

Geociências

Distribuição espacial dos limites de tolerância de perda de solos para o estado da Paraíba utilizando SIG

Spatial distribution of soil loss tolerance limits for the state of Paraíba using GIS

Paulo Roberto Megna Francisco^I , Djail Santos^{II} , Flávio Pereira de Oliveira^{II} ,
George do Nascimento Ribeiro^I , Viviane Farias Silva^I ,
Gypson do Dutra Junqueira Ayres^I , Raimundo Calixto Martins Rodrigues^{III} 

^I Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, Brasil

^{II} Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, Brasil

^{III} Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, MA, Brasil

RESUMO

As alterações dos atributos físicos e químicos e dos processos biológicos do solo, durante um longo tempo, ocasionam a perda da função dos ecossistemas e a produtividade agrícola. Este trabalho objetivou estimar, classificar e mapear os limites de tolerância de perdas de solos no Estado da Paraíba, fundamentada nos valores das diferentes classes de solo, com variação de espessura de horizontes e relação textural, utilizando modelagem de dados e técnicas de geoprocessamento. A estimativa foi baseada na profundidade efetiva, na textura e na densidade dos solos descritos nos 64 perfis representativos do Levantamento Exploratório e de Reconhecimento dos Solos e do Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba, calculado pelo método de Smith e Stamey (1964) e utilizado o QGIS[®] para o mapeamento. A tolerância de perda de solo seguiu a ordem dos Latossolos > Cambissolos > Argissolos > Luvisolos > Planossolos > Neossolos > Vertissolos devido à influência dos parâmetros, como profundidade efetiva do solo e relação textural entre horizontes B e A. As 1.053 unidades de mapeamento do limite de tolerância de perdas dos solos apresentaram, na classe muito alta, a média de 20,08 t ha⁻¹ ano⁻¹ e estão associados aos Latossolos, Argissolos, Cambissolos, Planossolos e Gleissolos. A classe alta apresentou perdas médias de 10,56 t ha⁻¹ ano⁻¹ sob os Argissolos. O limite de tolerância de perdas na classe média foi de 6,59 t ha⁻¹ ano⁻¹ distribuídas sob os Luvisolos. A classe baixa ocorreu nos Luvisolos, Planossolos e nos Neossolos distribuídos em 389 unidades de mapeamento com o limite médio de 3,90 t ha⁻¹ ano⁻¹, a classe muito baixa teve sua ocorrência sob os Vertissolos, Planossolos Nátricos e Neossolos pouco profundos com média de 1,64 t ha⁻¹ ano⁻¹ de tolerância de perdas de solo distribuídos em 362 unidades de mapeamento.

Palavras-chave: Geotecnologias; Limites toleráveis; Métodos de estimativa de erosão; Profundidade efetiva

ABSTRACT

Changes in the physical and chemical attributes and biological processes of the soil over a long period of time lead to loss of ecosystem function and agricultural productivity. This work aimed to estimate, classify and map the soil loss tolerance limits for the lands of the State of Paraíba based on the values of the different soil classes, with variation in thickness of horizons and textural relationship, using modeling of geoprocessing data and techniques. The estimate was based on the effective depth, texture and density of the soils described in the 64 profiles from the Exploratory and Soil Recognition Survey and the Agricultural Zoning of the State of Paraíba and calculated using the Smith and Stamey (1964) method and using QGIS© for mapping. Soil loss tolerance followed the order of Oxisols > Cambisols > Argisols > Luvisols > Planosols > Neosols > Vertisols due to the influence of parameters such as effective soil depth and textural relationship between B and A horizons. Soil loss tolerance presented in the very high class an average of 20.08 t ha⁻¹ yr⁻¹ and are associated with Oxisols, Argisols, Cambisols, Planosols and Gleissoles. The upper class presented average losses of 10.56 t ha⁻¹ yr⁻¹ under Argisols. The tolerance limit for losses in the middle class was 6.59 t ha⁻¹ yr⁻¹ distributed under the Luvisols. The low class occurred in Luvisols, Planosols and Neosols distributed in 389 mapping units with an average limit of 3.90 t ha⁻¹ yr⁻¹; in the very low class it occurred under the Vertisols, Nátric Planosols and shallow Neosols with an average of 1.64 t ha⁻¹ yr⁻¹ of soil loss tolerance distributed in 362 mapping units.

Keywords: Geotechnologies; Tolerable limits; Erosion estimation methods; Effective depth

1 INTRODUÇÃO

As alterações dos atributos físicos e químicos e dos processos biológicos do solo durante um longo período ocasionam a perda da função dos ecossistemas e da produtividade agrícola, gerando uma desordem de modo que o solo não se recupera rapidamente sem um auxílio antrópico (Palm *et al.*, 2007; Bai *et al.*, 2008). Por meio dessa modificação de atributos e processos do solo, a sua deterioração prejudica o desenvolvimento sustentável de muitos dos serviços ecossistêmicos (Palm *et al.*, 2007).

A partir do crescente avanço tecnológico em função da elevada necessidade de produção de alimentos e da impossibilidade de cultivar áreas agrícolas sem riscos de erosão, estabeleceu-se um limite tolerável ou aceitável de perdas de solo, definido como sendo a intensidade máxima de erosão que ainda permitirá um nível de produtividade economicamente sustentável das culturas (Wischmeier; Smith, 1978).

De acordo com Stamey e Smith (1964), a tolerância de perda do solo deve: prover a preservação ou a melhoria do solo; ser compatível com taxas de erosão e

pedogênese de quaisquer características do solo; ser específica para cada ambiente; ser independente dos agentes causadores da erosão; e permitir o desgaste de qualquer característica do solo que esteja excessiva. As informações sobre a tolerância de perdas de solo por erosão podem ser utilizadas em conjunto com a Equação Universal de Perdas de Solo Revisada (RUSLE). Esse é o método mais utilizado no Brasil, com inúmeros trabalhos visando a determinação dos fatores específicos para várias regiões (Oliveira *et al.*, 2008).

Os perfis de solos que integram os levantamentos pedológicos dispõem de um conjunto substancial de informações envolvendo atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos. Também constam na descrição dos perfis informações de atributos ambientais, tais como, a vegetação, o relevo, a drenagem, a erosão, a pedregosidade, a rochosidade, a geologia, o material de origem, o uso atual, entre outros (Araújo Filho *et al.*, 2021).

Com base nesse conjunto amplo de informações advindas dos levantamentos de solos, é que são realizadas as variadas interpretações, úteis aos mais diferentes ramos da Ciência do Solo e áreas afins. A partir dos mapas pedológicos, também podem ser derivados outros mapas temáticos sobre aspectos ambientais diversos. Portanto, esse conjunto amplo de informações geradas nos estudos pedológicos constitui uma poderosa ferramenta para o planejamento e a gestão do uso e para o manejo e a conservação das terras (Araújo Filho *et al.*, 2021).

Em áreas de difícil instrumentalização e monitoramento, a modelagem é capaz de avaliar com relativa precisão os mecanismos controladores dos processos erosivos e estimar a conseqüente taxa de perda de solo, e tornando-se uma poderosa ferramenta de estudo (Dornellas *et al.*, 2017).

