

Análise e Quantificação do Potencial Natural Erosivo Laminar para a Bacia do Rio Forquilhas - SC

Francielle da Silva Cardozo¹
Gabriel Pereira²
Elisabete Caria Moraes²
Bruno Rodrigues do Prado²
Gustavo Bayma Siqueira da Silva²
Egídio Arai²

¹ Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Campus Universitário Trindade, Caixa Postal 476 - 88040 – 970 - Florianópolis - SC, Brasil.
franciellecardozo@yahoo.com.br.

² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil.
{gabriel, bete, prado, egidio, bayma}@dsr.inpe.br.

Abstract. Present in the worldwide, the erosion could be expressed as removal and transport of mineral grains by the action of running water, wind, ice or other geological system. The erosion is a process that can lead to soil infertility and water depletion quality. However, the study of erosive processes can be a key issue in the environmental planning and in the mitigation of the vegetation removal and anthropic impacts. The main goal of this work is to evaluate the Potential Laminar Natural Erosive model to the Forquilhas river basin, located in São José City, Santa Catarina State. The altimetry data was represented in samples lines and the values were interpolated through the geoprocessing software SPRING. The rainfall data were acquired in the National Institute of Meteorology (INMET) by the 83897 weather station number data. Commonly, the soil loss erosion in the study area is high, and the losses can reach the range of 0 - 200 (27 km²), 500 - 2000 (2 km²), and more than 2000 tons per hectare per year (7 km²). The places that have a high erodibility factor were found throughout the all basin, mainly in areas with higher hypsometric values, sloping hillsides and in the bed rivers.

Palavras-chave: erosion, universal soil loss equation, urbanization, geoprocessing, soils, erosão, equação universal de perda de solos, urbanização, geoprocessamento, solos.

1. Introdução

Muitos estudos têm sido realizados com o objetivo de entender os processos erosivos em sua forma acelerada e assim poder combatê-los, para fins de manutenção da fertilidade do solo ou da conservação de uma forma geral (Guerra et al., 2006, Cardozo et al., 2007). A erosão pode ser definida como um desgaste da superfície do terreno com a retirada e o transporte dos grãos minerais pela ação da água corrente, do vento, do gelo ou de outros agentes geológicos, implicando na relação de fragmentação mecânica e decomposição química das rochas, bem como na remoção superficial e subsuperficial dos produtos do intemperismo (Bigarella, 2003), ocorrendo geralmente através de dois processos: o geológico e o acelerado.

A erosão geológica é aquela que ocorre no ambiente pela atuação do clima e da vegetação, sem sofrer a influência do homem (Guerra, 1999). A erosão geológica é controlada somente por fatores naturais, que podem ser ativos ou passivos. A erosão acelerada ou induzida é o processo de desagregação e transporte acelerado das partículas do solo causado pela água e pelo vento, principalmente pelas mudanças no uso da terra causada pelo homem (Checchia, 2005).

Com o conhecimento dos fatores que influenciam a erosão é possível criar modelos e calcular a quantidade de material erodido por unidade de área, em determinado período de tempo. Dentre

os modelos existentes se destaca a “Equação Universal de Perda de Solos” (Wischmeier e Smith, 1978), que tem como variáveis os fatores de erodibilidade (K), erosividade (R), declividade (S), comprimento de encosta (L), uso e ocupação do solo (C) e práticas conservacionistas (P). Também é possível aplicar essa equação na construção de um modelo que leve em conta somente os fatores naturais de erosão (GUERRA et al., 2006).

Associa-se este modelo a técnicas de geoprocessamento que permitem análises espaciais do fenômeno, permitindo identificar as áreas com maior grau de suscetibilidade à erosão natural. Portanto, o objetivo do presente artigo é realizar a determinação do potencial natural erosivo laminar para a bacia do rio Forquilhas utilizando a Equação Universal de Perda de Solos.

