

Modelagem do processo de vulnerabilidade à erosão do Solo utilizando o SPRING

Rodrigo de Freitas Amorim¹
Fernando Moreira da Silva²

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN
Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento – PRODEMA
Caixa Postal 1524 - Natal – RN, Brasil
rodrigofba@gmail.com

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN²
Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes – CCHLA
Departamento de Geografia – DGE
Caixa Postal 1524 - Natal – RN, Brasil
fmoreyra@ufrnet.br

Abstract: The consequences of the inadequate uses of the ground come exciting a necessity of each bigger time to understand the natural vulnerability of erosion of the ground, being searched to plan more efficient actions in the exploration of the natural resources. In this context, the process of ambient modeling using geoprocessamento techniques makes possible greater depth in the agreement of the ambient sensitividades. The study area understands Microbacia of the Stream Ticket bes situated in the portion the Northwest of the State of the Rio Grande of the North. The used methodology consists of the application of the equation of the Natural Potential to Erosão (PNE), that it is a fraction of the Universal Equation of loss of Solo (EUPS), using the available tools of geoprocessamento in the SPRING version 4.3. The gotten results point that most of studied area 66.7% presents potential of superior loss of ground the 100 tons/hectare per year. Ahead of the found results, it is observed necessity to better plan the actions that if they relate to the techniques used in the use of the ground, as well as the application of the conservacionista handling of the ground. The application of the Equation of the Natural Potential to Erosão (PNE), using geoprocessamento revealed compatible with the process of present ambient modeling in a System of Informação Geográfica (SIG), as well as of high relevance, as form of espacializar the information gotten for all the studied area.

Palavras-chave: erosion of the ground, ambient, Potential modeling Natural to the erosion, paradigm of the four universes.

1 Introdução

As formas inadequadas de uso do solo trazem à reboque o desencadeamento de uma gama de processos que degradam as condições ambientais, como por exemplo, alteração no ciclo hidrológico, diminuição da fertilidade do solo, perda na produtividade e consequentemente danos as populações.

As conseqüências desses usos vêm suscitando a necessidade de cada vez mais estudar e compreender a dinâmica natural para com isso planejar ações mais eficazes de exploração dos recursos naturais.

Nesse contexto o processo de modelagem dos sistemas naturais possibilita compreender, através de cortes transversais, a complexidade dos sistemas ambientais. Segundo Chistofolletti (1999) o vocábulo sistema refere-se “um conjunto de organizado de elementos e de interações entre os elementos”. O conceito de sistemas aplica-se perfeitamente a arquitetura dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), desde que, as informações do sistema estudados

passar por um processo de modelagem se adequando a arquitetura do bando de dados de um SIG. Em uma simplificação do conceito do processo de modelagem ambiental, entendemos que é o processo pelo qual o pesquisador transforma parte das informações do mundo real para o mundo computacional.

Desta forma, o objetivo do trabalho consiste em aplicar a equação do Potencial Natural à Erosão, que é uma fração da Equação Universal de perda de Solo (EUPS); aliado a metodologia de modelagem ambiental em geoprocessamento, paradigma dos quatro universos, proposta por Câmara (1995), onde o processo compreende a concepção de quatro fases distintas, universo do mundo real, universo do mundo matemático, universo de representação, universos de implementação.

Câmara, Monteiro e Medeiros (2003 p.3) destacam que, “o grande desafio da ciência da geoinformação é o desenvolvimento de técnicas e abstrações que sejam capazes de representar adequadamente os fenômenos dinâmicos”.

1.1 localização

A Microbacia do Riacho Passagem localiza-se na porção Noroeste do Estado do Rio Grande do Norte, entre as coordenadas de 37°54'52" e 38°08'63" de longitude Oeste e 5°44'7" e 5°55'44" de latitude Sul (Figura 1), compondo a Bacia Hidrográfica Apodi/Mossoró.

A Microbacia abrange quatro municípios, a saber: Rodolfo Fernandes, Severiano Melo, Itaú e Tabuleiro Grande. Possui uma área de 221,7 km². Está inserida na Mesorregião Oeste Potiguar e Microrregião de Pau dos Ferros a uma distância de 380 km da capital do estado, Natal.