Várias pesquisas quanto ao limite de tolerância de perda de solos do Estado da Paraíba vêm sendo realizadas, como por Oliveira *et al.* (2008) em todo o Estado, e em diversas regiões como no Agreste, em Guarabira, por Gomes *et al.* (2015), na bacia hidrográfica do Rio Taperoá por Francisco e Chaves (2017), na bacia do Alto Curso do

Rio Paraíba por Francisco *et al.* (2019), na microbacia do Açude do Namorado, em São João do Cariri, por Queiroz *et al.* (2021) e na região do Brejo na microbacia de Vaca Brava, localizada no município de Areia, por Francisco *et al.* (2022).

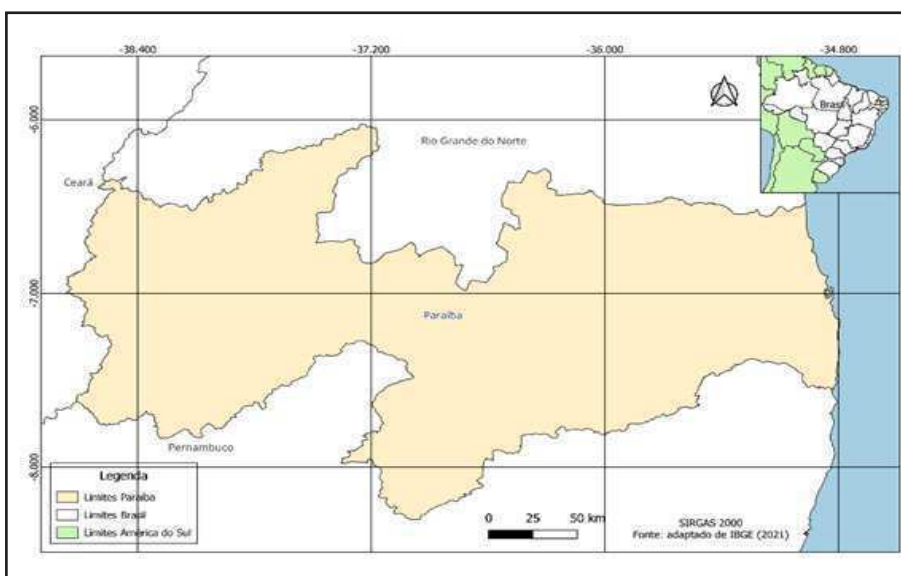
Devido à grande extensão da Paraíba e a necessidade de dados para o controle das perdas de solos por erosão, este trabalho se propõe a estimar, classificar e mapear os limites de tolerância de perdas de solos para as terras do Estado, fundamentado em dados dos perfis de levantamento das diferentes classes de solo, com variação de teor de matéria orgânica, espessura de horizontes e relação textural, utilizando modelagem de dados e técnicas de geoprocessamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A Paraíba, localiza-se na região Nordeste do Brasil e apresenta uma área de 56.467,24 km² (IBGE, 2021). Seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 6°02'12" e 8°19'18"S, e entre os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45"W. Ao Norte, limita-se com o Rio Grande do Norte, à Leste, com o Oceano Atlântico, à Oeste, com o Ceará e ao Sul, com Pernambuco (Francisco, 2010).

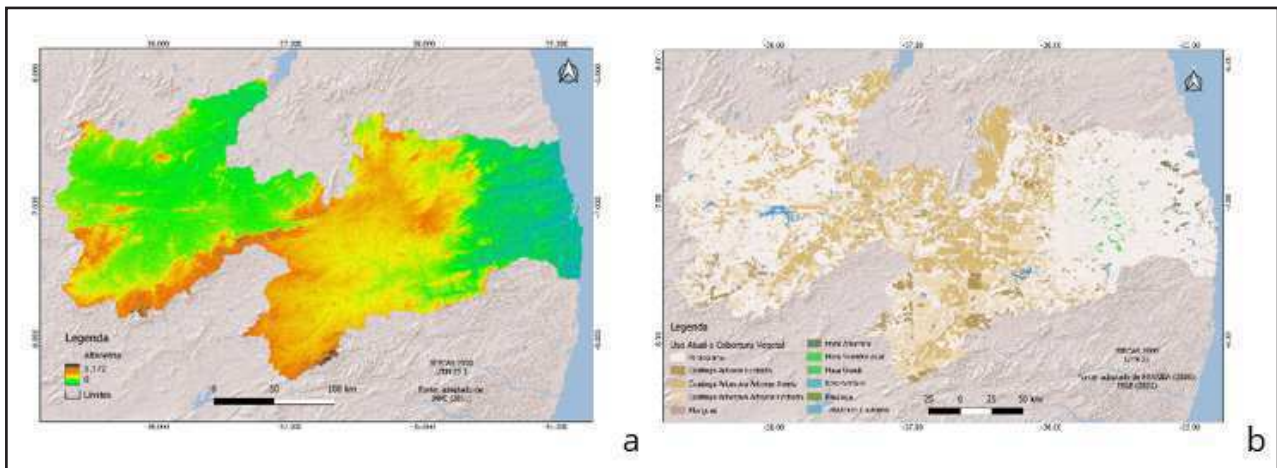
Figura 1 – Localização da área de estudo



Fonte: adaptado de IBGE (2021)

A cobertura vegetal caracteriza-se por formações florestais definidas, como Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta, Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada, Caatinga Arbórea Fechada, Mangues, Mata-úmida, Mata semidecidual, Mata Atlântica e Restinga (Paraíba, 2006) (Figura 2b).

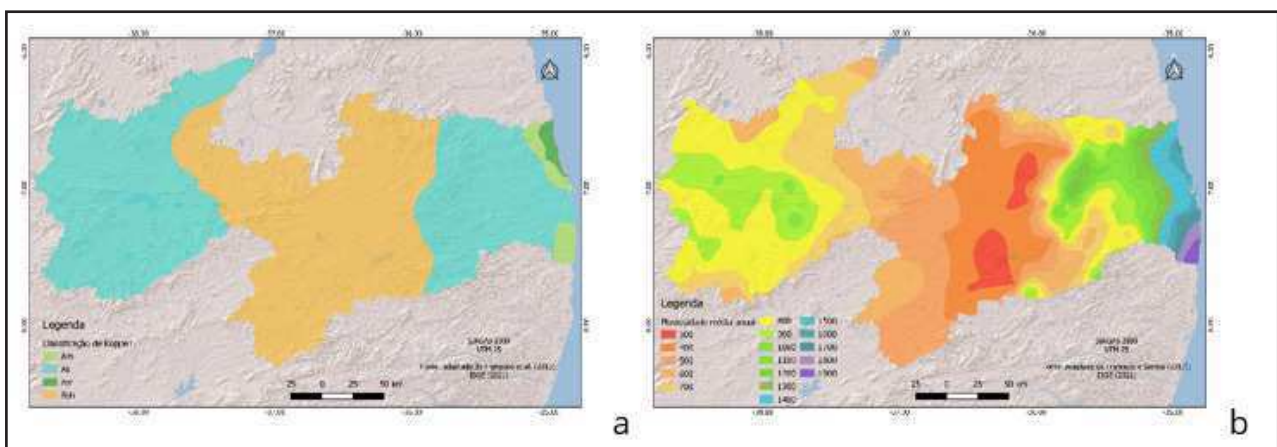
Figura 2 – Altimetria do Estado da Paraíba (a); Uso atual e cobertura vegetal (b)



Fonte: adaptado de Francisco *et al.* (2013); PARAÍBA (2006); IBGE (2021); ESRI (2022)

O clima caracteriza-se por temperaturas médias elevadas (22 a 30°C) com baixa amplitude térmica anual. A precipitação varia de 400 a 800mm anuais, nas regiões interiores semiáridas, e no Litoral, mais úmido, pode ultrapassar os 1.600mm (Varejão-Silva *et al.*, 1984) (Figura 3b).

