



ANÁLISE ESPACIAL DO POTENCIAL NATURAL DE EROSÃO DOS SOLOS NO ESTADO DA PARAÍBA

Bernardo Starling Dorta do Amaral¹; Richarde Marques da Silva²; Alexandre Medeiros Silva³ & Celso Augusto Guimarães Santos⁴

RESUMO – Diante da necessidade de estudos que avaliem a suscetibilidade da erosão dos solos, este trabalho tem por objetivo analisar o potencial natural de erosão dos solos no Estado da Paraíba. Para tanto, a equação do Potencial Natural de Erosão (PNE) foi acoplada a um Sistema de Informação Geográfica – SIG, utilizando os fatores de erosividade da chuva, erodibilidade dos solos, e topográfico. Os resultados do PNE variaram de 0 a 60 t/ha.ano. Os resultados mostram ainda que a porção oeste do estado apresentou o maior potencial de erosão, e o menor potencial ocorreu na porção central do estado. O estudo mostrou ainda que o Estado da Paraíba, em geral, apresentou moderado grau de susceptibilidade à erosão, segundo a classificação utilizada para analisar a perda de solo.

ABSTRACT – In face of the need for studies to assess the susceptibility of soil erosion, this study aims to analyze the natural potential of soil erosion in the Paraíba state. Therefore, the equation of natural potential of erosion (NPE) was coupled to a geographic information system – GIS, using the factors of rainfall erosivity, soil erodibility, and topography. The results of the NPE ranged from 0 to 60 t/ha.year. The results also show that the western portion of the state had the highest erosion potential and the lowest potential occurred in the central portion of the state. The study also showed that the Paraíba state, in general, showed moderate erosion susceptibility, according to the classification used to analyze the soil loss.

Palavras-Chave – Erosão. Erodibilidade do Solo. Paraíba.

1. INTRODUÇÃO

A intensificação das práticas agrícolas e da expansão urbana têm acelerado os processos erosivos. Dessa forma, há uma necessidade de estudos que estimem e analisem perdas de solo por erosão mediante o uso de modelos empíricos de perdas de solo aliados a Sistemas de Informações Geográficas e Sensoriamento Remoto (Silva et al., 2010). A erosão dos solos é um dos principais problemas ambientais em todo o mundo, que afetam a capacidade produtiva de áreas agrícolas e da contaminação e assoreamento de cursos d'água superficiais. Este fenômeno consiste no desprendimento, transporte e deposição de partículas de solo. Apesar de ser um processo natural, a

1) Universidade Federal da Paraíba/Centro de Ciências Exatas e da Natureza/Departamento de Geociências: bernardostarling_@hotmail.com

2) Universidade Federal da Paraíba/Centro de Ciências Exatas e da Natureza/Departamento de Geociências: richarde@geociencias.ufpb.br

3) Universidade Federal da Paraíba/Programa de Pós-Graduação em Geografia: medeiros_alexandro@hotmail.com

4) Universidade Federal da Paraíba/Centro de Tecnologia/Departamento de Engenharia Civil e Ambiental: celso@ct.ufpb.br

erosão pode ser intensificada em função das atividades antrópicas desenvolvidas em determinada área (Braga et al., 2013).

O problema da erosão dos solos no Brasil é mais acentuado, devido ao fato do rápido crescimento populacional nas últimas décadas no Brasil, acompanhado pela expansão urbana e das atividades agroindustriais, que tem provocado sérios danos ambientais, sobretudo nas alterações no uso e ocupação do solo.

Existem diversos modelos e equações matemáticas para simular as perdas de solo. Dentre as técnicas mais utilizadas está o uso da Equação Universal de Perdas de Solo (ou USLE – Universal Soil Loss Equation), desenvolvida por Wischmeier e Smith (1968).

Buscando entender melhor como se dá o processo de perda de solos na Paraíba, o presente trabalho tem por objetivo avaliar o uso de técnicas de modelagem associada à aplicação da USLE para todo o Estado da Paraíba. Existem vários trabalhos que usam a USLE para escalas de bacias hidrográficas, mas nenhum deles para todo o Estado da Paraíba, em virtude do problema do levantamento de dados de erodibilidade do solo. Nesse sentido, este estudo traz como contribuição o levantamento e a espacialização de um banco de dados de erodibilidade dos solos para o Estado da Paraíba, que podem ser utilizados por outros estudos de modelagem de erosão dos solos.

