

POTENCIAL NATURAL DE EROSÃO E LIMITE DE TOLERÂNCIA DE PERDAS DE SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE DO NAMORADO

KARINA BEZERRA DE QUEIROZ¹, GEORGE DO NASCIMENTO RIBEIRO²
PAULO ROBERTO MEGNA FRANCISCO³, VIVIANE FARIAS SILVA⁴, DJAIL SANTOS⁵

¹Eng. Biosistemas, Mestranda do Prof. Água, CDSA, UFCG, Sumé-PB, karinaemat@hotmail.com

²Eng. Agron. Dr. Prof., CDSA, UFCG, Sumé-PB, george@ufcg.edu.br

³Eng. Agrícola Dr., UFCG, Campina Grande-PB, paulomegna@gmail.com

⁴Eng. Agrícola Dra. Profa., PPGEGRN, UFCG, viviane.farias@professor.ufcg.edu.br

⁵Eng. Agron. Dr. Prof. Titular, CCA, UFPB, Areia-PB, santosdj@cca.ufpb.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
04 a 06 de outubro de 2022

RESUMO: Este trabalho estimou o limite de tolerância de perda de solo e o potencial natural de erosão aplicado para a bacia hidrográfica do açude Namorado utilizando técnicas de geoprocessamento e a linguagem algébrica do SPRING para a modelagem dos dados. Os resultados demonstraram que o limite de tolerância de perdas dos solos da classe muito alta ocorreram em 95,38% da bacia associada aos Luvisolos, Vertissolos, Planossolos, Neossolo Litólicos e Neossolos Flúvicos. O potencial natural de erosão da bacia a classe média variou entre 50 a 250 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ em 63,89% da área, influenciado pela declividade média em áreas de ocorrência dos Luvisolos.

PALAVRAS-CHAVE: Risco de erosão, erosão potencial, geoprocessamento.

NATURAL POTENTIAL OF EROSION AND TOLERANCE LIMIT OF LOSS OF SOIL IN A HYDROGRAPHIC BASIN OF NAMORADO DAM

ABSTRACT: This study evaluates the limit of tolerance of soil loss and the natural erosion potential applied to the hydrographic basin of Namorado dam using techniques of geoprocessing and algebraic language of SPRING for data modeling. The results showed that the tolerance of the losses of very high-class soils 95.38% occurred in the basin associated with Luvisols, Vertissols, Planosols, and Neosol Litólicos Fluvisols. The natural erosion potential of the basin in the middle class ranged from 50 to 250 Mg ha⁻¹ year⁻¹ in 63.89% of the area, influenced by the average slope in areas of occurrence of Luvisols.

KEYWORDS: Erosion risk, potential erosion, geoprocessing.

INTRODUÇÃO

Para Couto (2015), o fator K (erodibilidade) é considerado um dos mais significativos para a compreensão do fenômeno erosivo. Dentre as técnicas mais utilizadas para determinação indireta da erodibilidade dos solos, tem-se o fator K inserido na equação USLE (Denardin, 1990). Esta equação possibilita realizar a previsão de perdas e o reconhecimento dos agentes relevantes causadores da erosão (Wischmeier & Smith, 1978).

A erosividade da chuva (Fator R) está relacionada à sua intensidade, duração e frequência de ocorrência (Wischmeier & Smith, 1978). Este fator é afetado pelas propriedades intrínsecas do solo, como a textura, estabilidade de agregados, resistência ao cisalhamento, capacidade de infiltração de água e demais atributos químicos e orgânicos (Blanco & Lal, 2008; Morgan, 2005). Tendo em vista o solo ser responsável pela resistência à erosão, a erodibilidade depende em grande parte também da posição topográfica, declive (Fator S) e da perturbação durante o cultivo (Morgan, 2005).