1.1 Área de Estudo

O rio Forquilhas é afluente do rio Maruim pela margem esquerda e se desenvolve no sentido geral Noroeste-Sudeste. Possui extensão de 12km integrando-se a bacia do rio Maruim, com área de 52,47km². Está inserido integralmente no Município de São José (SC) e representa o principal sistema de drenagem que banha o distrito (Figura 1). A geologia da área de estudo é caracterizada por unidades do embasamento Cristalino, formado por rochas metamórficas, granitos e diabásios; e pela cobertura sedimentar Quaternária, constituída por depósitos inconsolidados ou fracamente consolidados de areias, siltes, argila e conglomerados (FERREIRA, 1994). A bacia do rio Forquilhas insere-se em duas Regiões Geoambientais denominadas Planícies Costeiras e Serras do Leste Catarinense (HERRMANN, 1998).

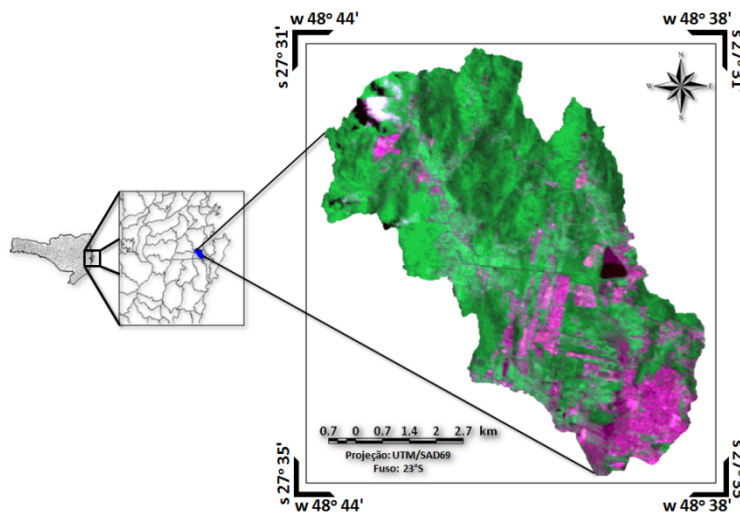


Figura 1. Localização da área de estudo.

A bacia do rio Forquilhas apresenta seu rio principal retificado em sua maior extensão, sendo seus afluentes também foram retificados com o passar dos anos e atualmente encontram-se em sua maioria canalizados, principalmente dentro das áreas urbanizadas da bacia. A área foi escolhida por sua importância no contexto local, pois os bairros localizados dentro da bacia são os mais prejudicados pelas inundações e por deslizamentos no Município de São José.

2. Metodologia de Trabalho

Para o processamento das imagens e obtenção dos dados de uso e ocupação da terra foi utilizado o SPRING 4.3.1 (Câmara et al., 1996). As imagens foram corrigidas geometricamente. Utilizou-se o modelo polinomial de 1º grau e o interpolador vizinho mais próximo, sendo selecionadas as cenas dos dias 18/08/1973 (Landsat 1/MSS), 14/11/1985 e 05/09/1995 (Landsat 5/TM) e 02/02/2008 (CBERS 2B/CCD) para gerar os mapas de uso e cobertura da terra. Para a classificação das imagens optou-se pela segmentação e atribuição manual das classes.

Para obter os resultados do potencial natural erosivo laminar da bacia do Rio Forquilhas - SC, utilizaram-se os dados da planta planialtimétrica, em escala 1:2000, do ano de 1997. A partir do dado altimétrico foi realizado o cálculo do coeficiente L.S no *Topocrop Terrain Indices*, extensão do ARCVIEW/ESRI. Em seguida o resultado L.S foi inserido no SPRING com as demais variáveis, entre elas, o limite da bacia, mapa de solos, o histórico das precipitações, entre outras informações.