Figura 3 – Classificação climática de Köppen (a); Precipitação média anual (b)

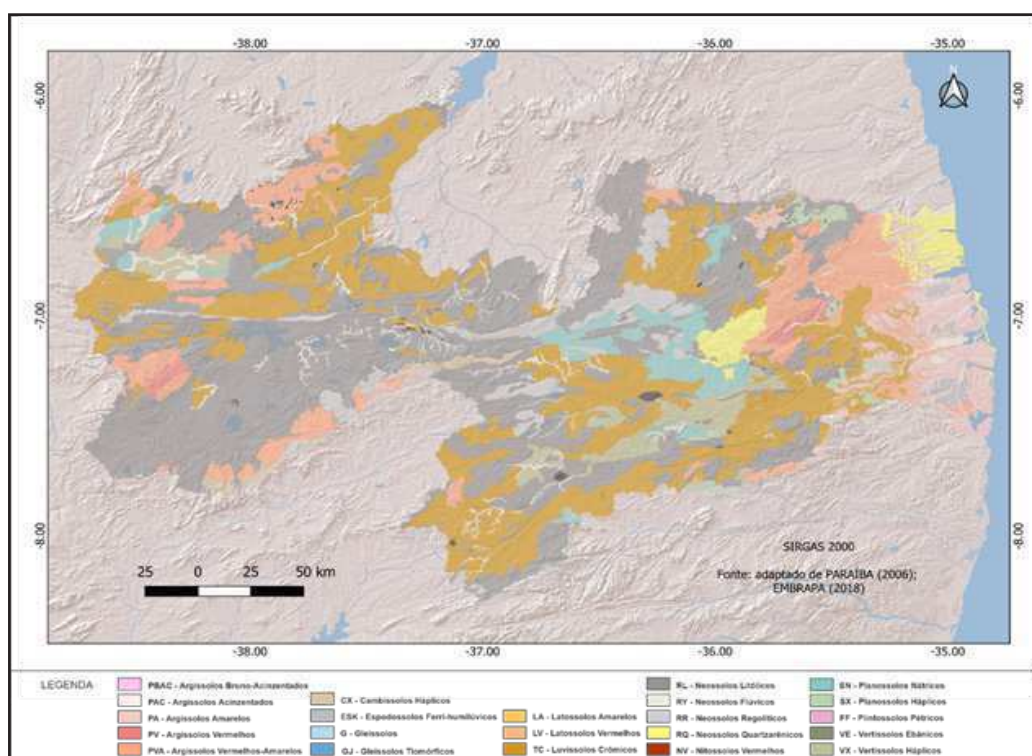


Fonte: adaptado de Francisco *et al.* (2015) (a); Francisco e Santos (2017) (b); IBGE (2021); ESRI (2022)

Conforme Francisco *et al.* (2015), a Paraíba está inserida na classificação climática de Köppen, em quatro tipos de clima (Figura 3a). O clima Aw, que caracteriza a região do Litoral norte como Tropical com estação seca no inverno, o clima Am, presente no Litoral norte e Sul do Estado, o tipo climático As que dominam em sua maioria nas regiões de parte do Litoral, Brejo, Agreste e em pequena faixa da região do Sertão e em toda área do Alto Sertão e o tipo climático Bsh, que é predominante na área do Cariri/Curimataú, e em boa parte da área do Sertão.

As classes predominantes na área de estudo estão descritas no Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba (Paraíba, 1978), e estas diferem pela diversidade geológica, pedológica e geomorfológica. Destaca-se a diversidade de características dos solos, relacionadas à morfologia, cor, textura, estrutura, declividade e pedregosidade, entre outras (Francisco *et al.*, 2013). De uma forma geral, os solos predominantes são os Luvisolos crômicos, Neossolos Litólicos, Planossolos Solódicos, Neossolos Regolíticos Distróficos e Eutróficos, distribuídos pela região do sertão e nos cariris, os Vertissolos na região do Sertão, e os Argissolos Vermelho Amarelo e os Neossolos Quartzarênicos no litoral do Estado (Francisco, 2010) (Figura 4).

Figura 4 – Solos do Estado da Paraíba



Fonte: adaptado de Paraíba (2006); IBGE (2021); EMBRAPA (2018); ESRI (2022)

2.2. Mapa do Limite de Tolerância de Perda de Solo

Para a elaboração do mapa Limite de Tolerância de Perda (LTP) foi criada uma planilha no Excel[®] em que cada polígono de solo da área de estudo, baseado nas informações contidas nos 64 perfis representativos do Brasil (1972) (Levantamento Exploratório e de Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba) e da Paraíba (1978) (Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba), foi calculado pelo método de Stamey e Smith (1964), utilizado por Oliveira et al. (2008), 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 (Equação 1).

$$LTP = H . r . d . 1000^{-1} \quad (1)$$

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 ($DS = 1,660 - 0,318 (\%COT) 0,5$) (1,36 g/cm³) segundo Benites *et al.* (2007).

Utilizando-se o software QGIS[®] 3.28 foi importado um arquivo digital em formato *shapefile* dos solos da área de estudo na escala de 1:200.000, fornecido pela AESA (Paraíba, 2006). Em seguida, o mapa de solos foi ajustado seus polígonos interiores levando em consideração a declividade local e realizado o recorte da área de estudo utilizando os limites de IBGE (2021). Após isso os polígonos dos solos foram classificados com a estimativa obtida do cálculo do Limite de Tolerância de Perda, conforme Francisco e Chaves (2017) (Tabela 1).

Tabela 1 – Limite de Tolerância de Perda de solos

Classe	Limite de Tolerância de Perdas (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)
Muito Baixa	0 - 3
Baixa	3 - 6
Média	6 - 9
Alta	9 - 12
Muito Alta	> 12

Fonte: Francisco e Chaves (2017)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resultados obtidos (Tabela 2 e Figura 4), pode-se observar que a classe muito alta (>12 T Mg ha⁻¹) foi identificada em 170 unidades de mapeamento, com representação em 12,33% do total do Estado (6.963,53 km²). Essas unidades estão distribuídas na região do Litoral, em sua maioria com ocorrência de Argissolos Amarelos e Argissolos Vermelhos Amarelos e os Latossolos Amarelos (Tabela 2), em relevo plano há suave ondulado, típico dos Tabuleiros Costeiros. Na região a precipitação chega a 1.600mm ano⁻¹ e tem-se ocorrência de Mata Atlântica.