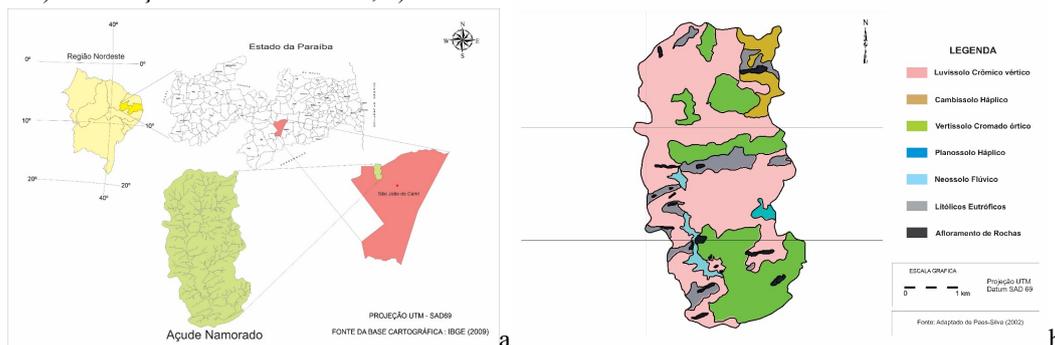
Por este trabalho objetiva-se estimar o limite de tolerância de perdas dos solos (LTP) da bacia Namorado, e o potencial natural de erosão (PNE) utilizando os Fatores K, R e S através do uso de técnicas de geoprocessamento.

MATERIAL E MÉTODOS

A área da bacia hidrográfica do açude Namorado apresenta 14,06 km² está situada no município de São João do Cariri-PB, tendo como coordenadas geográficas 7° 23' 30" de latitude S e 36° 31' 59" de longitude O, com altitude média de 458 m (Figura 1a).

O clima é o semiárido quente e a precipitação média anual no município é de 386,6mm, sendo, março a abril, os meses mais chuvosos, com temperatura máxima de 25°C e mínima de 21°C. De acordo com Paes-Silva et al. (2003), a vegetação representativa da área de estudo é composta por caatinga. Os solos predominantes são o Luvisolo Crômico vértico, o Vertissolo Cromado órtico e o Neossolo Lítico, e ocupando áreas menores o Cambissolo Háptico, Neossolo Flúvico, Planossolos Háptico e afloramentos de rocha associados à Neossolo Lítico (Chaves et al., 2002) (Figura 1b).

Figura 1. a) localização da área de estudo; b) Solos da área de estudo.



Fonte: Adaptado de IBGE (2009); Paes-Silva (2002).

Neste trabalho foi adotada a metodologia utilizada por Francisco e Chaves (2017), para a elaboração do mapa de declividade. O fator declividade (S) foi calculado pela equação ajustada por Bertoni e Lombardi Neto (1990) representada pela Equação 1.

$$LS = 0,00984 L^{0,63} \times S^{1,18} \text{ (Eq. 1)}$$

Onde: o comprimento de rampa (L) foi considerado igual à medida padrão de 25 metros.

Tabela 1. Classes de declividade

Classes de Declividade	Declive (%)	Classes de Risco	Fator S
Plano	0-3	Muito Baixo	<0,273
Suave Ondulado	3-6	Baixo	<0,619
Moderadamente Ondulado	6-12	Médio	<1,403
Ondulado	12-20	Alto	<2,564
Forte Ondulado/Montanhoso	>20	Muito Alto	>2,564

A erodibilidade dos solos (K) foi determinada pela equação proposta por Denardin (1990) e simplificada por Chaves et al. (2004) para os parâmetros, fator granulométrico M e permeabilidade do solo P. Na elaboração do mapa de erodibilidade foi criada uma planilha no Excel[®] em que cada polígono de solo da área de estudo, baseado nas informações contidas nos perfis representativos de BRASIL (1972) e PARAÍBA (1978), teve calculado sua erodibilidade para o solo dominante e atribuído um valor representativo e agrupados em cinco classes de erodibilidade definidas conforme Tabela 2.

Tabela 2. Classes de erodibilidade dos solos

Classes de Risco	Erodibilidade - Fator K (Mg mm MJ ⁻¹ ha ⁻¹)
Muito Baixa	<0,01
Baixa	0,01-0,02
Média	0,02-0,03
Alta	0,03-0,04
Muito Alta	>0,04

Na elaboração dos cálculos e do mapa de erosividade da chuva (R) utilizou-se o método da EI₃₀ (Equação 5), proposto por Lombardi Neto e Mondenhauer (1992). Os dados de precipitação

média mensal e anual acumuladas foram obtidos na Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AES/A) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

$$EI_{30} = 68,730 (r^2/P)^{0,841} \text{ (Eq.5)}$$

Em que: EI = média mensal do índice de erosividade ($MJ \text{ mm h}^{-1} \text{ ha}^{-1}$); r = precipitação média mensal (mm); e P = precipitação média anual (mm).