2.1 Determinação do Potencial Natural Erosivo Laminar

A equação universal de perda de solos (EUPS) abrange a relação entre a energia cinética da chuva e sua erosão provocada, a suscetibilidade a erosão do solo, o comprimento da encosta e sua declividade, o manejo do solo ocasionado pela antropização da natureza e as práticas conservacionistas. A EUPS (Equação 1) pode ser expressa por (Wischmeier e Smith, 1978):

$$A = R.K.L.S.C.P \quad (1)$$

onde “A” representa a perda de solos calculada por unidade de área (t/ha), “R” o fator chuva, erosividade (MJ.mm/ha.h.ano), “K” o fator erodibilidade do solo em (t.h/MJ.mm), “L” o comprimento de encosta, “S” a declividade em % (adimensional), “C” o fator ocupação e manejo do solo (adimensional) e “P” práticas conservacionistas (adimensional). Neste trabalho utilizaram-se apenas os fatores naturais da EUPS, desconsiderando-se os fatores antrópicos, neste caso a equação é conhecida como potencial natural erosivo laminar (PNE), e expressa em (2):

$$PNE_L = R.K.L.S \quad (2)$$

2.2 Determinação de R, K e LS

O fator erosividade (R) representa a interação da chuva, que é dependente da sua intensidade, duração e frequência. A energia cinética se dá em função da sua velocidade, de suas partículas de gotas e sua capacidade de causar erosão numa área sem proteção (Guerra, 1999). Segundo Wischmeier e Smith (1978), o índice de erosão provocado pela chuva pode ser expresso por (3):

$$R = \sum_{i=1}^{12} (11,87 + 8,73 \log_{10} I) \times I_{30} \quad (3)$$

na qual, “I” é intensidade da chuva (mm/h) e “I₃₀” é intensidade máxima em trinta minutos (mm/h). A Tabela 1 apresenta os valores utilizados para o cálculo.

Tabela 1. Dados utilizados para o cálculo de R

	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAIO	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.
I^1	2.41	3.00	2.42	1.37	2.09	1.11	1.55	1.27	1.69	1.87	2.31	2.31
Energia Cinética (Ec) ²	15.20	16.03	15.22	13.06	14.67	12.26	13.53	12.79	13.87	14.23	15.04	15.04
Erosividade ³	608.01	641.30	608.80	522.35	586.79	490.34	541.00	511.44	554.79	569.35	601.72	601.72

¹ I representa a média da precipitação máxima em mm/h. ² A energia cinética pode ser expressa por $Ec = 11,87 + 8,73 \log_{10} I$. ³ A Erosividade é calculada por $R = Ec \times I_{30}$.

Para o cálculo da intensidade da chuva em mm/h e da intensidade máxima de precipitação em trinta minutos, utilizaram-se os dados da estação meteorológica do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), estação Florianópolis nº 83897, que se localiza no Bairro Praia Comprida no Município de São José, compreendendo um período de 31 anos (1973-2003). Para o cálculo de I foram utilizados os dados da média de precipitação máxima em 24 horas do período climatológico, conforme Figura 2. Para o cálculo de I_{30} analisou-se estações meteorológicas automáticas, adotando empiricamente o valor de 40mm.