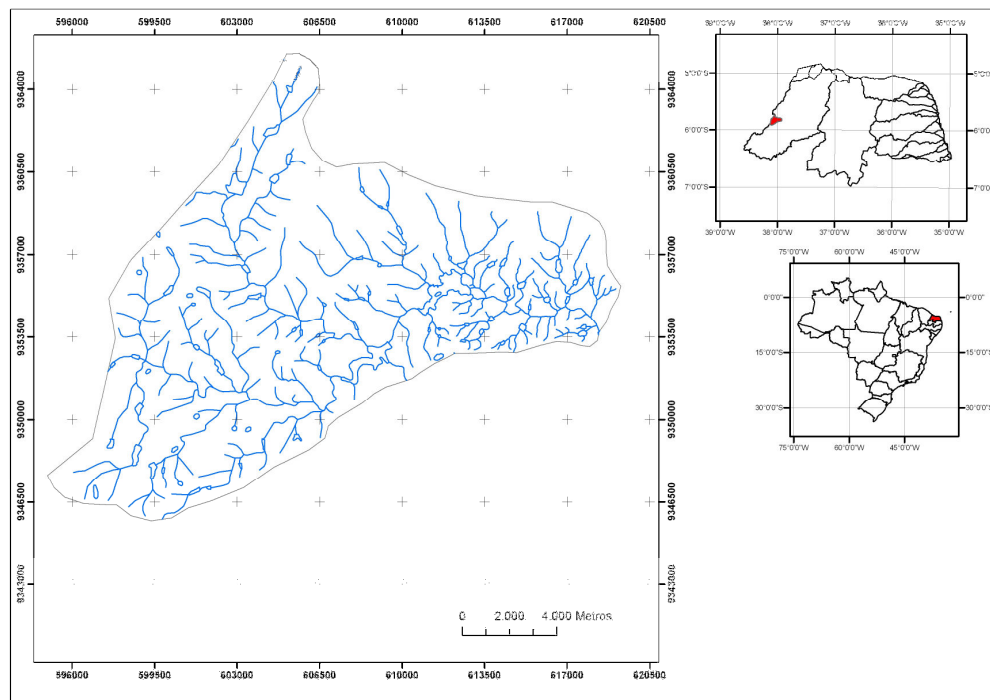


Figura 1. Localização da área de estudo.

2 Metodologia

O desenvolvimento da pesquisa envolveu três fases distintas. A primeira compreendeu, leituras de bibliografias pertinentes ao tema, tais como: teses, dissertações, monografias, artigos, livros e revistas, na segunda visita de campo e a terceira a modelagem dos dados conforme a concepção do paradigma dos quatro Universos de Câmara (1995). Através processo de modelagem de dados utilizando técnicas de Geoprocessamento, com ferramentas

de Sensoriamento Remoto e de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) foi possível modelar o potencial à erosão do solo da Microbacia Riacho Passagem utilizando a equação do Potencial Natural à Erosão (PNE) que é uma fração da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) no software SPRING.

Para modelagem do processo de vulnerabilidade à erosão, foi criado um banco de dados no Sistema de Processamento de Informações Geográficas SPRING versão 4.3.3, a partir de levantamento, tratamento, análise e interpretação de dados climáticos, pedológicos, geomofológicos, geológicos, hidrográficos e topográficos folhas SB-24-X-C-V e SB-24-X-C-VI, imagens de satélite LANDSAT7 e imagens de radar SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) folha SB-24-X-C.

2.1 reconhecimento de campo

Foram realizadas visitas de campo, com o objetivo de reconhecer áreas homogêneas, fotografar as diferentes coberturas do solo, vegetação de caatinga e plantações de culturas temporárias no decorrer do período chuvoso. Também foram fotografados cortes de estrada para identificação dos tipos de solo. Na ocasião foi utilizado um GPS Etrex da marca Garmim e uma máquina fotográfica digital Sony 6.0 megapixels.

