

ESTIMATIVA DA SALINIDADE DOS SOLOS DO ESTADO DA PARAÍBA UTILIZANDO PEDOTRANSFERÊNCIA E GEOTECNOLOGIAS

Paulo Roberto Megna Francisco¹, Djail Santos², Flavio Pereira de Oliveira², George do Nascimento Ribeiro¹, Viviane Farias Silva¹, Raimundo Calixto Martins Rodrigues³

RESUMO

Este trabalho objetivou estimar e mapear a salinidade dos solos do Estado da Paraíba através de modelagem utilizando técnicas de pedotransferência e geoprocessamento. Utilizou-se dos dados dos atributos químicos, do pH e CE descritos nos perfis representativos e os faltantes utilizou-se a técnica da pedometria. A partir dos dados obtidos o RAS e o PST foram estimados. Utilizando-se o software QGIS[®] os polígonos dos solos foram classificados e mapeados. A classificação dos solos afetados por sais quanto à salinidade e sodicidade foi estimada por modelagem utilizando linguagem algébrica. No tratamento estatístico foi realizada a análise descritiva dos dados e o teste de normalidade utilizando o software RStudio[®]. O pH apresentou-se na diversidade de solos predominantemente na classe moderadamente ácido; o CE na classe não salino/não sódico; o RAS na classe baixa; o PST na classe não solodizado. A estimativa e o mapeamento da Salinidade apresentaram-se normal na maioria dos solos. A CE apresentou maior variabilidade e o RAS o maior desvio padrão; o pH apresentou distribuição regular e o RAS e PST apresentaram distribuição não normal. Os testes de normalidade não apresentaram diferença demonstrando relação entre o RAS e o PST.

Palavras-chave: pH do Solo, Condutividade elétrica, Percentagem de sódio trocável, Razão de adsorção de sódio, Pedometria.

ESTIMATE OF SALINITY OF SOILS IN THE STATE OF PARAÍBA USING PEDOTRANSFER AND GEOTECHNOLOGIES

ABSTRACT

This work aimed to estimate and map the salinity of soils in the State of Paraíba through modeling using geoprocessing techniques. We used the data of chemical attributes, pH and EC described in representative profiles and the missing ones we used the pedometry technique. From the data obtained, the RAS and the PST were estimated. Using the QGIS[®] software, the soil polygons were classified and mapped. The classification of soils affected by salts in terms of salinity and sodicity was estimated by modeling using algebraic language. In the statistical treatment, the descriptive analysis of the data and the normality test were performed using the RStudio[®] software. The pH presented in the diversity of soils predominantly in the moderately acidic class; EC in the non-saline/non-sodic class; the RAS in the lower class; the PST in the non-solodized class. Salinity estimation and mapping were normal in most soils. EC showed the greatest variability and RAS the highest standard deviation; pH showed regular distribution and RAS and PST showed non-normal distribution. Normality tests showed no difference demonstrating a relationship between RAS and PST.

Keywords: soil pH, Electrical conductivity, Percentage of exchangeable sodium, Sodium adsorption ratio, Pedometry.

INTRODUÇÃO

A Pedometria busca formular e resolver questões através de técnicas matemáticas e estatística estando esta área intimamente relacionada a pedologia (MINASNY et al., 2014). Um foco importante da pedometria é a capacidade de mapear. Nesse contexto, entra o mapeamento digital, no qual modelos são aplicados na predição espacial de classes e propriedades do solo (CARVALHO JUNIOR et al., 2020). Conforme McBratney et al. (2003) e Minasny e McBratney (2016), o mapeamento digital dos solos reúne técnicas quantitativas para predição espacial em mapeamento de solos.

Uma característica marcante do solo é a sua heterogeneidade. Assim, em uma paisagem natural, o solo apresenta uma ampla variação de propriedades morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas, tanto horizontal como verticalmente, resultante da superposição dos diversos fatores de formação envolvidos (BECKETT; WEBSTER, 1971). O conhecimento dessa variação é importante para o levantamento e classificação de solos, para a avaliação de sua fertilidade, para o desenvolvimento de esquemas de amostragem mais adequados, para o planejamento experimental, bem como para as definições de práticas apropriadas de manejo e de recuperação (SOUZA, 1992).