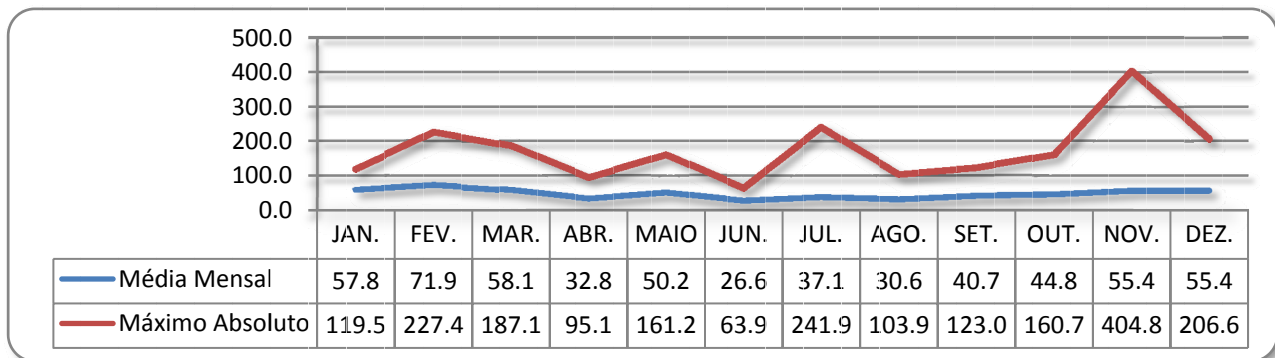


Figura 2. Média de precipitação máxima em 24 horas.
Fonte: INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

O fator erodibilidade está intrinsecamente relacionado com as propriedades químicas do solo e sua suscetibilidade à erosão. Na área de estudo encontram-se quatro tipos de solo: Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Cambissolo Flúvico Tb Distrófico, Cambissolo Háplico Tb Distrófico e Gleissolo Háplico Tb Distrófico. Os valores de K foram 0,0466, 0,048, 0,0254 e 0,0044 respectivamente.

3. Resultados e Discussão

A Figura 3 mostra a evolução no uso e cobertura da terra na Bacia do rio Forquilhas para os anos de 1973, 1985, 1995 e 2008. Em 1973 a região de estudo possuía uma pequena área urbanizada, com uma grande área de vegetação arbórea, seguida da vegetação herbáceo-arbustiva. Em 1985 já se percebe mudanças no aumento das áreas urbanizadas e nas áreas de campo e solo exposto, e diminuição da vegetação arbórea e herbáceo-arbustiva. Nessa década também foram detectados vários focos de queimadas, e entre as principais causas destes desmatamentos estão as ocupações para a pecuária e o crescimento urbano acelerado.

Em 1995 nota-se que a urbanização aumentou ainda mais, se instalando próxima ao leito dos rios. A vegetação arbórea e herbáceo-arbustiva também diminuiu, o mesmo aconteceu para as áreas de solo exposto, porém essas áreas foram substituídas pela urbanização, o que explica a sua

diminuição. As áreas de campos tiveram um grande aumento, denotando o desmatamento tanto para a instalação de moradias, quanto para a criação de pastos para a pecuária e agricultura.

A urbanização em 2008 aumentou significativamente se comparada com os outros anos, ocupando outras áreas no interior da bacia, e principalmente, próximas ao leito dos rios e canais. A vegetação arbórea e herbáceo-arbustiva segue o mesmo padrão desde 1973, diminuindo a cada ano, as áreas de solo exposto obtiveram um pequeno aumento em 2008, relativo ao desflorestamento das áreas arbóreas/herbáceo-arbustivas, e as áreas de campos aumentaram ainda mais.