Tabela 2 – Classes do Limite de Tolerância de Perda e seus parâmetros

(Continua)

Município Amostra	N.º Perfil	Classe de solos	Argila (%)	Relação Textural	r	Prof. h (mm)	Altura h.r (m)	Densidade (g/cm ³)	T (Mg. ha ⁻¹)	Classe
Areia	1*	Latossolos Amarelos-LA	A = 27 e B = 4	0,15	1,00	2200	2,200	1,36	29,92	Muito Alta
Litoral	3*	Latossolos Amarelos-LA	A = 22 e B = 26	1,18	1,00	1800	1,800	1,36	24,48	Muito Alta
Cuité	4	Latossolos Amarelos-LA	A = 16 e B = 20	1,25	1,00	2000	2,000	1,36	27,20	Muito Alta
Araruna	6*	Latossolos Amarelos-LA	A = 16 e B = 17	1,06	1,00	1700	1,700	1,36	23,12	Muito Alta

Tabela 2 – Classes do Limite de Tolerância de Perda e seus parâmetros

(Continua)

Município Amostra	N.º Perfil	Classe de solos	Argila (%)	Relação Textural	r	Prof. h (mm)	Altura h.r (m)	Densidade (g/cm ³)	T (Mg. ha ⁻¹)	Classe
Mamanguape	7	Argissolos Acinzentados-PAC	A = 8 e B = 10	1,25	1,00	1600	1,600	1,36	21,76	Muito Alta
Natuba	6	Argissolos Amarelos-PA	A = 25 e B = 43	1,72	0,75	1200	0,900	1,36	12,24	Muito Alta
Pitimbu	8	Argissolos Amarelos-PA	A = 5 e B = 7	1,40	1,00	1850	1,850	1,36	25,16	Muito Alta
Rio Tinto	9	Argissolos Amarelos-PA	A = 4 e B = 4	1,00	1,00	1800	1,800	1,36	24,48	Muito Alta
Sapé	10	Argissolos Amarelos-PA	A = 3 e B = 14	4,66	0,50	1750	0,875	1,36	11,90	Alta
Pedras de Fogo	11	Argissolos Amarelos-PA	A = 6 e B = 11	1,83	0,75	1750	1,313	1,36	17,85	Muito Alta
Sapé	18	Argissolos Amarelos-PA	A = 2 e B = 4	2,00	0,75	2000	1,500	1,36	20,40	Muito Alta
Alhandra	3	Argissolos Vermelho-Amarelos-PVA	A = 4 e B = 2	0,50	1,00	1750	1,750	1,36	23,80	Muito Alta
Princesa Isabel	12	Argissolos Vermelho-Amarelos-PVA	A = 10 e B = 19	1,90	0,75	1200	0,900	1,36	12,24	Muito Alta
Jacaraú	19	Argissolos Vermelho-Amarelos-PVA	A = 3 e B = 3	1,00	1,00	1700	1,700	1,36	23,12	Muito Alta
Areia	20	Argissolos Vermelho-Amarelos-PVA	A = 12 e B = 19	1,58	0,75	750	0,563	1,36	7,65	Média
Bonito de Santa Fé	13	Argissolos Vermelhos-PV	A = 14 e B = 24	1,72	0,75	900	0,675	1,36	9,18	Alta
Teixeira	15	Argissolos Vermelhos-PV	A = 34 e B = 37	0,92	1,00	400	0,400	1,36	5,44	Baixa
Guarabira	21	Argissolos Vermelhos-PV	A = 17 e B = 6	0,35	1,00	940	0,940	1,36	12,78	Muito Alta
Lagoa Seca	22	Argissolos Vermelhos-PV	A = 17 e B = 16	0,94	1,00	2000	2,000	1,36	27,20	Muito Alta
Alagoa Grande	23	Argissolos Vermelhos-PV	A = 27 e B = 34	1,26	1,00	2000	2,000	1,36	27,20	Muito Alta

Tabela 2 – Classes do Limite de Tolerância de Perda e seus parâmetros

(Continua)

Município Amostra	N.º Perfil	Classe de solos	Argila (%)	Relação Textural	r	Prof. h (mm)	Altura h.r (m)	Densidade (g/cm ³)	T (Mg. ha ⁻¹)	Classe
Jacaraú	19	Plintossolos Argilúvicos-FT	A = 3 e B = 3	1,00	1,00	1700	1,700	1,36	23,12	Muito Alta
Teixeira	6*	Plintossolos Pétricos-FF	A = 16 e B = 17	1,06	1,00	1700	1,700	1,36	23,12	Muito Alta
Pombal	24	Luvissolos Crômicos-TC	A = 9 e B = 42	4,66	0,50	450	0,225	1,36	3,06	Baixa
Monteiro	25	Luvissolos Crômicos-TC	A = 18 e B = 16	0,88	1,00	450	0,450	1,36	6,12	Média
Patos	26	Luvissolos Crômicos-TC	A = 9 e B = 42	4,66	0,50	450	0,225	1,36	3,06	Baixa
Solânea	27	Luvissolos Crômicos-TC	A = 13 e B = 49	3,76	0,50	450	0,225	1,36	3,06	Baixa
Sapé	28	Luvissolos Crômicos-TC	A = 14 e B = 18	1,28	1,00	640	0,640	1,36	8,70	Média
Ingá	29	Luvissolos Crômicos-TC	A = 10 e B = 32	3,20	0,50	450	0,225	1,36	3,06	Baixa
São Miguel de Taipu	30	Luvissolos Crômicos-TC	A = 22 e B = 39	1,77	0,75	600	0,450	1,36	6,12	Média
São Mamede	31	Luvissolos Crômicos-TC	A = 11 e B = 15	1,36	1,00	500	0,500	1,36	6,80	Média
Barra de Santa Rosa	32	Luvissolos Crômicos-TC	A = 10 e B = 26	2,60	0,50	550	0,275	1,36	3,74	Baixa
Cuité	33	Luvissolos Crômicos-TC	A = 10 e B = 26	2,60	0,50	550	0,275	1,36	3,74	Baixa
Gurinhém	34	Planossolos Háplicos-SX	A = 6 e B = 24	4,00	0,500	450	0,225	1,36	3,06	Baixa
Tacima	35	Planossolos Háplicos-SX	A = 10 e B = 48	4,80	0,5	500	0,250	1,36	3,40	Baixa
Tavares	16	Cambissolos Háplicos-CX	A = 12 e B = 14	1,16	1,00	1500	1,500	1,36	20,40	Muito Alta

Tabela 2 – Classes do Limite de Tolerância de Perda e seus parâmetros

(Continua)

Município Amostra	N.º Perfil	Classe de solos	Argila (%)	Relação Textural	r	Prof. h (mm)	Altura h.r (m)	Densidade (g/cm ³)	T (Mg. ha ⁻¹)	Classe
Princesa Izabel	36	Cambissolos Háplicos-CX	A = 17 e B = 19	1,12	1,00	1400	1,400	1,36	19,04	Muito Alta
Taperoá	37	Cambissolos Háplicos-CX	A = 11 e B = 13	1,20	1,00	1550	1,550	1,36	21,08	Muito Alta
Conceição	55	Cambissolos Háplicos-CX	A = 19 e B = 23	1,20	1,00	960	0,960	1,36	13,06	Muito Alta
Queimadas	39	Vertissolos Ebânicos-VE	A = 34 e B = 46	1,36	0,75	160	0,120	1,36	1,63	Muito Baixa
Campina Grande	38	Vertissolos Háplicos-VX	A = 30 e B = 37	1,23	1,00	150	0,150	1,36	2,04	Muito Baixa
Souza	40	Vertissolos Háplicos-VX	A = 52 e B = 47	0,90	1,00	50	0,050	1,36	0,68	Muito Baixa
Sumé	41	Vertissolos Háplicos-VX	A = 34 e B = 46	1,36	0,75	160	0,120	1,36	1,63	Muito Baixa
Boqueirão	42	Vertissolos Háplicos-VX	A = 28 e B = 32	1,14	1,00	150	0,150	1,36	2,04	Muito Baixa
Cubati	43	Planossolos Nátricos-SN	A = 5 e B = 22	4,4	0,50	170	0,085	1,36	1,16	Muito Baixa
Campina Grande	44	Planossolos Nátricos-SN	A = 10 e B = 20	2,00	0,75	170	0,128	1,36	1,73	Muito Baixa
Uiraúna	45	Planossolos Nátricos-SN	A = 4 e B = 11	2,75	0,50	250	0,125	1,36	1,70	Muito Baixa
Conde	46	Espodossolos Ferri-humilúvicos-ESK	A = 2 e B = 1	2,80	0,75	1200	0,900	1,36	12,24	Muito Alta
Santa Rita	47	Neossolos Flúvicos-RY	A = 9 e B = 26	2,90	0,50	170	0,085	1,36	1,16	Muito Baixa
São José de Piranhas	48	Neossolos Litólicos-RL	AR = 10	0	1,00	200	0,200	1,36	2,72	Muito Baixa
Santana dos Garrotes	49	Neossolos Litólicos-RL	AC = 14	0	1,00	130	0,130	1,36	1,77	Muito Baixa