Nesse sentido, Martin Neto, Vaz e Crestana (2007) afirmam que, devido a importância da erosão dos solos era estudada principalmente com o enfoque na produção agrícola, uma vez que o fenômeno erosivo causa sérios danos à produtividade agrícola. Todavia, mais recentemente as preocupações têm sido direcionadas aos problemas ambientais relacionados aos processos erosivos, como perda de solo, degradação de qualidade de corpos hídricos, transporte e deposição de sedimentos. Assim, este trabalho tem por objetivo analisar o potencial natural de erosão dos solos no Estado da Paraíba.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

O Estado da Paraíba possui a quinta menor extensão territorial diante das demais unidades da federação, equivalendo a uma superfície de 56.439,84 km², e correspondendo a 3,63% da área da região nordeste, segundo o relatório final da Agência Executiva das Águas do Estado da Paraíba (AES). A Paraíba está situada entre as latitudes 06°00'11" e 08°19'54" Sul, e as longitudes de 34°45'50" E 38°47'58" Oeste. A Paraíba limita-se ao norte com o Estado do Rio Grande do Norte; a leste, com o Oceano Atlântico; a oeste, com o Estado do Ceará; e ao sul, com o Estado de Pernambuco. O Estado da Paraíba, por sua localização dentro da faixa equatorial, é submetido à

incidência de alta radiação solar com um grande número de horas de insolação. Essa condição determina um clima quente, temperatura média anual de 26°C.

Baseado na distribuição da temperatura e da pluviosidade, associadas às características geográficas, Mendonça e Danni-Oliveira (2007) apresentam os cinco grandes compartimentos climáticos do Brasil. Para o estado da Paraíba pode-se observar que apresenta dois Macrotipos Climáticos, Clima Tropical Litorâneo do Nordeste oriental, 3b, com 3 a 5 meses secos para a porção oriental do estado, e o Clima Tropical Equatorial, 2d, com 9 a 11 meses secos para a porção ocidental do estado.

2.2 O Potencial Natural de Erosão

Neste estudo, o Potencial Natural de Erosão foi obtido utilizando a Equação 1.

$$A = R \times K \times LS \quad (1)$$

sendo A = potencial natural de erosão (t/ha.ano), R = erosividade da chuva (MJ.mm/ha.h.ano), K = erodibilidade do solo (t.ha.h/ha/MJ/mm), e LS = o fator topográfico (%).

2.2.1 Determinação da erosividade da chuva

A determinação do fator de erosividade (Fator R), para o Estado da Paraíba foi realizada com base nas equações de Silva (2009) (Equação 2) para o interior do estado, e Leprun (1981) (equação 3) para a área litorânea, apresentadas por Silva (2004), que realizou testes para todo o território nacional, identificando qual método aparentou ser mais coerente para cada local a partir da precipitação.

$$Rx = 42.307 * \left(\frac{Mx^2}{P} \right) + 69.76 \quad (2)$$

$$Rx = 0.13 * (Mx^{1.24}) \quad (3)$$

sendo: Rx = fator de erosividade da chuva (MJ.mm/ha.h.ano); Mx = precipitação mensal (mm); P = precipitação média anual.

Para a estimativa do Fator R foram utilizados dados diários da precipitação obtidos dos postos pluviométricos da AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, para o período de 1962 a 2001, como mostra a Figura 1.

Para analisar a distribuição espacial da erosividade da chuva no Estado da Paraíba, os dados de precipitação foram organizados em formato de banco de dados em ambiente SIG, e em seguida foi aplicado o método de interpolação de Krigagem.