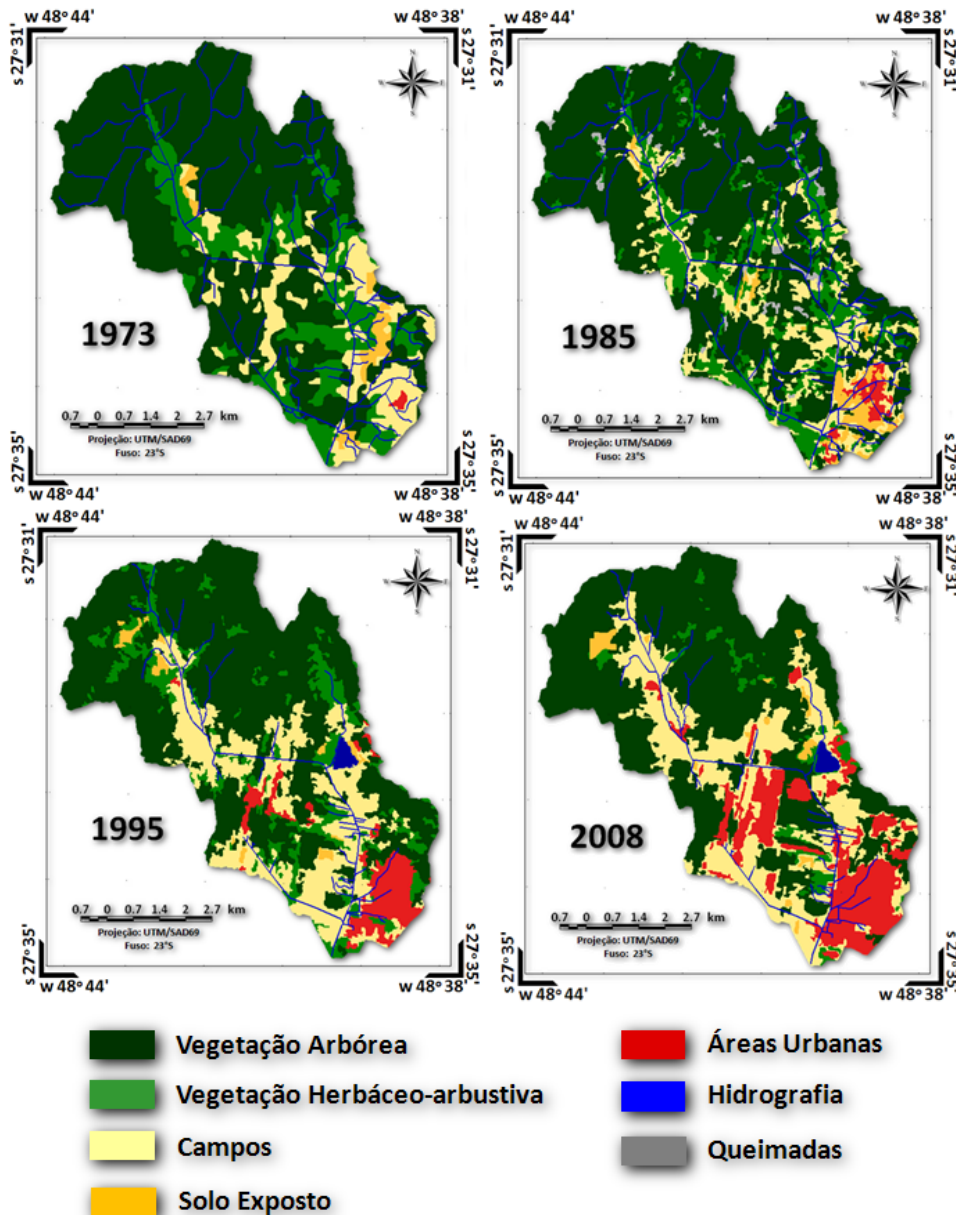


Figura 3. Mapa de Evolução no Uso e Ocupação da Terra na Bacia do rio Forquilhas para os anos de 1973, 1985, 1995 e 2008.

3.1 Análise dos Resultados

Analisando a Figura 4, percebe-se que as maiores perdas de solo, segundo o mapa do potencial natural erosivo laminar (Figura 5), coincidem com as áreas mais altas, que possuem uma maior declividade. As áreas com alto fator de erosão coincidem com as áreas de vegetação arbórea e herbáceo-arbustiva, com as áreas de encostas declivosas e com as áreas perto de canais e cabeceiras dos rios. A perda de solos por erosão na bacia do rio Forquilhas encontra-se na faixa de 0 a 200 t.ha⁻¹.ano⁻¹, em as áreas planas (27 km² de toda a bacia). As áreas que possuem as menores perdas de solo abrangem aproximadamente 2 km² de extensão cada uma e situam-se nas faixas que vão de 200 t.ha⁻¹.ano⁻¹ até 2.000 t.ha⁻¹.ano⁻¹, sendo comum encontrar estas regiões em áreas próximas ao leito dos rios e em grande declives. A classe referente a perda de solos no intervalo superior a 2000 t.ha⁻¹.ano⁻¹ compreendem aproximadamente 7 km² de extensão e são encontradas principalmente onde se situam as cabeceiras dos rios.