No entanto, a salinidade e a sodicidade nos solos afetados por sais representam a maior ameaça para a agricultura em escala global. Especialmente em regiões áridas e semiáridas sendo importante problema afetando a produção agrícola e o uso sustentável das terras (METTERNICHT; ZINCK, 2003; ZHENG et al., 2009; RONGJIANG; JINGSONG, 2010). A salinização do solo é uma das degradações mais ativas e com riscos ambientais em terras irrigadas em todo o mundo, especialmente em áreas secas (FARIFTEH et al., 2006; METTERNICHT; ZINCK, 2003). A salinidade afeta principalmente a absorção de água pelas plantas, devido à redução do potencial osmótico da solução do solo, enquanto que a sodicidade afeta a estrutura do solo e, indiretamente, a disponibilidade da água (BERNARDO, 1995).

Os fenômenos de salinização do solo referem-se a diferentes tipos de desequilíbrios de sais, como sejam o excesso de sais solúveis (salinidade) ou a percentagem de Na^{2+} (sódio) de

troca no complexo de troca do solo (sodicidade) (DALIAKOPOULOS et al., 2016).

Nos solos salinos a pressão osmótica dificulta a absorção de água pelas plantas, levando a stress hídrico. Podem a inda resultar em desequilíbrios na absorção de nutrientes ou em toxicidade de alguns elementos. Nos solos sódicos existe um excesso de Na^{2+} de troca e uma baixa concentração de sais solúveis. Esta conjugação leva à expansão e dispersão das argilas e à degradação da estrutura porosa do solo e à formação de camadas de baixa permeabilidade que, entre outros impactos, restringem o crescimento das raízes, a capacidade de retenção de água do solo. Os solos salino-sódicos têm um excesso de Na^{2+} de troca e de sais solúveis, mas, neste caso, a força eletrostática resultante dos sais dissolvidos na água do solo impede a dispersão das argilas e consequentes impactos (WEIL; BRADLEY, 2017).

A salinidade do solo é geralmente expressa pela condutividade elétrica do extrato de saturação (CE), permitindo comparar a concentração de sais entre amostras, independentemente do seu teor de água inicial. A percentagem de sódio trocável (PST) e a razão de adsorção de sódio (RAS) são parâmetros usados para determinar a sodicidade do solo (PAZ et al., 2020). Os solos são classificados quanto aos problemas de salinidade a partir das variáveis pH, condutividade elétrica do extrato da saturação (CE) e percentagem de sódio trocável (PST) (BATISTA et al., 2002).

Sabe-se que a CE do solo possui relações com vários atributos do solo (KRAVCHENKO et al., 2002). A Condutividade Elétrica (CE) mede a capacidade da solução do solo para conduzir eletricidade e é expressa em dS m^{-1} . Uma vez que, a água pura é um mau condutor de eletricidade, um aumento dos sais solúveis resulta em um aumento proporcional na CE da solução (SONON et al., 2015). Assim, o conteúdo em sais do solo pode ser estimado aproximadamente a partir de uma medição de condutividade elétrica em uma pasta de solo saturada ou em uma suspensão mais diluída de solo em água (USDA, 1954). Um solo salino tem uma CE do extrato da pasta saturada superior a 4 dS m^{-1} .