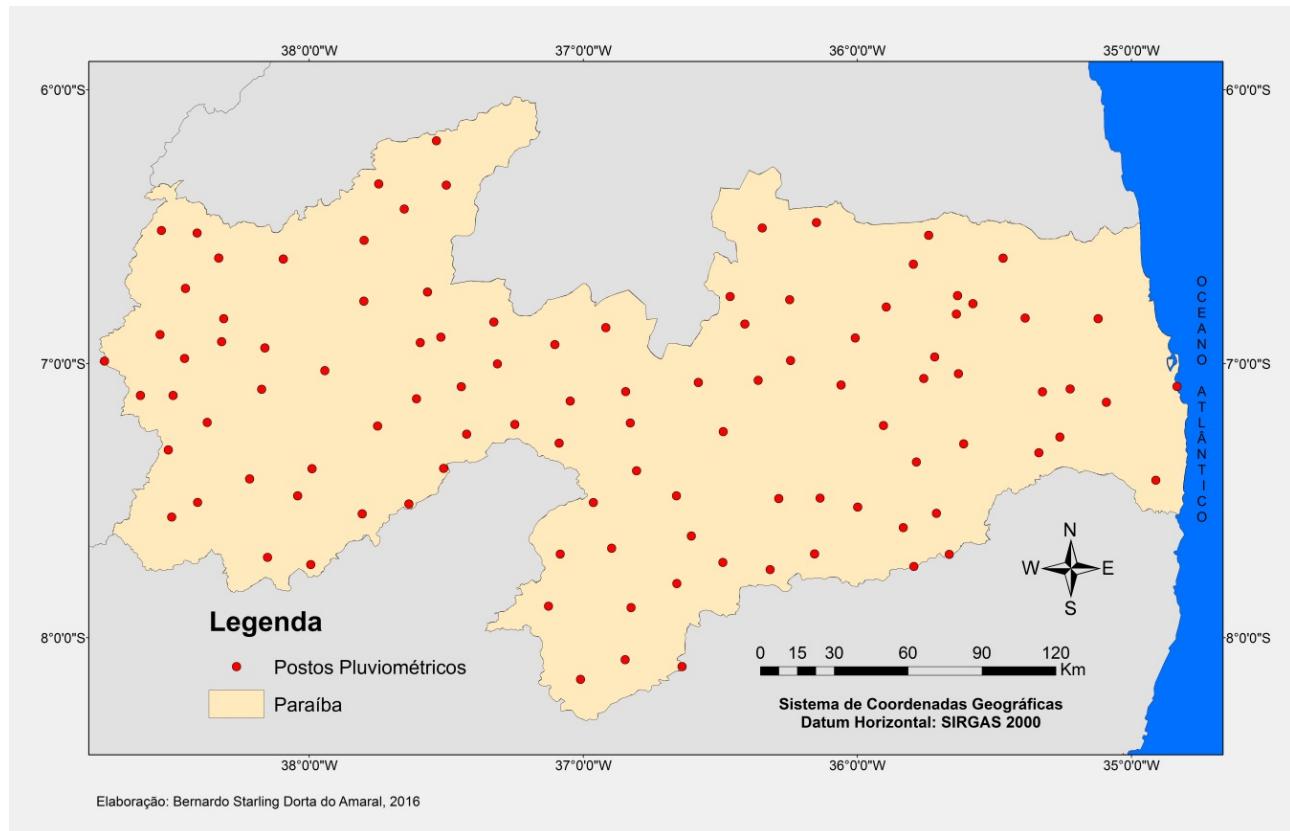


Figura 1 - Distribuição espacial dos postos pluviométricos no Estado da Paraíba.

2.2.2 Determinação da erodibilidade dos solos

Para a obtenção dos valores de erodibilidade (Fator K) foram utilizados dados da análise de solos realizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) no Estado da Paraíba, obtida em seu banco dados. A partir dos dados de solos foi aplicada a metodologia proposta por Williams (1975) para o cálculo de erodibilidade do solo (Fator K) da Equação Universal de Perdas de Solo, através da equação:

$$K = f_{csand} \times f_{cl-si} \times f_{orgc} \times f_{hisand} \quad (4)$$

onde: f_{csand} é o parâmetro com índices de areia grossa, f_{cl-si} é o parâmetro com taxa de silte e argila, f_{orgc} é o parâmetro com teores de carbono orgânico e f_{hisand} é o parâmetro com teores de areia. Os parâmetros utilizados para o cálculo do Fator K foram calculados através das equações:

$$f_{csand} = \left\{ 0,2 + 0,3 \times \exp \left[-0,256 \times m_s \times \left(1 - \frac{m_{silt}}{100} \right) \right] \right\} \quad (5)$$

$$f_{cl-si} = \left(\frac{m_{silt}}{m_c + m_{silt}} \right)^{0,3} \quad (6)$$

$$f_{orgc} = \left[1 - \frac{0,25 \times orgC}{orgC + \exp(3,72 - 2,95 \times orgC)} \right] \quad (7)$$

$$f_{hisand} = \left\{ 1 - \frac{0,7 \times \left(1 - \frac{m_s}{100} \right)}{\left(1 - \frac{m_s}{100} \right) + \exp[-5,51 + 22,9 \times \left(1 - \frac{m_s}{100} \right)]} \right\} \quad (8)$$

onde: m_s é o percentual de areia, m_{silt} é o percentual de silte, m_c é o percentual de argila e $orgC$ é o percentual de carbono orgânico contido no horizonte.

A partir do cálculo do Fator K foi criado um banco de dados, juntamente com o mapa de tipo de solos da Paraíba (Figura 2) obtido na EMBRAPA, no qual foi atribuído para cada um dos solos existentes os valores obtidos do Fator K. Em seguida foi criado um mapa de tipos de solos com os respectivos valores do Fator K atribuídos a cada um dos solos.