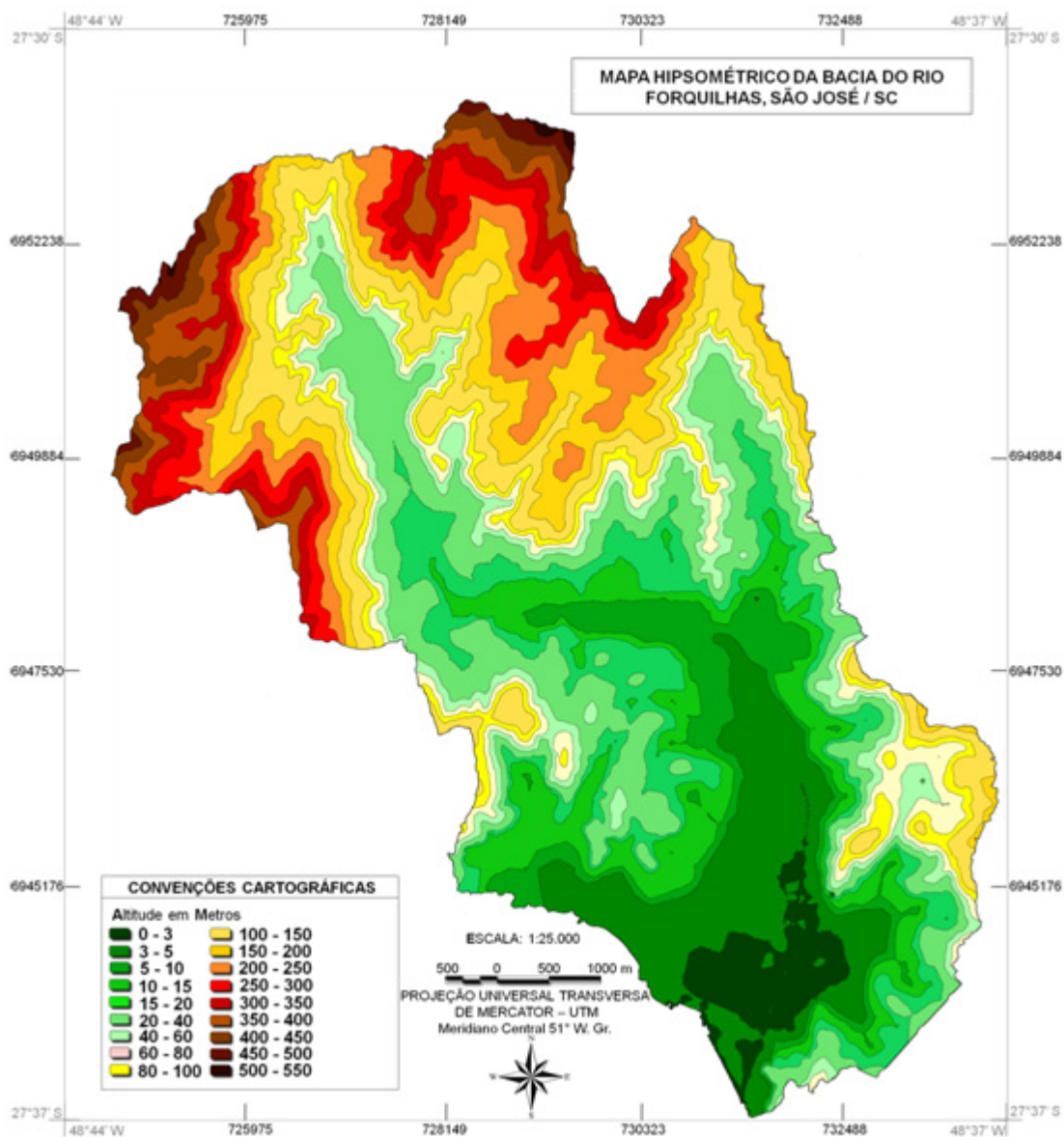


Figura 4. Mapa Hipsométrico da Bacia do rio Forquilhas.