Tabela 3. Classes de erosividade da chuva

Classes de Risco	Erosividade - Fator R ($MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)
Muito Baixa	0-2000
Baixa	2000-4000
Média	4000-6000
Alta	6000-8000
Muito Alta	8000-10000

Para a elaboração do Potencial Natural de Erosão (PNE), foi estimado pelo produto dos parâmetros da Equação 6.

Erosividade da chuva (R) x Erodibilidade do solo (K) x Declividade (S) (Eq.6)

Para os cálculos foi utilizada uma planilha eletrônica e para a modelagem a linguagem de programação LEGAL, subprograma do SPRING, conforme Tabela 4.

Tabela 4. Parâmetros para estimativa do PNE e do LTP

Classes de Risco	Erosividade Fator R ($MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)	Erodibilidade Fator K ($Mg \text{ mm MJ}^{-1} \text{ ha}^{-1}$)	Declividade Fator S	PNE (R x K x S) ($Mg \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)	Limites Tolerância Perdas ($Mg \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)
Muito Baixa	0-2000	0,00-0,01	<0,273	0-5	0-3
Baixa	2000-4000	0,01-0,02	<0,619	5-50	3-6
Média	4000-6000	0,02-0,03	<1,403	50-250	6-9
Alta	6000-8000	0,03-0,04	<2,564	250-800	9-12
Muito Alta	8000-10000	0,04-0,05 ⁺	>2,564	> 800	>12

Para a elaboração do Limite de Tolerância de Perda (LTP) foi calculado pelo método de Smith e Stamey (1965), que preconiza uma taxa média anual de perdas (LTP) determinada pela razão entre a profundidade do solo, em milímetros (h), e o período de tempo de desgaste de 1.000 anos.

$$LTP = H \cdot r \cdot d \cdot 1000^{-1} \text{ (Eq.7)}$$

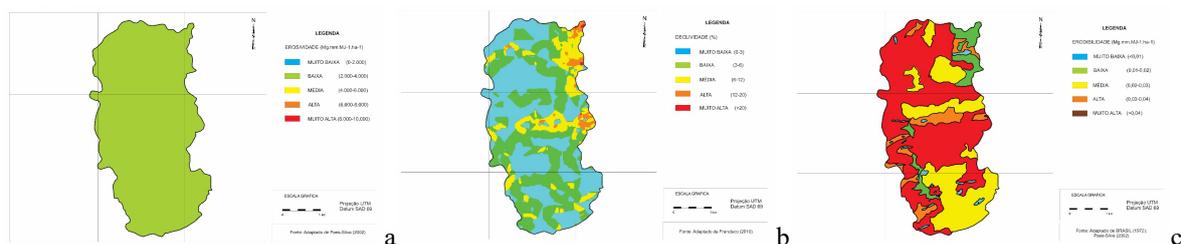
Sendo: H, profundidade efetiva limitada a 1 metro; r, o gradiente textural entre horizontes B e A, que se menor de 1,5, r igual a 1,0; entre 1,5 e 2,5, r igual a 0,75, e se maior que 2,5, r igual a 0,5; e d, a densidade do solo, estimada pela relação com o C orgânico ($DS = 1,660 - 0,318 (\%COT) 0,5$).

Para os cálculos foi utilizada uma planilha eletrônica e para a modelagem a linguagem de programação LEGAL subprograma do SPRING conforme a Tabela 4.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os valores de erosividade, observa-se que também apresenta baixos índices para os meses de menores valores de precipitação de setembro a dezembro, com valores de EI_{30} de 48,58 a 240,83 $MJ \text{ ha}^{-1} \text{ mm h}^{-1}$. Para os meses de fevereiro a maio apresenta o maior valor de 5.554,54 $MJ \text{ ha}^{-1} \text{ mm h}^{-1}$. Conforme a Figura 2a, no mapa de erosividade média anual da chuva, observa-se que a erosividade da chuva na bacia é totalmente da classe baixa, entre 2.000 a 4.000 $MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Figura 2. a) Erosividade média anual da chuva – Fator R; b) Declividade – Fator S; c) Erodibilidade dos solos – Fator K.



Conforme a Figura 2b, no mapa de declividade-Fator S, observa-se que a declividade da bacia é predominantemente pertencente a classe muito baixa (0 a 3%), e baixa (3 a 6%). Essas terras ocorrem de forma difusa em toda a bacia, que no conjunto, abrangem 85,35% da área com 12 km² (Tabela 5). Observa-se que a distribuição dessas áreas mais planas está associada, predominantemente, aos solos Luvisolos Crômicos órtico, que ocorrem nas áreas interiores, nos interflúvios das principais drenagens da bacia.