Tabela 2 – Classes do Limite de Tolerância de Perda e seus parâmetros

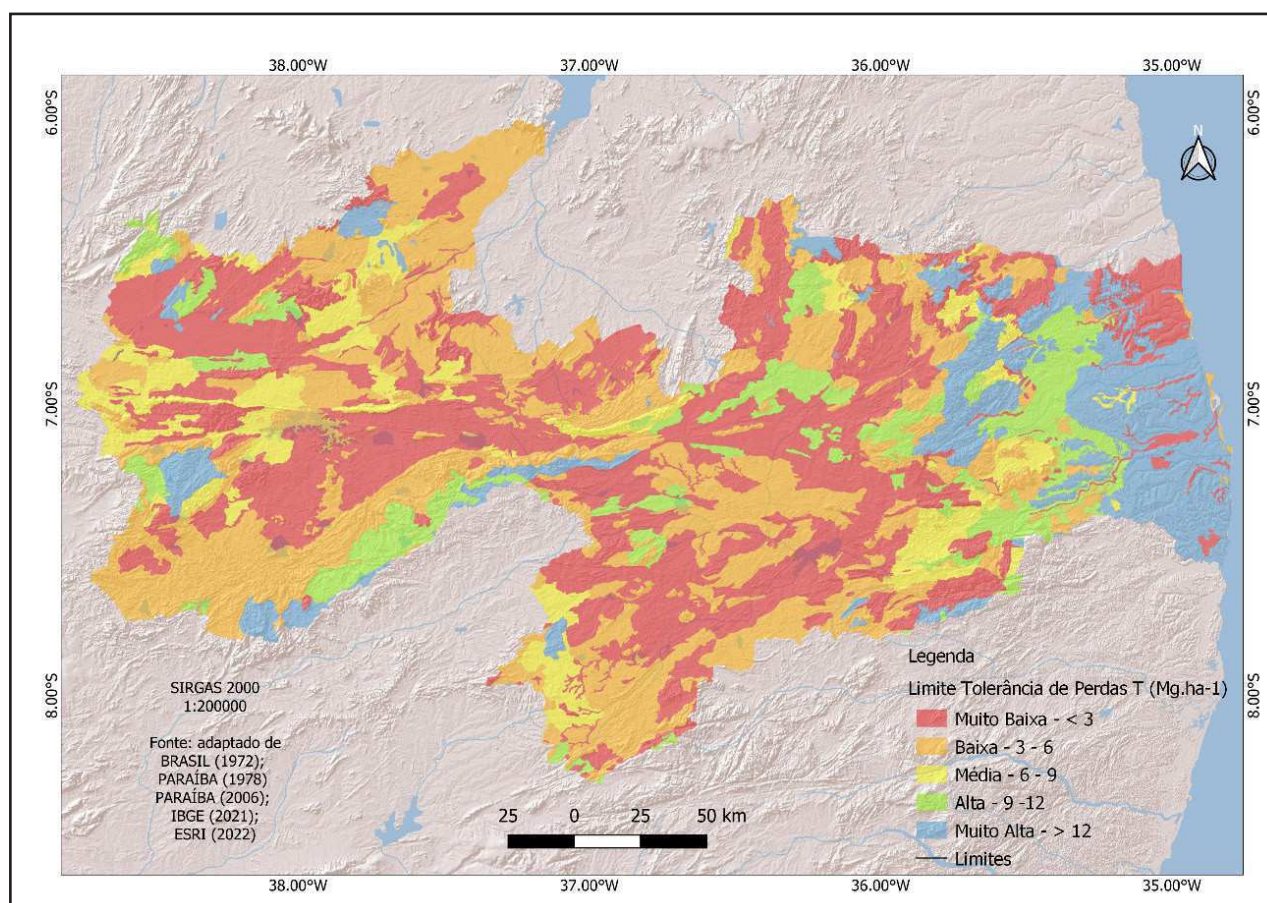
(Conclusão)

Município Amostra	N.º Perfil	Classe de solos	Argila (%)	Relação Textural	r	Prof. h (mm)	Altura h.r (m)	Densidade (g/cm ³)	T (Mg. ha ⁻¹)	Classe
Picuí	50	Neossolos Litólicos-RL	A = 0 e C = 13	0	1,00	110	0,110	1,36	1,50	Muito Baixa
Umbuzeiro	51	Neossolos Litólicos-RL	A = 12 e C = 13	1,10	1,00	150	0,150	1,36	2,04	Muito Baixa
Soledade	53	Neossolos Litólicos-RL	A = 7 e C = 10	1,42	1,00	350	0,350	1,36	4,76	Baixa
Piancó	56	Neossolos Litólicos-RL	A = 4 e C = 6	1,50	1,00	250	0,250	1,36	3,40	Baixa
Alagoinhas	59	Neossolos Litólicos-RL	A = 11 e C = x	0	1,00	350	0,350	1,36	4,76	Baixa
Araruna	52	Neossolos Regolíticos - RR	A = 8 e C = 8	1,00	1,00	80	0,080	1,36	1,09	Muito Baixa
Souza	54	Neossolos Regolíticos - RR	A = 4 e C = 11	2,75	0,50	250	0,125	1,36	1,70	Muito Baixa
Junco do Seridó	57	Neossolos Regolíticos - RR	A = 4 e C = 6	1,50	1,00	250	0,250	1,36	3,40	Baixa
Fagundes	58	Neossolos Regolíticos - RR	A = 7	0	1,00	300	0,300	1,36	4,08	Baixa
Solânea	60	Neossolos Regolíticos - RR	A = 5 e C = 2	2,50	0,50	500	0,250	1,36	3,40	Baixa
Livramento	62	Neossolos Regolíticos - RR	A = 5 e C = 10	2,00	0,75	300	0,225	1,36	3,06	Baixa
Teixeira	61	Neossolos Quartzarênicos - RQ	A = 5 e C = 10	2,00	0,75	300	0,225	1,36	3,06	Baixa
Campina Grande	63	Neossolos Quartzarênicos - RQ	A = 1 e C = 1	1,00	1,00	270	0,270	1,36	3,67	Baixa
Cabedelo	64	Neossolos Quartzarênicos - RQ	A = 15 e B = 46	3,10	0,50	550	0,275	1,36	3,74	Baixa
Conde		Gleissolos Tiomórficos Órticos sálicos - GJ	A = 0 e C = 0	0	1,00	1370	1,370	1,36	18,63	Muito Alta
Conde		Gleissolos - G	A = 0 e C = 0	0	1,00	1400	1,400	1,36	19,00	Muito Alta
	AR	Afloramentos de Rocha	A = 10 e C = X	X	0,75	350	0,263	1,36	3,57	Baixa

Fonte: Brasil (1972); *Paraíba (1978); **EMBRAPA (2017); EMBRAPA (2018)

Na região Agreste, adentrando a oeste do Estado, ocorre sob clima mais ameno com pluviosidade média de 1.200mm ano^{-1} em relevo declivosos com maiores altitudes (700 m) sob Mata Úmida, e em menores proporções no Planalto da Borborema, divisa com Pernambuco, em maiores altitudes com pluviosidade média anual de 700mm com vegetação de Caatinga, e no Sertão em relevo plano em menores altitudes. Estes solos variam com limites de tolerância de perdas na classe muito alta ($12,24$ a $27,20 \text{ T Mg ha}^{-1}$).