Portanto, propõe-se neste trabalho, estimar e mapear a salinidade dos solos do

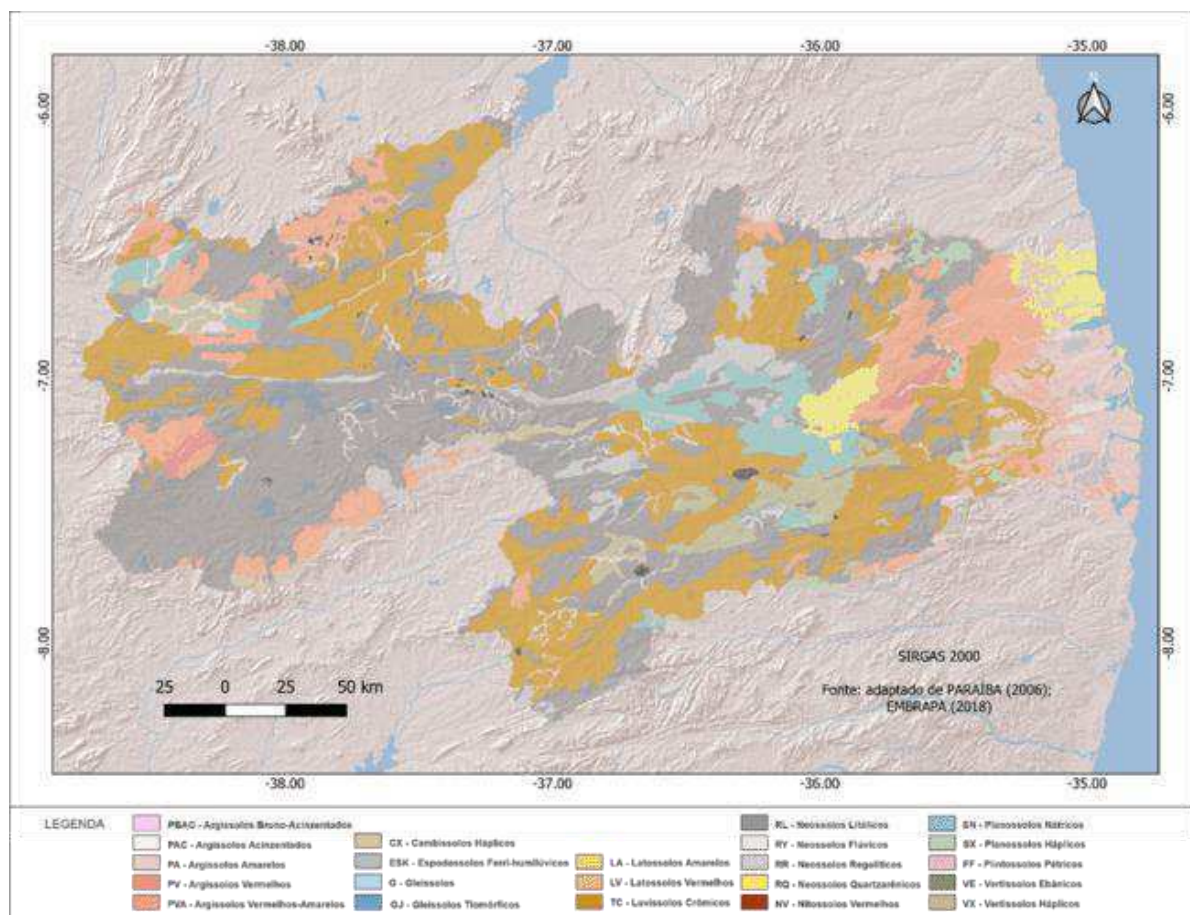
Estado da Paraíba através de modelagem utilizando técnicas de pedotransferência e geoprocessamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O Estado da Paraíba, localizado na região Nordeste do Brasil, 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 Estado do Rio Grande do Norte; ao Leste, com o Oceano Atlântico; a Oeste, com o Estado do Ceará; e ao Sul, com o Estado de Pernambuco (FRANCISCO, 2010).

As classes predominantes de solos área de estudo estão descritas no Zoneamento

Agropecuário do Estado da Paraíba (PARAÍBA, 1978), e estas diferem pela diversidade geológica, pedológica e geomorfológica; atendendo também a uma diversidade de características de solo, relacionadas à morfologia, cor, textura, estrutura, declividade e pedregosidade e outras características (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 de Souza, e os Argissolos Vermelho Amarelo e os Neossolos Quartzarênicos no litoral do Estado (FRANCISCO, 2010) (Figura 1).



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

Para a elaboração dos mapas foi criada uma planilha no Excel[®] onde utilizou-se dos dados de Na²⁺ (cmolc kg⁻¹), Ca²⁺ (cmolc kg⁻¹), Mg²⁺ (cmolc kg⁻¹), K²⁺ (cmolc kg⁻¹), Al³⁺ (cmolc kg⁻¹), H⁺ (cmolc kg⁻¹), pH (adimensional) e CE (dS m⁻¹) descritos nos perfis representativos de BRASIL (1972) (Levantamento Exploratório e

de Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba), PARAÍBA (1978) (Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba) e EMBRAPA (2017) (Levantamento pedológico detalhado e estoque de carbono orgânico do solo da Floresta Nacional Restinga de Cabedelo).

Como somente 16 perfis do Boletim de 1972 estão descritos os resultados de CE portanto os demais foram extraídos do Boletim de 1978 utilizando a técnica da pedometria, denominada pedotransferência, que consiste em transferência de valores para solos com descrição similar e localizados na mesma região. De acordo com Coelho et al. (1998), essa ferramenta é recomendada para uso em grandes áreas, onde as propriedades físicas dos solos sejam semelhantes às dos conjuntos de dados empregados para seu desenvolvimento.