2.2 Geração do banco de dados

De acordo com o conceito de banco de dados e o formato do modelo de dados contido no SPRING, foi criado um banco para geração dos mapas utilizados no presente trabalho. A criação do banco, denominado “Riacho Passagem”, possibilitou a otimização na geração das informações geográficas conforme os passos descritos abaixo:

- Criação do Banco de SPRING;
- Criação do projeto;
- Criação das categorias e definição do formato das informações;
- Criação de planos de informações;
- Entrada das informações;
- Processamento dos dados.

A arquitetura do modelo de banco de dados disponível no SPRING permite o armazenamento de informações nos mais variados formatos, possibilitado dessa forma o cruzamento das informações em formatos diferente no LEGAL (Linguagem de GeoProcessamento Algébrico). O quadro 1 apresenta resumidamente as categorias e PIs utilizados no trabalho.

Categorias	Planos de Informações
Temática	Solos, hidrografia, declividade, PNE
Númerica (MNT)	Curvas de nível, comprimento de rampa, erosividade, declividade, fator LS,
Imagem	Imagem LANDSAT,

Quadro 1. Categorias e planos de informações criados no banco de dados

2.3 Definição do projeto e delimitação da área de estudo

O projeto foi criado conforme o modelo proposto no SPRING versão 4.3.3, denominado de “Erosão no Riacho Passagem”. O projeto comporta as seguintes características cartográficas:

- Projeção UTM, datum SAD69;
- Zona 24;
- Escala: 1:20.000

Para delimitação da área de estudo utilizou-se as informações topográficas e hidrográficas contidas nas cartas da SUDENE, escala de 1:100.000, folhas SB-24-X-C-V e SB-24-X-C-VI. A edição do contorno da Microbacia do Riacho Passagem, foi realizada através do modo de edição vetorial contido no SPRING, seguindo as orientações das curvas de nível e hidrografia.

A entrada das informações no banco de dados se deu através da importação de informações nos formatos numérico, temático, imagem. As imagens de radar foram importadas através da janela de importação, entidade grade retangular X, Y e Z, resolução de 5m e escala de 1:20.000. As imagens de satélite foram importadas no formato raster resolução 15m. A hidrografia foi importada no formato DXF-R12, entidade linhas sem ajuste.

2.4 carta de curvas de nível

A obtenção da carta contendo as curvas de nível da Microbacia em estudo, com resolução de 5 metros, se deu através do processamento de imagens de radar, geradas no projeto Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), obtidas através de sensores a bordo do ônibus espacial Endeavour, em uma parceria das agências espaciais dos Estados Unidos (NASA e NIMA), Alemanha (DLR) e Itália (ASI). As imagens foram obtidas livremente no site da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária).

A imagem utilizada compreende a folha SB-24-X-C, escala 1:250.000, Sistema de Coordenadas Geográficas e Datum WGS84. A imagem foi importada pelo software SPRING no formato grade categoria Modelo Numérico de Terreno (MNT). No ambiente software recortou-se a área da Microbacia a fim de facilitar o processamento. Na ferramenta MNT, função geração de isolinhas, foram geradas as curvas de níveis.

2.5 carta de declividade

A partir da geração da curvas de nível no SPRING e fazendo uso da ferramenta Modelo Numérico do Terreno (MNT), operações geração de grade retangular, declividade e fatiamento obtém-se a grade numérica contendo a declividade. A partir da grade foram criadas classes temáticas com intervalos utilizadas pela EMBRAPA, para classificação do relevo, os intervalos utilizados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Declividade e tipo de relevo utilizado no mapa de declividade

Declividade em porcentagem	Tipo de relevo
0-3 %	Suavemente ondulado
3-8 %	
8-20 %	Ondulado
20-30 %	Forte ondulado
30-45 %	

Baseado em Lemos e Santos (1972 *apud* COSTA, 2005).

2.6 carta de comprimento de rampa (L)

A carta foi gerado a partir das curvas de níveis com resolução de 5 metros, aplicação a equação (1) fazendo uso do programa computacional Linguagem Especial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL) contido no ambiente SPRING.