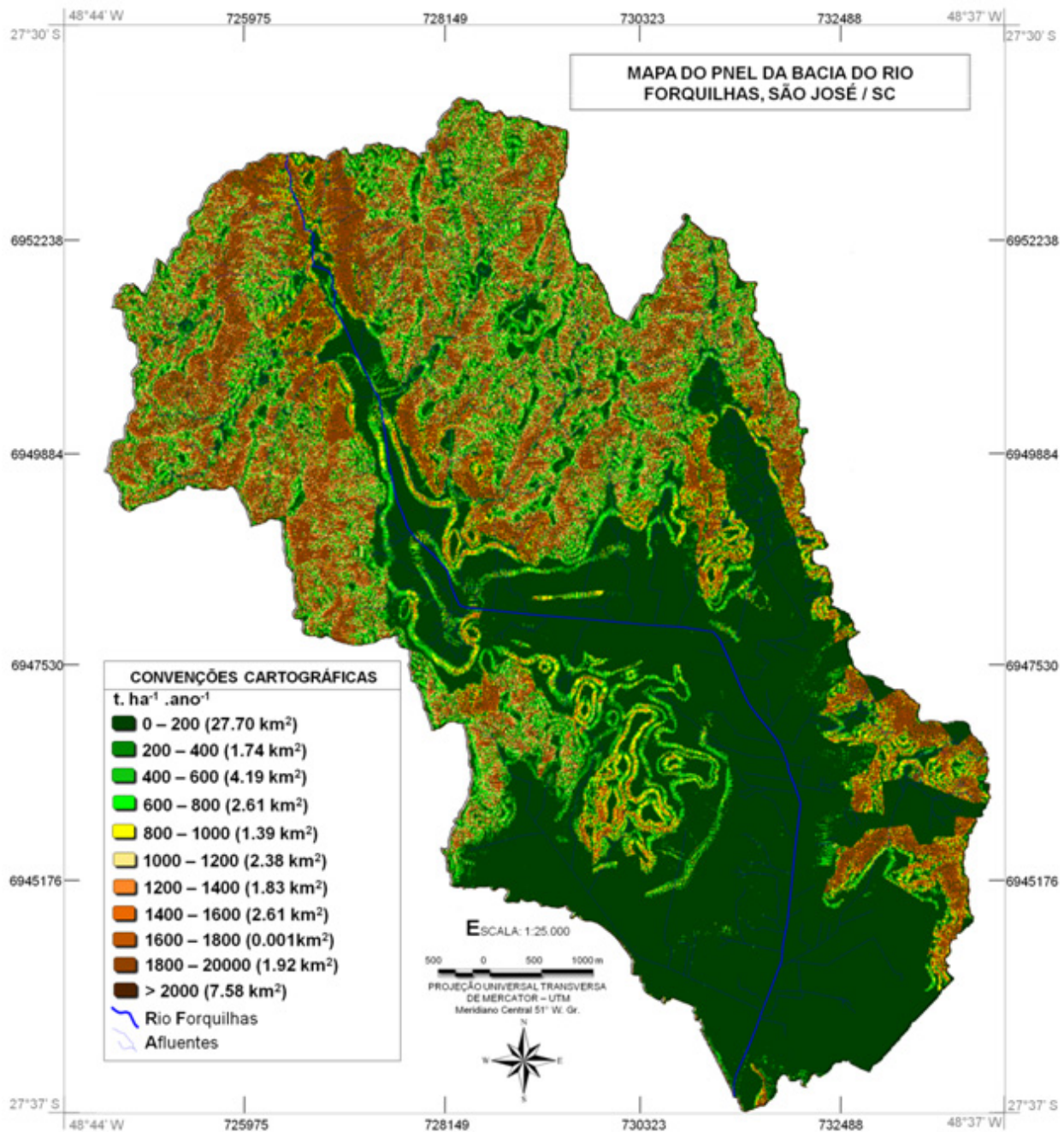


Figura 5. Mapa do PNEP da Bacia do rio Forquilhas.

