisão na gestão ambiental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.

BONIFÁCIO, C. M. **Avaliação da Fragilidade Ambiental em Bacias Hidrográficas do Alto Vale do Rio Pirapó, Norte do Paraná: Proposta Metodológica**. 2013. Dissertação. Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 111 p.

BRITO, J. L. S. et al. **Uso do geoprocessamento na estimativa de perda de solos por erosão laminar em Irai de Minas-MG**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, IX, 1998, Santos. Anais... Santos, 1998. 501-512 p.

LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. **Tolerância de perdas de terra para alguns solos do estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico. 1975. 12 p.

MACHADO, L. M. et al. **Levantamento sistemático dos fatores da Equação Universal de Perdas de Solos (USLE) para o delineamento de áreas com potencial erosivo da bacia PN1 –**

**IGAM, Minas Gerais (resultados parciais).** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XIV, 2009, Natal. Anais... Natal, INPE, 2009. 7733-7739 p.

MELFI, A.J., PICCIRILLO, E.M. and NARDY, A.J.R. **Geological and magmatic aspects of the Paraná basin: an introduction.** In: E.M. PICCIRILLO and A.J. MELFI, eds. The Mesozoic flood volcanism of the Paraná basin. São Paulo: Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo, 1988. 1-13 p.

OLIVEIRA, J. S. **Avaliação de modelos de elevação na estimativa de perda de solo em ambiente SIG.** Dissertação, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 105 p.

RIBEIRO, L. S.; ALVES, M. da G. **Quantificação de perda de solo por erosão no município de Campos de Goytacazes/ RJ através de técnicas de Geoprocessamento.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XIII, 2007, Florianópolis. Anais... Florianópolis, 2007. 3039-3046 p.

SEMA, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Bacias Hidrográficas do Paraná.** Curitiba: SEMA. 2010. 138 p.

STRAHLER, A. N.; STRAHLER, A. H. **Geografia Física.** 4 ed. Barcelona: Ed. Omega, 2005, 550 p.

TERASSI, P. M. B. **Variabilidade pluviométrica e a erosividade na unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema II e IV, Paraná.** 2015. Dissertação, Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 188 p.

WANG, G; GERTNER, G. FANG, S; ANDERSON, A. B. **Mapping multiple variables for predicting soil loss by geostatistical methods with TM Images and a slope map.** Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Falls Church, 2003. v. 69, n.8, 889-898 p.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide planning.** Whashington, D.C.: USDA/ARS, 1978.