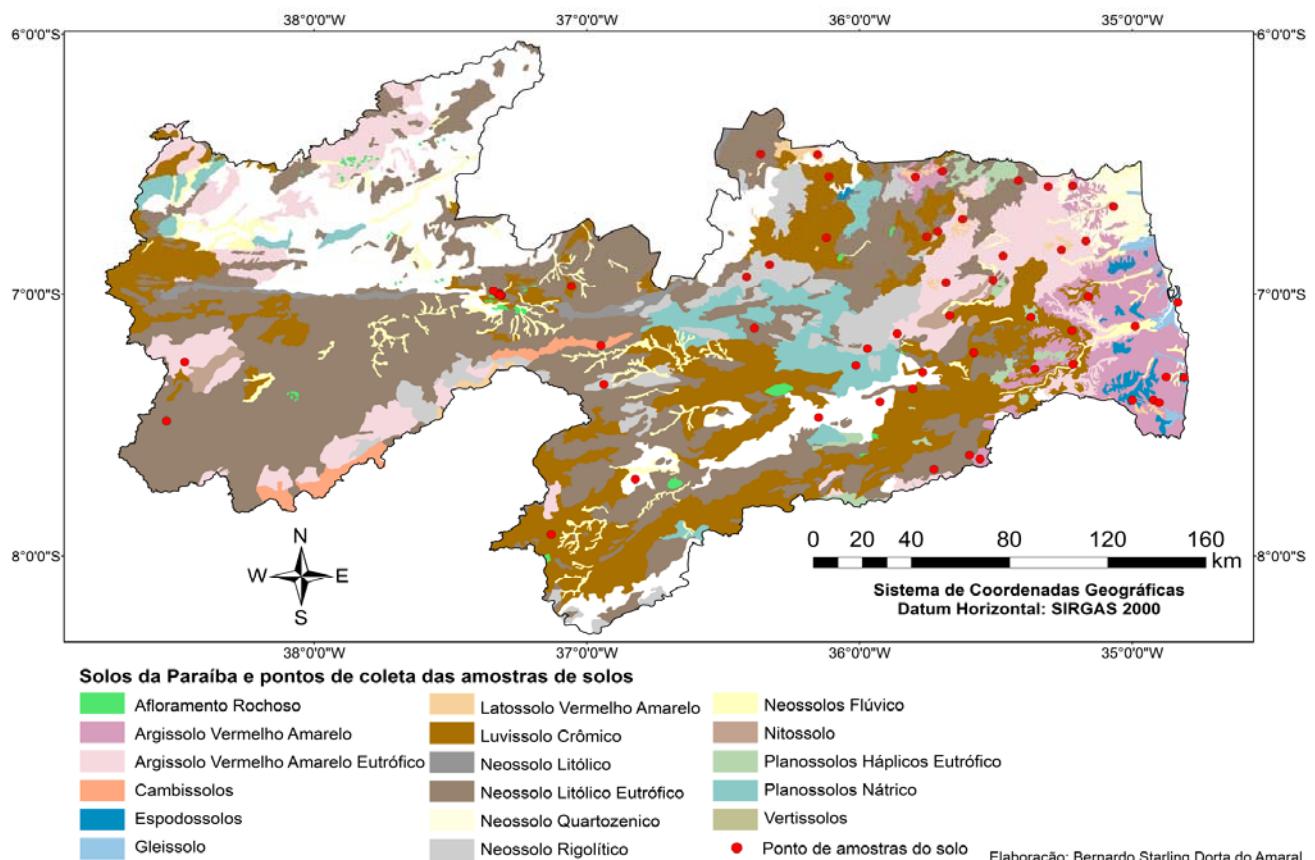


Figura 2 - Mapa dos tipos de solos do Estado da Paraíba e pontos de amostragem dos solos

2.2.3 Determinação do fator LS

Para a determinação do fator topográfico (Fator LS) foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) para o Estado da Paraíba, com a resolução espacial de 30 metros, que foi obtido junto ao Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, pertencente ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata>.

O Fator LS foi estimado a partir da equação 10, visto que foi a da metodologia que melhor se adequou para área de estudo. Autores como campos e Cardoso (2004) utilizaram a mesma metodologia mostrando ser uma equação que se adequou a grandes áreas de estudo.

$$LS = 0,00984 \times C^{0,63} \times D^{1,18} \quad (9)$$

sendo C é o comprimento de rampa e D é a declividade em graus.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Variabilidade espacial do Potencial Natural de Erosão

A Figura 3 mostra a espacialização do fator de erosividade da chuva (Fator R) da USLE no Estado da Paraíba. Os valores do Fator R variaram entre 759,21 e 7.714,73 MJ.mm/ha.h.ano, com valor médio de 4.236,97 MJ.mm/ha.h.ano. As áreas com maiores índices de erosividade encontram-se na porção oeste do estado por ter maior susceptibilidade de erosão do solo com a chuva. Os menores índices se encontram na faixa litorânea, porção leste do estado, onde apresenta menor susceptibilidade a perda de solo através da chuva.