Confrontando-se o mapa do fator S de declividade (Figura 2b), com o mapa de solos (Figura 1b), observa-se que a distribuição das áreas mais planas, estão associadas às classes de solos com predominância para os Planossolo Nátrico e Luvisolo Crômico vértico.

Tabela 5. Áreas das classes de vulnerabilidade a desertificação

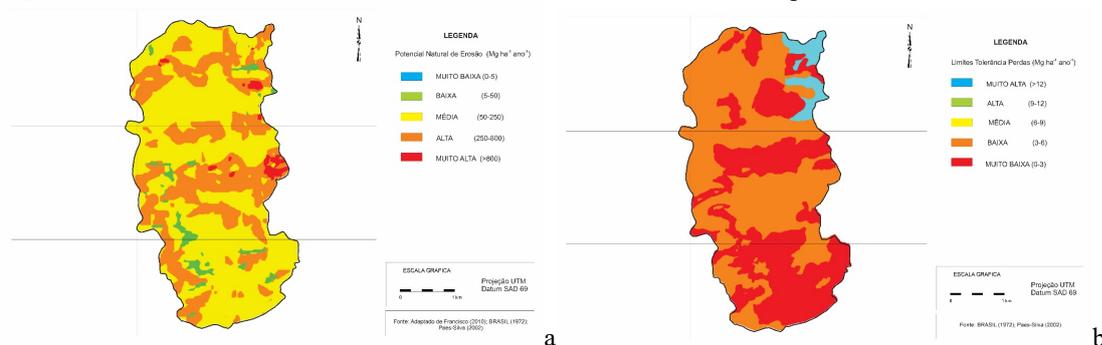
Classes de risco	Fator R		Fator K		Fator S		PNE		LTP	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Muito Baixa			0,23	1,64	6,920	49,218			5,275	37,518
Baixa	14,060	100	0,928	6,60	5,080	36,131	0,596	4,239	8,135	57,859
Média			3,892	27,68	1,771	12,596	8,983	63,890		
Alta			1,100	7,82	0,277	1,970	4,323	30,747		
Muito Alta			7,910	56,26	0,012	0,085	0,158	1,124	0,650	4,623
Total	14,060	100	14,060	100	14,060	100	14,060	100	14,060	100

As áreas mais declivosas da bacia das classes alta e muito alta se distribuem em áreas de encosta ao nordeste da bacia no terço superior. A classe média, normalmente ocorrendo associada à classe muito alta, representando áreas com declividades entre 6% e superiores a 20%, ocupam 2,05 km², representando 14,65% da área da bacia (Tabela 5).

Observa-se no mapa de erodibilidade do solo-Fator K (Figura 6), que apresenta erodibilidade muito alta em 56,26% da área com valores de 0,0436 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹ representado pelos Luvisolos. Na classe alta de erodibilidade representada pelos Neossolos Litólicos apresenta valores de 0,0355 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹ em 7,82% da área. Na classe média de erodibilidade com valores de 0,0262 a 0,0298 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹ estão representados pelos Vertissolos e Planossolos, respectivamente, com uma área de 3,892 km² em 27,68% da bacia. As classes de erodibilidade baixa, com valores inferiores a 0,0198 e 0,0192 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹ representada pelo Cambissolo e pelo Neossolo Flúvico, respectivamente, em 0,928 km² em 6,60% da área.

No mapa de potencial natural de erosão da bacia (PNE) (Figura 3a), pode-se observar que a classe média que varia entre 50 a 250 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ encontra-se em 63,89% da área total da bacia, e da classe baixa para 4,24% das suas terras entre 0 a 5 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Resultado este influenciado pela classe de declividade média ocorrendo em áreas de declividade baixa e média sob os Luvisolos e Neossolos Flúvicos. De acordo com Francisco et al. (2019), o baixo potencial erosivo das chuvas (fator R) e o relevo mais plano (fator S) da bacia vêm neutralizar um maior potencial de erosão (PNE).

Figura 3. a) Potencial natural à erosão – PNE; b) Limites de tolerância às perdas - LTP.