Figura 5 – Limite de Tolerância de Perda de solos do Estado da Paraíba - Fator K



Fonte: adaptado de Brasil (1972); Paraíba (1978; 2006); IBGE (2021); ESRI (2022)

Os Espodosolos ocorrem no Litoral, com limite de tolerância de perda de $12,24 \text{ T Mg ha}^{-1}$. Os Cambissolos situados no Sertão apresentam média de perdas de $18,39 \text{ T Mg ha}^{-1}$. Queiroz *et al.* (2021) observaram na bacia do Açude Namorado, região semiárida, que a classe muito alta de limite de tolerância de perdas dos solos está associada ao Cambissolo com profundidade efetiva de 1 m. De acordo

com Oliveira (2004), os valores intermediários de profundidade efetiva, aliados à baixa relação textural, parecem explicar a tolerância relativamente alta para os Cambissolos.

A classe muito alta de limite de tolerância de perdas apresenta a média da relação textural entre B e A de 1,38, e quanto a profundidade efetiva a média de 1,56 m, esses dados similares ao de Oliveira (2004). Na determinação da tolerância de perdas de solo obtidas por Oliveira (2004), além dos parâmetros como profundidade efetiva do solo e relação textural entre horizontes B e A, observou que o teor de argila do horizonte A como variável associada à relação textural. Oliveira *et al.* (2008) afirmam que os Argissolos apresentaram maior valor de tolerância à erosão, indicando que estes solos se diferenciam aos demais quanto ao comportamento em campo frente aos processos erosivos.

Quanto aos Latossolos a permeabilidade acentuada, resultado da elevada profundidade efetiva e da baixa relação textural, associadas à predominância de textura média/argilosa, estrutura bem desenvolvida (tipicamente entre blocos e granular) e teores consideráveis de matéria orgânica, contribuem para a maior resistência à erosão hídrica desses solos (Resende, 1985).

Tabela 3 – Distribuição das classes do LTP

Classe	Unidades de Mapeamento	Total (km ²)	%
Muito Baixa	362	20.339,83	36,02
Baixa	389	18.543,17	32,84
Média	64	5.136,35	9,10
Alta	68	5.484,36	9,71
Muito Alta	170	6.963,53	12,33
Total	1.053	56.467,24	100,00

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

A classe alta de limite de tolerância de perdas (9 a 12 T Mg ha⁻¹), distribuídas em 5.484,36 km² (9,71%) em 68 unidades de mapeamento, é representada pelos Argissolos Vermelhos da região do município de Sapé no Agreste com pluviosidade variando

entre 600 a 900mm anuais em relevo suave ondulado, com valores de tolerância de perdas de 11,90 T Mg ha⁻¹. A região do Sertão é representada pelos Argissolos Amarelos sob o Planalto de Princesa, divisa com Pernambuco em maiores altitudes, com clima semiárido e vegetação hiperxerófila, com valores menores de tolerância de perdas de 9,18 T Mg ha⁻¹. O Planalto da Borborema apresenta-se com pequenas ocorrências ao sul na região de Sumé e ao norte em Nova Floresta.

Na classe média tem limite de tolerância de perdas (6 a 9 T Mg ha⁻¹) com ocorrência em 64 unidades de mapeamento (5.136,35 km²) em 9,1% do total, em que observa-se a ocorrência dos Luvisolos Crômicos variando entre 6,12 a 8,70 T Mg ha⁻¹, sob o Cariri e o Curimataú com menor pluviosidade entre 500 a 700mm anuais em relevo suave ondulado a ondulado. Esses valores são similares aos encontrados por Oliveira (2004).

De acordo com Oliveira *et al.* (2008), os Luvisolos são solos de ocorrência expressiva na Paraíba, principalmente na zona semiárida, e constituem, segundo Resende *et al.* (1988), um sistema tipicamente mais suscetível à erosão hídrica, apesar do relevo relativamente suave em que ocorrem. Conforme Chaves *et al.* (1985), os fatores para a maior tendência a perdas por erosão nestes solos são a distribuição e intensidade das chuvas da região semiárida.

A classe baixa de limite de tolerância de perdas (3 a 6 T Mg ha⁻¹) ocorre em 389 unidades de mapeamento de solos, representando 32,84% (18.543,17 km²) em sua maioria na região semiárida com menor pluviosidade, vegetação hiperxerófila de caatinga, em relevo suave ondulado a montanhoso sob Luvisolos Crômicos, Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos e Neossolos Quartzarênicos. Resultados similares ao encontrado por Oliveira (2004), em que os Luvisolos apresentaram tolerância de perdas de 4,01 t ha⁻¹ ano⁻¹, e por Mannigel *et al.* (2002), no Estado de São Paulo com valores de 2,9 e 5,0 t ha⁻¹ ano⁻¹.

Os Neossolos apresentam relação textural média de 1,97 entre B e A, e de 0,40 cm de profundidade efetiva. Oliveira (2008) identificou relação textural média de 0,80 e profundidade média de 0,43 cm, resultados similares ao presente estudo. Bertol e Almeida

(2000) afirmam que, nos Neossolos Quartzarênicos, a despeito da acentuada drenagem de água no perfil, a baixa resistência à erosão hídrica é conferida pelos altos teores de areia e baixos teores de argila e matéria orgânica, resultando em fraca agregação.

Nos estudos de Oliveira *et al.* (2008), os Luvisolos e Planossolos apresentaram baixa profundidade efetiva, o que limita o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Estas características, em conjunto, limitam grandemente a capacidade de drenagem interna, aumentando a suscetibilidade à erosão.

Francisco e Chaves (2017), estimando os limites de tolerância de perdas na região semiárida, observaram que as classes baixa e muita baixa apresentaram-se associado à baixa profundidade efetiva, bem como ao forte gradiente textural dos horizontes argílico dos Luvisolos e nátrico dos Planossolos.

Na classe muito baixa de limite de tolerância de perdas ($< 3 \text{ T Mg ha}^{-1}$) observa-se sua distribuição por toda a área de estudo sob os diversos climas e relevo em 20.339,83 km² representando 36,02%. Estes são representados pelos Planossolos Háplicos localizados na região do Cariri e Curimataú; pelos Vertissolos Háplicos localizados na região do Açude Epitácio Pessoa em Boqueirão, em Campina Grande e em Souza nas Várzeas no Sertão; os Vertissolos Ebânicos em Queimadas; os Neossolos Litólicos em toda a região semiárida como também os Neossolos Flúvicos. Esses relevos variam entre 0,68 e 2,72 T Mg ha⁻¹, com média de 1,64 T Mg ha⁻¹ e profundidade média de 12,3 cm com relação textural de 1,47.