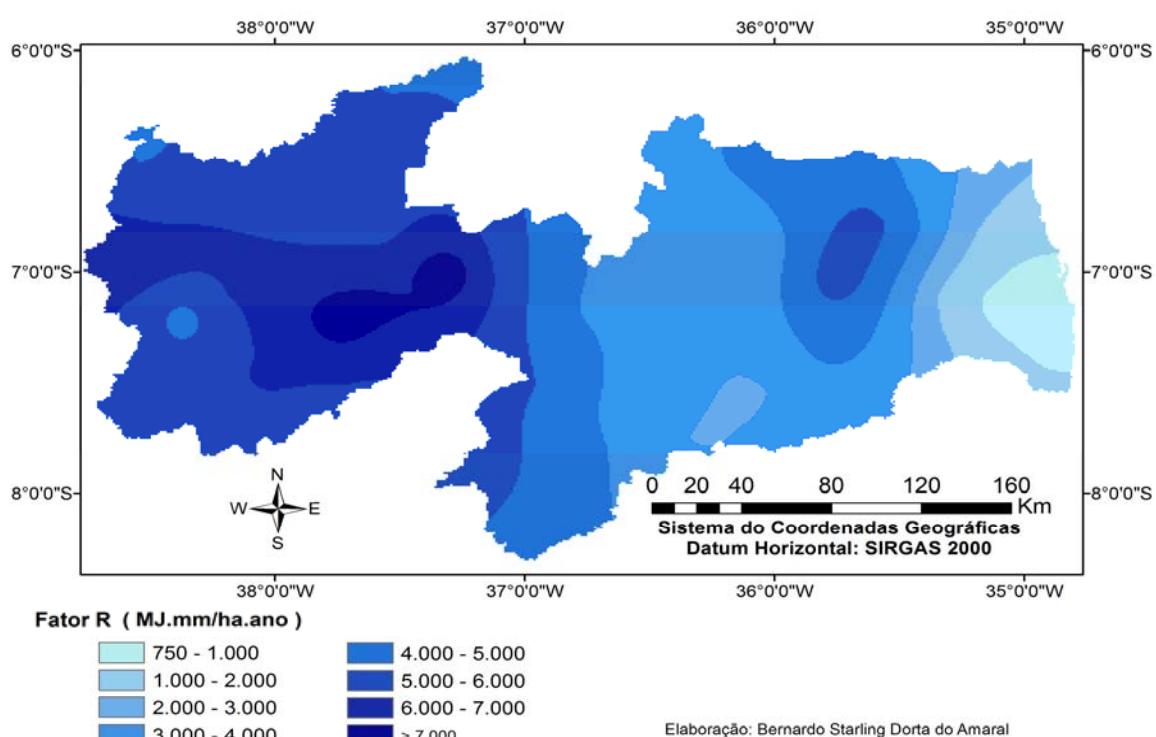


Figura 3 - Espacialização da erosividade das chuvas para o Estado da Paraíba de 1962 -2001.

3.2 Fator de Erodibilidade dos solos

A Figura 4 apresenta os tipos de solos e a distribuição espacial do Fator K para cada tipo de solo no Estado da Paraíba. Os resultados obtidos mostram que os valores do Fator K variam de 0 para Afloramento Rochoso e 0,268 para Neossolo Quartzênico.