Onde:

$$L = [5 \cdot \cos^{-1}(\theta)]$$

(1)

θ => declividade em porcentagem

L => comprimento de rampa.

2.7 carta do fator topográfico (LS)

A carta do Fator Topográfico (LS) foi gerada a partir da obtenção das cartas de declividade e de comprimento de rampa, resolução de 5 metros, aplicando a equação (2) com a programação LEGAL.

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

(2)

Onde,

C=> comprimento de rampa (m)

D=> grau de declividade (%)

2.8 interpretação das imagens de satélite

Em virtude da escassez de uma carta de solo, compatível com a escala de análise da pesquisa, fez-se necessário a utilização de métodos de interpretação de imagens de satélite e levantamentos de campo para determinação da carta de solos. Para tanto foi utilizado imagens do satélite LANDSAT7, sensor ETM+, bandas 3R, 4G, 5B composição colorida, visualizadas no software SPRING versão 4.3.3.

O resultado final da interpretação de imagens de satélite e trabalho de campo foi a elaboração da carta de solos, com as seguintes classes de solo: Latossolo, solo litólico e solo de aluviões.

2.7 carta de erosividade

Para obtenção da carta de erosividade foi empregada a equação (3) proposta por Lombardi e Moldenhauer (1981 *apud* BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999), utilizando os dados de precipitação; médias mensais e anuais com interpolações pelo método de triangulação disponível no SPRING, com média de 54 anos de observação e cedidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio grande do Norte/EMPARN Tabela 2.

$$R = 68,86 \cdot \left(\frac{r^2}{P} \right)^{0,85}$$

Onde,

r = precipitação média mensal (mm)

P = precipitação média anual em (mm)

Tabela 2. Postos climatológicos e erosividade da chuva utilizados no trabalho

Posto	X	Y	Erosividade	Anos de observações
Itaú	611906648382.0	9354076041635.0	1618.4	85
Apodi	626279898292.0	9377805867289.0	1401.9	61
Malhada	620475316597.0	9360008498048.0	1812.9	84
Tabuleiro Grande	603890797470.0	9342625021115.0	1626.7	73
Riacho da Cruz	615914573837.0	9345936159579.0	1700.9	58
Rodolfo Fernandes	603155799800.0	93.596.243.687.0	1116.5	1
Média			1546.2	54

2.8 carta do potencial natural a erosão (PNE)

Conforme cartas obtidas anteriormente; Erosividade, Erodibilidade e Fator Topográfico, e fazendo uso da programação em LEGAL, obteve-se o mapa de Potencial Natural à Erosão (PNE).

3 Resultados e Discussão

Os resultados obtidos compreendem as cartas de solos, erosividade da chuva (energia cinética da chuva capaz de mobilizar a massa do solo, comprimento de vertente, declividade, fator topográfico (junção da carta de comprimento de vertente e declividade) e a carta final, resultado do cruzamento das demais cartas, que espacializa na microbacia a vulnerabilidade potencial a perda de solo.

A elaboração da carta de solos, através do método de chaves de interpretação identificou três classes de solo: Latossolo com 49.6 Km² representando 22.3% da área total, Aluviões com 16.7 Km² representando 22.3% e litólico com 156.5 Km² representando 70.2% da área de estudo. Os pesos usados na confecção do mapa erodibilidade foram atribuídos conforme dados encontrados por: Bertoni e Lombardi Neto 1985 Bueno 1994 e Pinto (1995 *apud* COSTA, 2005), desse modo a aferição dos reais valores só poderão ser verificados com trabalhos de campo e laboratório específicos para a área de estudo.

Os valores de erodibilidade atribuídos foram: solo litólico (0,50), latossolo vermelho amarelo (0,13) e hidromórfico (Aluviões) (0,11). Em virtude da falta de dados referente aos solos de aluviões foram atribuídos os valores do solo hidromórfico, por serem os mais próximos encontrados.

A erosividade da chuva apresentou-se bastante concentrada em dois meses do ano março e abril, já a distribuição espacial da energia cinética da chuva demonstrou que os maiores valores se localizam na desembocadura da microbacia.