4. Conclusões

A erosão do solo é um fenômeno que causa preocupação, despertando interesse de muitos pesquisadores em relação as causas de sua origem, evolução e medidas de controle, já que a problemática pode atingir e inutilizar extensas áreas de terras e impactar o meio físico. Historicamente, o acelerado processo de urbanização e o crescimento das cidades, resultantes da migração intensa da população rural para áreas urbanas, principalmente nos últimos trinta anos, acabam por desencadear processos no meio físico que promovem degradação ambiental. Essas

áreas, em sua maioria, não dispunham de nenhum tipo de planejamento para receber a nova população, que foi se instalando nos setores periféricos desprovidos de infra-estrutura, promovendo um ordenamento territorial precário.

Apesar de suas limitações, a espacialização do potencial de perda de solo pode ser utilizada na tomada de decisão relativa ao planejamento do uso da terra, pois permite identificar áreas que devem ser monitoradas do ponto de vista dos processos erosivos. A simulação do Potencial Natural de Erosão por meio da USLE permitiu a identificação de regiões com alta suscetibilidade ao processo erosivo, como pôde ser verificado na bacia do rio Forquilhas.

Referências Bibliográficas

Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Livroceres, 1999.

BIGARELLA, J. J. **Estruturas e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. Florianópolis: EdUFSC, 2003.

Checchia, T. **Avaliação de Perda de Solo por Erosão Hídrica e Estudo da Energia na Bacia do Rio Caeté, Alfredo Wagner - Santa Catarina**. Florianópolis, 2005. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina.

Ferreira, R. C. da S. **Bacia do Rio Maruim: Transformações e Impactos Ambientais**. 1994. 153f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina.

Guerra, A. J. T. O Início do Processo Erosivo In: Botelho, R. G. M.; Guerra, A. J. T.; Silva, A. S. **Erosão e Conservação do Solo: Conceitos Tema e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

Guerra, J. B.; Oliveira, L. L.; Camargo, F. F.; Pereira, G. Avaliação do Potencial Natural Erosivo Laminar com Técnicas de Geoprocessamento: o caso da Microbacia do Ribeirão Taquara/PR. In: IV Seminário Latino-americano de Geografia Física, 2006, Maringá. **Anais do IV Seminário Latino-americano de Geografia Física**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2006. v. 1.

Herrmann, M. L. de P. **Problemas Geoambientais na Faixa Central do Litoral Catarinense**. São Paulo, 1998. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de São Paulo.

Cardozo, F. S.; Pereira, G.; Arcoverde, G. F. B.. Avaliação do Potencial Natural Erosivo Laminar com Técnicas de Geoprocessamento na Bacia do Rio Maruim - SC. In: II Simpósio Dano Ambiental na Sociedade de Risco, 2007, Florianópolis - SC. **Anais do II Simpósio Dano Ambiental na Sociedade de Risco**, 2007.

Valente, A. L. S. Uma Metodologia para Determinação de Áreas de Risco, Através de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. In: **Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Salvador, Brasil, 14-19 abril 1996, INPE, p. 417-420.

Valério Filho, M. Técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aplicado ao Estudo Integrado de Bacias Hidrográficas. In: PEREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (org.). **Solos Altamente Suscetíveis a Erosão**, UNESP: Jaboticabal, 1994, SP.

Wischmeier, W. H.; Smith, D. D. **Predicting Rainfall Erosion Losses – a Guide to Conservation Planning**. U. S. Department of Agriculture: Washington, 1978.