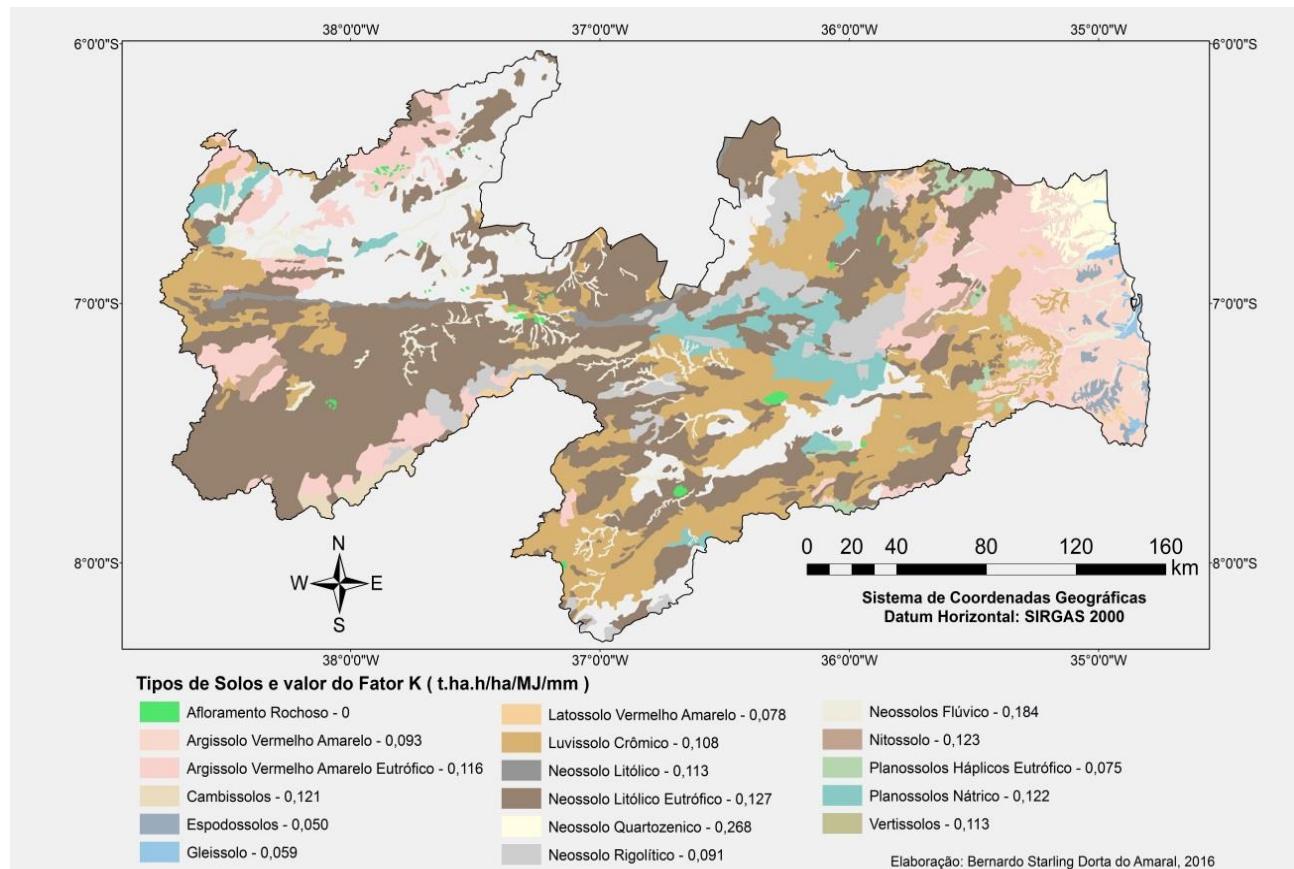


Figura 4 - Mapa de solos do Estado da Paraíba com os respectivos valores de erodibilidade dos solos.

A Tabela 3 apresenta os tipos de solo e a respectiva área no Estado da Paraíba, e o valor de erodibilidade de cada solo. Verifica-se que aproximadamente 75% do território paraibano é composto por apenas três tipos de solo, Neossolo Litólico Eutrófico (40,10%), Luvissolo Crômico (23,22%) e Argissolo Vermelho Eutrófico (11,61%).

3.3 Fator topográfico

A Figura 5 mostra a espacialização do Fator LS para o Estado da Paraíba. A Tabela 4 apresenta os valores do Fator LS separados em classes segundo a classificação proposta pela EMBRAPA (1979).

Para o Estado da Paraíba foi utilizada a classificação de declividade proposta da Embrapa, onde foram utilizadas quatro classes, Plano de 0–3; Suave ondulado de 3–8; Ondulado de 8–20; Forte

ondulado de 20–45. Os resultados mostram que o estado apresentou uma área de 3,66% para a classe considerada plana, 95,36% com Suave ondulado, 0,71% com Ondulado e 0,27% com Forte ondulado (Tabela 4).

Tabela 3 - Total da área de cada tipo de solo existente no Estado da Paraíba.

Tipos de Solos	Área (km ²)	%	Fator K (t.ha.h/ha/MJ/mm)
Afloramento Rochoso	170	0,36	0
Argissolo Vermelho Amarelo	2600	5,49	0,093
Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico	5500	11,61	0,116
Cambissolo	500	1,06	0,121
Espodossolos	320	0,68	0,050
Gleissolos	200	0,42	0,059
Latossolo Vermelho Amarelo	360	0,76	0,078
Luvissolo Crômico	11000	23,22	0,108
Neossolo Litólico	460	0,97	0,113
Neossolo Litólico Eutrófico	19000	40,10	0,127
Neossolo Quartzênico	660	1,39	0,268
Neossolo Rigolítico	2700	5,70	0,091
Neossolo Fluvico	1900	4,01	0,184
Nitossolo	330	0,70	0,123
Planossolos hápicos Eutrófico	480	1,01	0,075
Planossolos Nátrico	1200	2,53	0,122
Vertissolos	0	0,00	0,113