Tomando como base a classificação de Beltrame (1994) na Tabela 3 observamos que entre os meses de março e abril a erosividade é excessiva, janeiro, fevereiro, maio e junho tem erosividade média e o restante dos meses a erosividade é débil.

Tabela 3. Classificação dos índices erosivos

Índice (MJ/t/há.mm/h)	Qualificação
< 599.4	erosividade débil
599.4 a 675.48	erosividade média
675.49 a 751.91	erosividade forte
751.92 a 828.33	erosividade muito forte
> 828.33	erosividade excessiva

Modificada de Beltrame (1994).

A elaboração da carta de fator topográfico compreendeu a parte mais demorada do estudo, uma vez que foi necessário a confecção de uma equação compatível com a configuração do LEGAL, que conseguisse medir através das curvas de nível o comprimento de vertente e relaciona-lo com a declividade. Os valores obtidos demonstram que o método de geração no LEGAL, pode ser perfeitamente empregado para o cálculo desse fator.

Os dados do PNE, visualizados na Tabela 4 e Figura 2 demonstrando que mais da metade da Microbacia (66,7%) apresenta suscetibilidade natural à erosão maior que 100 t.ha⁻¹ano⁻¹. Esse valor está contido, principalmente, nas áreas compreendidas pelos solos litólicos, justamente onde os solos são mais rasos aumentando a suscetibilidade de instalação dos processos de desertificação.

As áreas de latossolo e solos de aluviões apresentaram os menores valores de perda de solo por erosão. Esse resultado pode ser explicado pelo fato do latossolo apresentar uma maior permeabilidade o que faz diminuir o escoamento superficial. As aluviões encontram-se

nas partes de baixadas (fundo de vales) com menores declividades e menores comprimentos de rampa. De modo geral as áreas compreendidas por esse tipo de são áreas receptoras de sedimentos provindo das encostas (Figura 2).

Tabela 4. Valores de perda de solo ($\text{Km}^2 \cdot \text{ano}^{-1}$)

Perda de solo (t/ha./ano)	Área (Km^2)	Porcentagem (%)
<-10	7,0	3,2
10-20	21,9	9,9
20-30	17,6	8,0
30-40	9,0	4,1
40-50	4,9	2,2
50-60	5,1	2,3
60-70	2,8	1,3
70-80	2,9	1,3
80-90	1,6	0,7
90-100	0,8	0,4
>100	147,4	66,7
Total	221,0	100%