Para a classe alta de potencial natural de erosão observa-se 4,28% da área da bacia que varia entre 250 a 800 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ localizada por toda a bacia ocorrendo em Neossolos Litólicos. Já a classe muito alta representa somente 1,12% da bacia ocorrem em áreas de maior declividade da bacia. Resultado este influenciado pela média erosividade da chuva e pela declividade do terreno, devido estar localizado em áreas de maior elevação do terreno.

Observa-se no mapa de limite de tolerância de perdas dos solos (LTP) (Figura 3b) que a classe, muita baixa compreende 37,51% da área da bacia, a área da classe baixa compreende 57,85% totalizando 13,42 km² do total (95,38%) que ocorre por toda a bacia nos Luvisolos, Vertissolos, Planossolos, Neossolo Litólicos e Neossolos Flúvicos. A classe muito alta de limite de tolerância de perdas dos solos está associada ao Cambissolo com profundidade efetiva de 1 m, maior que os demais solos da bacia e ocorre em somente 4,62% (0,65 km²) ao nordeste da bacia nas nascentes. As classes de limite de tolerância de perdas média e alta não ocorrem na área. A tolerância de perda de solo segue a ordem do Planossolo > Vertissolo > Neossolo Flúvico > Neossolo Litólico > Luvisolo > Cambissolo.

CONCLUSÃO

Os resultados retrataram com razoável fidelidade ao estado atual das terras da bacia e demonstraram que o limite de tolerância de perdas dos solos da classe muito alta ocorreram em 95,38% da bacia associada aos Luvisolos, Vertissolos, Planossolos, Neossolo Litólicos e Neossolos Flúvicos.

O potencial natural de erosão da bacia a classe média variou entre 50 a 250 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ em 63,89% da área, influenciado pela declividade média em áreas de ocorrência dos Luvisolos.

REFERÊNCIAS

- Blanco, H.; Lal, R. Principles of soil conservation and management. New York: Springer, 2008.
- Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. Conservação do solo. Piracicaba, SP, LivroCeres, 1990. 132p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento Exploratório e de Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro. Convênio MA/CONTA/USAID/BRASIL, 1972. (Boletins DPFS-EPE-MA, 15 - Pedologia, 8).
- Chaves, I. De B.; Slack, D. C.; Guertin, D. P.; Lopes, V. L. Estimativa da erodibilidade e sua relação com outros atributos dos solos do Estado da Paraíba. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 15, 2004, Santa Maria. Anais...Santa Maria, 2004.
- Chaves, L. H. G.; Chaves, I. B.; Vasconcelos, A. C. F. Salinidade das águas superficiais e suas relações com a natureza dos solos na bacia escola do açude Namorado e diagnóstico do uso e degradação das terras. Campina Grande, 2002, 114p. (Relatório Técnico).
- Couto, B. O. C. Análise de erodibilidade em taludes com horizontes resistentes e suscetíveis aos processos erosivos. 124f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia). Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2015.
- Denardin, J. E. Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos. Piracicaba. 114f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. 1990.
- Francisco, P. R. M.; Chaves, I. de B. Modelo para estimativa da vulnerabilidade à desertificação. Revista Educação Agrícola Superior, v.32, n.2, p.37-50, 2017.
- Francisco, P. R. M.; Chaves, I. de B.; Moraes Neto, J. M. de; Lima, V. L. A. de; Barreto, H. T. S. Erodibilidade dos solos da bacia hidrográfica do alto rio Paraíba. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 6, 2019, Palmas. Anais...Palmas, 2019.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 março de 2011.
- Lombardi Neto, F.; Moldenhauer, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). Bragantia, v.51, p.189-196, 1992.
- Morgan, R. P. C. Soil erosion and conservation. 3. ed. Londres: Blackwell Science, 2005. 304p.
- Paes-Silva, A. P. Cobertura vegetal da bacia hidrográfica do açude Namorado no Cariri paraibano. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2002.
- PARAÍBA. Governo do Estado. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. CEPA-PB. Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba. Relatório ZAP-B-D-2146/1. UFPB-EletronConsult Ltda., 1978. 448p.
- Smith, R.M.; Stamey, W. L. Determining the range of tolerable erosion. Soil Science, v.100, p.414-424, 1965.
- Wischmeier, W. H.; Johnson, C. B.; Cross, B. W. A soil erodibility monograph for farmland and construction sites. Journal of Soil and Water Conservation, v.26, n.5, p.189-193, 1971.