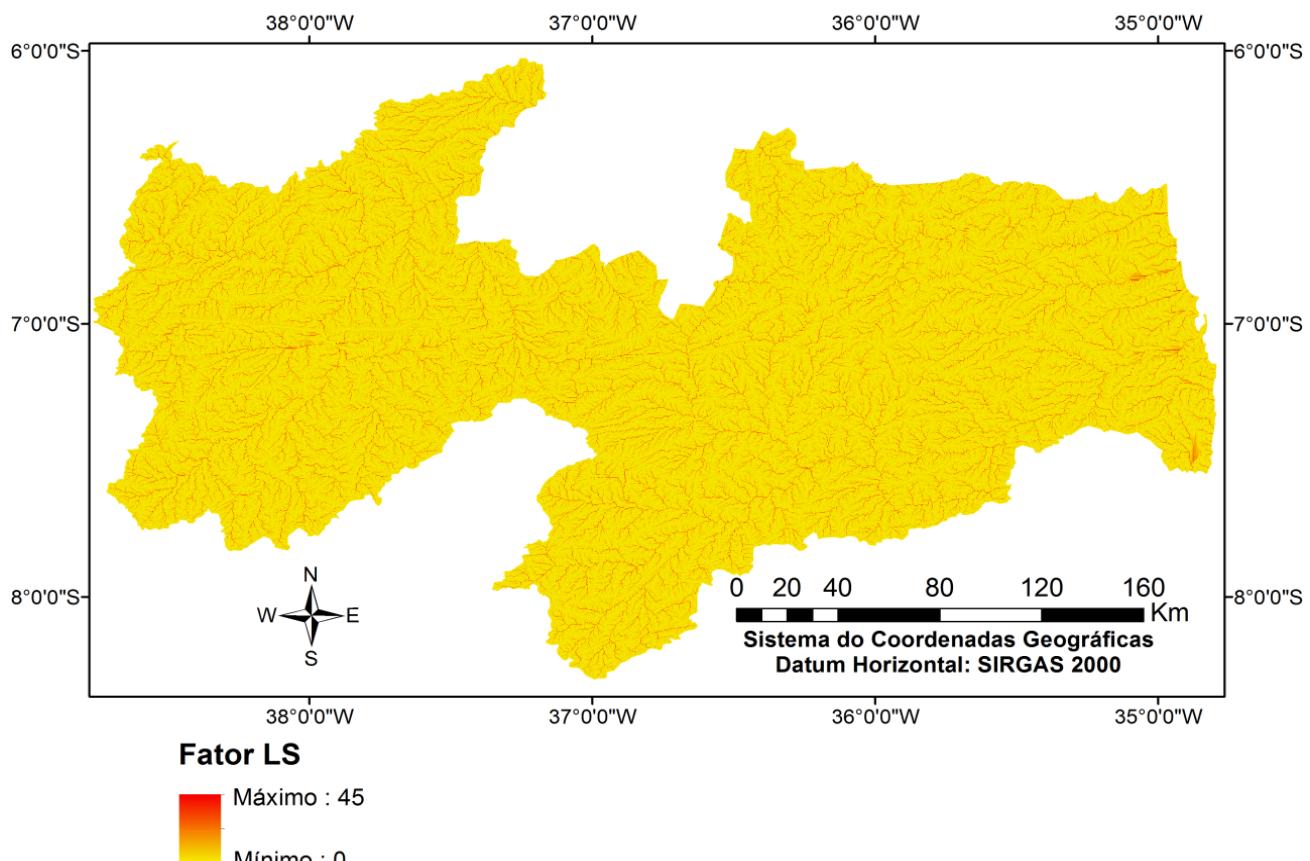


Figura 5 - Mapa do fator topográfico calculado para o Estado da Paraíba

Tabela 1: Área de cada classe de declividade para o Estado da Paraíba.

Classes	Fator LS (%)	Área	
		km ²	%
Plano	0 – 3	2.067,43	3,66
Suave ondulado	3 – 8	53.811,66	95,36
Ondulado	8 – 20	401,42	0,71
Forte ondulado	20 – 45	150,37	0,27

3.4 Espacialização das Perdas de Solo

A Figura 6 mostra a espacialização das perdas de solo para o Estado da Paraíba. A estimativa das perdas de solo foi distribuída em seis classes, variando de 0 – 10, 10 – 20, 20, – 30, 30 – 40 e maior que 50. Verificando a distribuição espacial das perdas de solo para o Estado da Paraíba, observa-se que a área onde pode ocorrer maior erosão do solo encontra-se no oeste do estado.