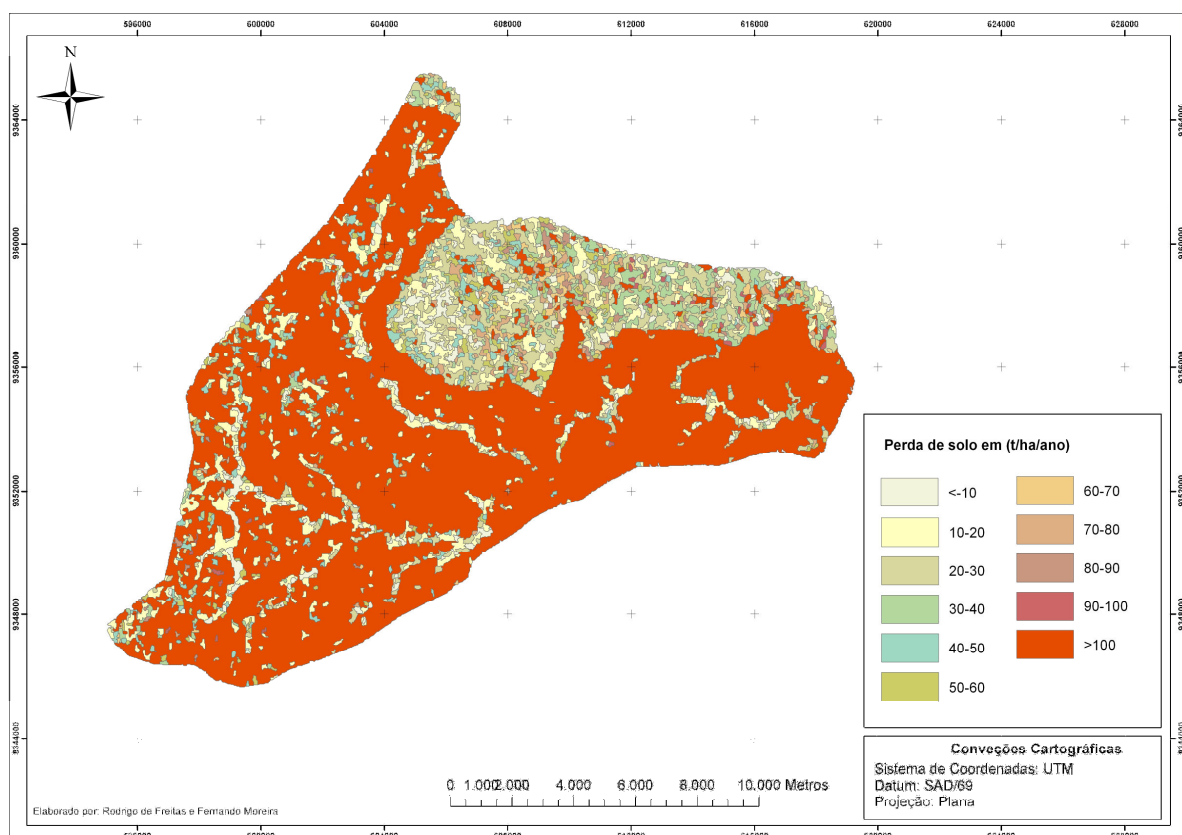


Figura 2. Mapa do Potencial Natural à Erosão do solo na Microbacia Riacho Passagem.

4 Considerações Finais

Conforme descrição do meio físico, uso do solo e comportamento do potencial natural à erosão, a Microbacia Riacho Passagem apresenta uma alta suscetibilidade à perda de solo. Sendo a variável mais importante para esse resultado a erodibilidade do solo. Essa alta vulnerabilidade representa alteração no ciclo hidrológico, diminuição da profundidade do solo ocasionando maiores restrições ao povoamento de vegetais que necessitam de solos mais profundos, podendo levar o ambiente a desertificação.

Um outro fator que depende diretamente da erosão é o assoreamento e armazenamento de água nos açudes da região que constituem a principal fonte de abastecimento de água para os mais diversos usos na Microbacia.

Quanto o processo de modelagem, conforme a metodologia do paradigma dos quatro universos proposto por Câmara (1995), para transformar as informações contidas no mundo real para o mundo computacional onde elas podem ser manipuladas a fim de se compreender como funciona da dinâmica dos processos naturais se mostrou extremamente relevante para aprofundamento da busca por explicação na complexidade de transformação dos processos naturais diante dos usos propostos pelo homem. O SIG utilizado, software SPRING, apresentou-se satisfatório para o desenvolvimento de todo o trabalho, principalmente no processo de aplicação das equações presentes na metodologia utilizada, que foram feitas na interfase LEGAL.

Referências

BELTRAME, Angela de Veiga. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Santa Catarina: UFSC, 1994. 111 p.

BERTONI J.; LOMBARDI Neto. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999. 355 p.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, Miguel A.; MEDEIROS J. S. Representações computacionais do espaço: fundamentos epistemológicos da ciência da geoinformação. **Revista Geografia (UNESP)**, Rio Claro, v. 28, p. 83-96, jan./abr. 2003.

CÂMARA, Gilberto. **Modelos, linguagens e arquiteturas para bancos de dados geográficos**. 1995. 241 f. (Tese de Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Computação Aplicada do INPE, São José dos Campus/SP, 1995.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Relevo brasileiro. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpem.embrapa.br>. Acesso em: 22 set. 2007.

SPRING versão 4.3.3. São José dos Campus/SP: **Instituto Nacional de Pesquisas espaciais**, 2007. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring>> Acesso em 06 ago. 2007.