Os Planossolos, em sua maioria localizados sob o Planalto da Borborema, apresentam profundidade efetiva média de 1,96 m e relação textural média de 3,05. O Planossolo Háplico, conforme Paes-Silva (2002), apresenta como característica diagnóstica uma mudança textural abrupta entre os horizontes A e Bt. O horizonte Bt apresenta estrutura prismática, argila de atividade alta, sendo imperfeitamente drenado. A percentagem de saturação por sódio está entre 3 a 13% nos horizontes B e C (Brasil, 1972).

Oliveira (2004) estimou a tolerância das perdas para as principais ordens de solo da Paraíba e constatou variação nos valores de tolerância de 2,82 a 10,64 t ha⁻¹

ano⁻¹, em que os maiores valores foram registrados para os Luvisolos e Neossolos. Os valores de tolerância variam em função das ordens de solos, como observado por diversos autores (Bertol; Almeida, 2000; Oliveira *et al.*, 2008; Nunes *et al.*, 2012).

Ainda de acordo com Oliveira (2004), esses valores de perdas situam-se dentro dos limites definidos pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), com perdas de 12 t ha⁻¹ ano⁻¹ para solos profundos e bem drenados, e de 2 a 4 t ha⁻¹ ano⁻¹ para solos rasos e de baixa permeabilidade (FAO, 1965).

De acordo com Wischmeier e Smith (1978), foram estabelecidos para os Estados Unidos da América (EUA) níveis de tolerância de perdas de solo da ordem de 4,5 t a 11,5 t ha⁻¹ ano⁻¹. Para o Brasil estudos já realizados indicam que as tolerâncias de perda também se situam ao redor dessa faixa. Para alguns solos de São Paulo Lombardi Neto e Bertoni (1975) sugerem valores de 4,5 a 15,0 t ha⁻¹ ano⁻¹.

Vieira e Vieira (1990) estimaram valores de tolerância média de perdas de terra para solos da região Amazônica, variando de 10,43 a 16,80 t ha⁻¹ ano⁻¹ para solos com horizonte B latossólico e de 7,79 a 9,33 t ha⁻¹ ano⁻¹ para solos com horizonte B textural. Na região Centro Leste de Minas Gerais, Silva *et al.* (2002) observaram valores de tolerância de 5,46 e 11,22 t ha⁻¹ ano⁻¹ para o Cambissolo Háplico e Latossolo Amarelo, respectivamente.

Oliveira (2004) afirma que, uma vez determinada a taxa de erosão dos solos de uma determinada região ou propriedade, o conhecimento do valor de tolerância de perda indicará a necessidade de adotar mecanismos e técnicas de manejo que reduzam as perdas por erosão, visando manter a sustentabilidade do sistema produtivo.

4 CONCLUSÃO

A tolerância de perda de solo seguiu a ordem dos Latossolos > Cambissolos > Argissolos > Luvisolos > Planossolos > Neossolos > Vertissolos devido a influência dos parâmetros como profundidade efetiva do solo e relação textural entre horizontes B e A.

Das 1.053 unidades de mapeamento do limite de tolerância de perdas dos solos

apresentou na classe muito alta a média de 20,08 t ha⁻¹ ano⁻¹ e estão associados aos Latossolos, Argissolos, Cambissolos, Planossolos e aos Gleissolos.

A classe alta apresentou perdas média de 10,56 t ha⁻¹ ano⁻¹ sob os Argissolos em 68 unidades de mapeamento. O limite de tolerância de perdas na classe média foi de 6,59 t ha⁻¹ ano⁻¹ distribuídas em 64 unidades de mapeamento sob os Luvisolos.

A classe baixa ocorreu nos Luvisolos, Planossolos e nos Neossolos distribuídos em 389 unidades de mapeamento, com o limite de tolerância de perdas médio de 3,90 t ha⁻¹ ano⁻¹; na classe muito baixa teve sua ocorrência sob os Vertissolos, Planossolos Nátricos e Neossolos pouco profundos, com média de 1,64 t ha⁻¹ ano⁻¹ de tolerância de perdas de solo distribuídos em 362 unidades de mapeamento.

A metodologia adotada foi satisfatória para a estimativa de perda de solos podendo contribuir futuramente no cálculo de perdas por erosão.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 25 de março de 2011.

ARAÚJO FILHO, J. C. DE; MARQUES, F. A.; AMARAL, A. J. DO; SANTOS, J. C. P. DOS; OLIVEIRA NETO, M. B. DE; PARAHYBA, R. DA B. V.; JACOMINE, P. K. T. Evolução histórica da pedologia na região Nordeste do Brasil. In: SOUZA, H. A. DE; LEITE, L. F. C.; MEDEIROS, J. C. (Org). **Solos sustentáveis para a agricultura no Nordeste**. EMBRAPA, 2021. 595p.

BAI, Z. G.; DENT, D. L.; OLSSON, L.; SCHAEPMAN, M. E. Proxy global assessment of land degradation. **Soil Use and Management**, v.24, n.3, p.223-234, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2008.00169.x>

BENITES, V. M.; MACHADO, P. L. O. A.; FIDALGO, E. C.C.; COELHO, M. R.; MADARI, B. E. Pedotransfer functions for estimating soil bulk density from existing soil survey reports in Brazil. **Geoderma**, v.139, p.90-97, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2007.01.005>

BERTOL, I.; ALMEIDA, J. A. Tolerância de perda de solo por erosão para os principais solos do estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.657-668, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832000000300018>

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). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212132/1/EPFS-BT-15-1972.pdf>. Acesso em: 04 de fevereiro de 2023.

DORNELLAS, P. DA C.; SEABRA, V. DA S.; XAVIER, R. A.; SILVA, R. M. DA. Estimativa de perdas de solo na bacia do Alto rio Paraíba, região semiárida do Estado da Paraíba. **Revista OKARA**, v.11, n.2, p.338-350, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/okara/article/view/37658/19016>. Acesso em: 22 de março de 2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento pedológico detalhado (Escala 1:5.000) e estoque de carbono orgânico do solo da Floresta Nacional Restinga de Cabedelo, municípios Cabedelo e João Pessoa, PB**. (Org). COELHO, M. R. et al. Rio de Janeiro, 2017. 122p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Solos). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1086194/levantamento-pedologico-detalhado-escala-15000-e-estoque-de-carbono-organico-do-solo-da-floresta-nacional-restinga-de-cabedelo-municipios-cabedelo-e-joao-pessoa-pb>. Acesso em: 22 de março de 2023.

ESRI. **Mapa Topográfico Mundial**. Disponível em: <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=30e5fe3149c34df1ba922e6f5bbf808f>. Acesso em: novembro de 2022.

Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. **Soil Erosion by water: some measures for its control on cultivated lands**. Rome: FAO, 1965. 284p.