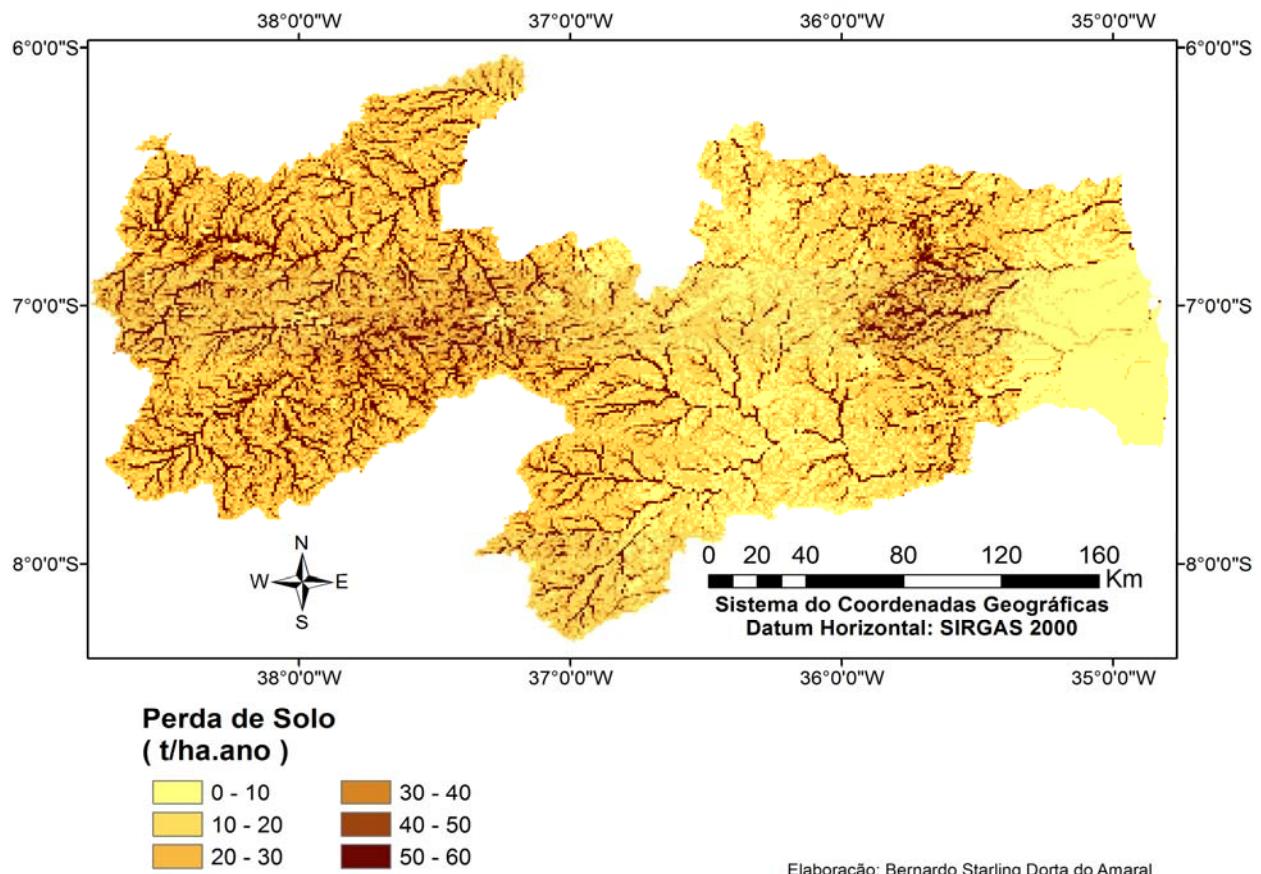


Figura 6 - Espacialização das perdas de solos para o Estado da Paraíba.

Esta região do estado apresenta solo do tipo Neossolo Litólico Eutrófico que possui um valor de erodibilidade de 0,127 t·ha·h/ha/MJ/mm, sendo o terceiro solo do estado com maior susceptibilidade à erosão. Essa área também apresenta o uso do solo do tipo caatinga e cerrado.

Ainda para a mesma área do estado o Fator R, erosividade das chuvas, apresenta os maiores índices para esta região, chegando ao valor máximo de 7741,73 MJ.mm/ha.h.ano. A área com menos perda de solo do estado ocorreu na faixa litorânea, visto que o fator de erosividade da chuva para região é baixo relacionado com as demais áreas.

4. CONCLUSÃO

O estudo mostrou que o Estado da Paraíba apresentou grau de susceptibilidade a erosão moderada mediante a USLE, segundo a classificação proposta por Galdino et al. (2003), uma vez que as classes variam de 0 a maior que 50, o estudo mostrou que os maiores valores de perdas de solo estão entre as classes de 30 – 40 e 40 – 50 t/ha.ano. Os resultados obtidos mostram uma grande influência do solo do tipo Neossolo Litólico Eutrófico e principalmente dos valores de erosividade da chuva que causam as maiores perdas de solo na região do oeste paraibano.

As geotecnologias, sobretudo, as técnicas de SIG permitiram analisar e obter resultados das perdas de solos de maneira satisfatória para o Estado da Paraíba. Mostrando que a topografia, uso do solo, tipos de solo e a erosividade das chuvas influenciam diretamente a produção de sedimentos. Sendo uma ferramenta eficaz para estudos do tipo, predizendo as perdas de solo média anual do Estado da Paraíba.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAGA, A. C. F. M.; SILVA, R. M.; SANTOS, C. A. G.; GALVÃO, C. O.; NOBRE, P. Downscaling of a global climate model for estimation of runoff, sediment yield and dam storage: A case study of Pirapama basin, Brazil. *Journal of Hydrology*, v. 498, n. 1, p. 46-58, 2013.
- LEPRUN, J. C. A erosão, a conservação e o manejo do solo no Nordeste Brasileiro. Recife: Ministério do Interior. SUDENE, Brasil, 1981.
- MARTIN NETO, L.; VAZ, M. P.; CRESTANA, S. Instrumentação avançada em ciência do solo. Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos- SP, 2007.
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, p. 206, 2007.
- SILVA, A. M da. Rainfall erosivity map for Brazil. *Catena*, v. 57, n. 2, p. 251-259, 2004.
- SILVA, R. M.; SILVA, L. P; MONTENEGRO, S. M. G.; SANTOS, C. A. G. Spatial analysis of vegetal cover and sediment yield in Tapacurá river catchment based on remote sensing and GIS. *Land Reclamation*, v. 42, n.1, p. 5-16, 2010.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. 1978. Predicting rainfall erosion losses. Admin. U.S. Department of Agriculture. Washington, Agriculture Handbook Science and Education 357, 58p.