A partir dos dados obtidos, o RAS que mede a razão entre a concentração de Na^{2+} solúvel relativamente à concentração de Ca^{2+} e Mg^{2+} solúveis, e o PST em que é a porcentagem de Na^{2+} no complexo de troca, sendo a razão entre a concentração de Na^{2+} de troca e a capacidade de troca catiônica do solo (CTC) foram estimados utilizando as Equações 1 e 2 e classificados conforme a Tabela 1.

$$\text{RAS} = \text{Na}^{2+} / (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} / 2)^{0,5} \text{ (Eq.1)}$$

$$\text{PST} = \text{Na}^{2+} / (\text{CTC Total}) * 100 \text{ (Eq.2)}$$

Em que: Na^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} - cátions solúveis (cmolc kg^{-1}); CTC Total - capacidade de troca de cátions total - Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^{2+} , Al^{3+} e H^{+} (cmolc kg^{-1}).

Utilizando-se o software QGIS[®] 3.3 foi importado arquivo digital em formato shape dos solos da área de estudo na escala de 1:200.000 fornecido pela AESA (PARAÍBA, 2006), representando a área de estudo e a ocorrência e distribuição das classes de solos predominantes no Estado e seus limites atualizados (IBGE, 2021). Em seguida, utilizando a tabela de atributos os polígonos dos solos foram classificados com os valores obtidos. Após foram elaborados os respectivos mapas conforme a Tabela 1. Para os cálculos de áreas foi utilizada a calculadora *raster* e o *plugin GRASS[®] r.report*.

Tabela 1. Classificação dos parâmetros das variáveis e da modelagem

*pH em Água	Classe	**PST (%)	Classe	***RAS (cmolc kg^{-1})	Classe	****CE (dS m^{-1})	Classe
< 4,30	Extremamente ácido	0 - 5	Não solodizado	0 - 6,5	Baixo	0 - 1	Não Salino/ Não Sódico
4,30 - 5,30	Fortemente ácido	5 - 10	Fracamente solodizado	6,5 - 13	Médio	1 - 2	Não Salino/ Não Sódico
5,30 - 6,50	Moderadamente ácido	10 - 15	Solodizado	13 - 20	Alto	2 - 4	Não Salino/ Não Sódico
6,50 - 7,30	Praticamente neutro	15 - 20	Fortemente solodizado	20 - 40	Muito Alto	4 - 6	Salino
> 7,30	Moderadamente alcalino	> 20	Solonetz			> 6	Sódico

Fonte: adaptado de *Gama (2004); **Vieira e Vieira (1983); ***Richards (1954); ****Vasques et al. (2021).

A classificação dos solos afetados por sais quanto à salinidade e sodicidade foi estimada por modelagem utilizando linguagem algébrica através da calculadora *raster* do QGIS[®] sendo utilizado os parâmetros da metodologia de Richards (1954) (Figura 2) em que, $\text{CE} \geq 4 \text{ dS m}^{-1}$ para solos salinos e $\text{PST} \geq 15\%$ para solos sódicos com $\text{RAS} \geq 13$ e com os limites do pH < 8,5 recomendado pela EMBRAPA (2015) (Tabela 2).

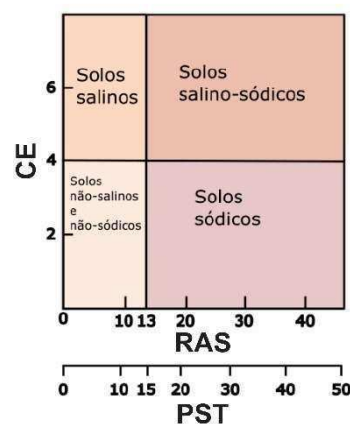


Figura 2. Classificação do solo quanto à salinidade e sodicidade.

Fonte: adaptado de Weil e Bradley (2017).

Tabela 2. Critérios e limites para a classificação de solos afetados por sais

Classificação	CE (dS m ⁻¹)	RAS (cmolc kg ⁻¹)	PST (%)	pH
Normal	< 4	< 13	< 15	< 8,5
Salino	≥ 4	< 13	< 15	< 8,5
Salino Sódico	≥ 4	≥ 13	≥ 15	> 8,5
Sódico	< 4	≥ 13	≥ 15	> 8,5

Fonte: adaptado de Richards (1954); EMBRAPA (2015).