FRANCISCO, P. R. M. **Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas**. 122f. Dissertação (Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010. Disponível em: <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/572883>. Acesso em: 22 de março de 2023.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; LIMA, E. R. V. DE. Classificação de terras para mecanização agrícola e sua aplicação para o Estado da Paraíba. **Revista Educação Agrícola Superior**, v.28, n.1, p.30-35, 2013. DOI: <https://doi.org/10.12722/0101-756X.v28n01a05>

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; CHAVES, L. H. G.; OLIVEIRA, F. P. de. Modelo para estimativa da vulnerabilidade à desertificação. In book: **Tecnologias adaptadas para o desenvolvimento sustentável do semiárido brasileiro**. Ed. 1 chapter: 18 pp. 161 – 179, 2014. Publisher: EPGRAF. Editors: FURTADO, D. A.; BARACUHY, J. G. de V.; FRANCISCO, P. R. M.; FERNANDES NETO, S.; SOUSA, V. A. de. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/303967241_MODELO_PARA_ESTIMATIVA_DA_VULNERABILIDADE_A_DESERTIFICACAO. Acesso em: 15 de março de 2023.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. DE; SANTOS, D.; MATOS, R. M. DE. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v 8, n.4, p.1006-1016, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20150049>.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. **Climatologia do Estado da Paraíba**. 1ª ed. Campina Grande: EDUFPG, 2017. 75p. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/573985/2/Climatologia%20do%20Estado%20da%20Paraiba.pdf>. Acesso em: 12 de março de 2023.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; OLIVEIRA, F. P. DE; SANTOS, D.; BARRETO, H. T. S. Vulnerabilidade dos solos à desertificação na bacia do Alto Rio Paraíba. In: **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, 6, 2019, Palmas. Anais...Palmas, 2019.

FRANCISCO; P. R. M.; SANTOS, D.; BRITO, T. P. DE. Potencial natural de erosão e limite de tolerância de perdas de solo em bacia hidrográfica na região do brejo paraibano. **Scientific Journal of Environmental Sciences and Biotechnology**, v.8, n.1, p.33-42, 2022. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/4391>. Acesso em: 12 de março de 2023

GOMES; V. DOS S.; DANTAS; W. M.; BARBOSA, M. A. DA S.; VENDRUSCOLO, J.; ABRANTES; E. G. DE; FÉLIX, V. J. DE L. Tolerância à perda de solo para o município de Guarabira-PB. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 35, 2015, Natal. Anais...Natal, 2015. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglcfindmkaj/https://www.eventossolos.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/2576.pdf>. Acesso em: 12 de março de 2023

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malhas territoriais**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 10 de abril de 2022.

LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. **Erodibilidade de solos paulistas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1975. (Boletim Técnico, 27).

MANNIGEL, A. R.; CARVALHO, C. P.; MORETI, D.; MEDEIROS, L. R. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**, v.24, p.1335-1340, 2002. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v24i0.2374>

NUNES, J. G.; CAMPOS, M. C. C.; OLIVEIRA, F. P.; NUNES, J. C. Tolerância de perda de solo por erosão na região sul do Amazonas. **Ambiência Guarapuava**, v.8, p.859-868, 2012. DOI: [10.5777/ambiencia.2012.05.05](https://doi.org/10.5777/ambiencia.2012.05.05)

OLIVEIRA, F. P. DE. **Determinação da tolerância de perdas por erosão para as principais ordens de solos do Estado da Paraíba**. 89f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2004.

OLIVEIRA, F. P.; SANTOS, D.; SILVA, I. F.; SILVA, M. L. N. Tolerância de perdas de solo por erosão para o Estado da Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.8, n.2, p.60-71, 2008. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglcfindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/500/50080207.pdf>. Acesso em: 11 de março de 2023

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.

PALM, C.; SANCHEZ, P.; AHAMED, S.; AWITI, A. Soils: a contemporary perspective. **Annual Review Environment Resources**, v.32, p.99-129, 2007. DOI: 10.1146/annurev.energy.31.020105.100307

PARAÍBA. Governo do Estado - Secretaria de Agricultura e Abastecimento – CEPA–PB. **Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba**. Relatório ZAP-B-D-2146/1. UFPB-EletoConsult Ltda., 1978. 448p.

PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. **PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas**. Brasília, DF, 2006. 112p.

QGIS. Development Team. 2022. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>.

QUEIROZ, K. B. DE; RIBEIRO, G. DO N.; FRANCISCO; P. R. M.; SILVA, V. F.; SANTOS, D. Potencial natural de erosão e limite de tolerância de perdas de solo na bacia hidrográfica do açude do Namorado, Paraíba. **Scientific Journal of Environmental Sciences and Biotechnology**, v.7, n.3, p.36-48, 2021. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/4365>. Acesso em: 12 de março de 2023

RESENDE, M. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. **Informe Agropecuário**, v.11, n.128, p.3-18, 1985.

SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LEITE, F. P.; CARVALHO NÓBREGA, D. V. Tolerância de perdas de solo por erosão hídrica no vale do rio doce da região centro leste do Estado de Minas Gerais. In: **Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo**, 14, 2002, Cuiabá. Anais...Cuiabá: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. CD ROM.

STAMEY, W. L.; SMITH, R. M. A conservation definition of erosion tolerance. **Soil Science**, v.97, p.183-186, 1964. Disponível em: chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/https://infosys.ars.usda.gov/WindErosion/publications/Andrew_pdf/800.pdf. Acesso em: 22 de março de 2023

VAREJÃO-SILVA M. A.; BRAGA, C. C.; AGUIAR M. J. N.; NIETZCHE M. H.; SILVA, B. B. **Atlas Climatológico do Estado da Paraíba**. UFPB, Campina Grande, 1984.

VIEIRA, M. N. F.; VIEIRA, L. S. Tolerância de perdas de terras para alguns solos amazônicos. **Boletim da FCAP**, n.19, p.71-77, 1990.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington D.C., USDA, 1978. 58p. (Agriculture Handbook, 537).

CONTRIBUIÇÕES DE AUTORIA

1 – Paulo Roberto Megna Francisco

Universidade Federal de Campina Grande, Doutor em Engenharia Agrícola

<https://orcid.org/0000-0002-5062-5434> • paulomegna@gmail.com

Contribuição: Conceituação; Aplicação da metodologia; Análise dos dados; Revisão

2 – Djail Santos

Universidade Federal da Paraíba, Doutor em Ciência do Solo
<https://orcid.org/0000-0003-2207-3115> • santosdjail@gmail.com
Contribuição: Validação; Revisão

3 – Flávio Pereira de Oliveira

Universidade Federal da Paraíba, Doutor em Agronomia
<https://orcid.org/0000-0001-7968-6145> • flavio.oliveira@academico.ufpb.br
Contribuição: Validação; Revisão

4 – George do Nascimento Ribeiro

Universidade Federal de Campina Grande, Doutor em Engenharia agrícola
<https://orcid.org/0000-0003-4225-0967> • george@ufcg.edu.br
Contribuição: Análise dos dados

5 – Viviane Farias Silva

Universidade Federal de Campina Grande, Doutora em Engenharia agrícola
<https://orcid.org/0000-0002-5891-0328> • viviane.farias@professor.ufcg.edu.br
Contribuição: Análise dos dados

6 – Gypson Dutra Junqueira Ayres

Universidade Federal de Campina Grande, Doutor em Engenharia agrícola
<https://orcid.org/0000-0001-5260-1682> • fgypsond@gmail.com
Contribuição: Revisão

7 – Raimundo Calixto Martins Rodrigues

Universidade Estadual do Maranhão, Doutor em Engenharia agrícola
<https://orcid.org/0000-0001-8437-7857> • calixto_80@hotmail.com
Contribuição: Revisão

Como citar este artigo

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D.; OLIVEIRA, F. P. de; RIBEIRO, G. do N.; SILVA, V. F.; AYRES, G. D. J.; RODRIGUES, R. C. M. Distribuição espacial dos limites de tolerância de perda de solos para o Estado da Paraíba utilizando SIG. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 46, e74662, 2024. DOI 10.5902/2179460X74662. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2179460X74662>. Acesso em: dia. mês abreviado. ano.