No tratamento estatístico foi realizada a análise descritiva dos dados e o teste de normalidade utilizando o software RStudio[®] v.2023. Para avaliação foi utilizado a regressão clássica, conforme o modelo de regressão (Equação 3).

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon_i \text{ (Eq.3)}$$

Onde: Y_i é uma observação da variável dependente; X_1, X_2, \dots, X_n são as variáveis independentes; $\beta = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ são referidos como coeficientes de regressão correspondentes,

e ε_i é o erro associado às observações da variável dependente.

Para verificar se as amostras procediam de uma determinada distribuição de probabilidade, foram usados os testes de hipóteses não paramétricos de Anderson-Darling (1954), Shapiro-Wilk (1965) e Lilliefors (1967).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 são apresentados os valores dos atributos dos solos descritos nos boletins, pH e CE, e a estimativa de determinação do RAS e PST.

Tabela 3. Parâmetros da modelagem

Município/Amostra	N.º Perfil	Classe de solos	pH	CE (dS m ⁻¹)	RAS (cmolc kg ⁻¹)	PST (%)
Areia	1**	Latossolos Amarelos – LA	4,3	1,06	10,66	0,32
Litoral	3**	Latossolos Amarelos – LA	4,2	0,82	12,06	0,40
Cuité	4	Latossolos Amarelos – LA	5,0	0,24	4,22	0,95
Araruna	6**	Latossolos Amarelos – LA	5,8	0,24	5,77	1,28
Mamanguape	7	Argissolos Acinzentados – PAC	4,8	0,89	4,78	0,89
Natuba	6	Argissolos Amarelos – PA	5,3	0,89	4,00	0,49
Pitimbu	8	Argissolos Amarelos – PA	5,1	0,89	4,10	0,52
Rio Tinto	9	Argissolos Amarelos – PA	5,9	0,89	2,49	0,56
Sapé	10	Argissolos Amarelos – PA	4,5	0,89	5,00	0,56
Pedras de Fogo	11	Argissolos Amarelos – PA	4,5	0,89	5,00	0,56
Sapé	18	Argissolos Amarelos – PA	5,3	0,24	4,24	1,08
Alhandra	3	Argissolos Vermelho-Amarelos – PVA	5,2	0,82	0,58	0,12
Princesa Izabel	12	Argissolos Vermelho-Amarelos – PVA	5,9	0,24	8,85	1,74
Jacaráú	19	Argissolos Vermelho-Amarelos – PVA	6,3	0,24	7,07	2,06
Areia	20	Argissolos Vermelho-Amarelos – PVA	6,3	0,59	4,22	0,55
Bonito de Santa Fé	13	Argissolos Vermelhos – PV	4,7	0,24	5,45	0,95
Teixeira	15	Argissolos Vermelhos – PV	6,6	0,24	2,41	0,49
Guarabira	21	Argissolos Vermelhos – PV	5,4	0,59	10,91	1,48
Lagoa Seca	22	Argissolos Vermelhos – PV	5,5	0,59	5,47	0,71
Alagoa Grande	23	Argissolos Vermelhos – PV	5,8	0,80	2,69	0,52
Jacaráú	19	Plintossolos Argilúvicos – FT	6,3	0,24	7,07	2,06
Teixeira	14	Plintossolos Pétricos – FF	4,7	0,24	5,45	0,89
Pombal	24	Luvissolos Crômicos – TC	6,2	0,80	2,84	0,62
Monteiro	25	Luvissolos Crômicos – TC	6,2	0,29	3,32	0,50
Patos	26	Luvissolos Crômicos – TC	6,2	0,29	3,32	0,50
Solânea	27	Luvissolos Crômicos – TC	6,8	0,80	9,13	1,83
Sapé	28*	Luvissolos Crômicos – TC	5,8	0,80	7,38	1,17
Ingá	29*	Luvissolos Crômicos – TC	6,2	1,20	10,70	2,03
São Miguel de Taipu	30	Luvissolos Crômicos – TC	7,0	0,37	4,97	0,81
São Mamede	31	Luvissolos Crômicos – TC	5,9	1,00	8,78	1,69
Barra de Santa Rosa	32*	Luvissolos Crômicos – TC	7,4	1,00	3,95	0,97
Cuité	33*	Luvissolos Crômicos – TC	7,4	1,00	3,95	0,97
Gurinhém	34*	Planossolos Háplicos – SX	5,9	1,00	8,39	1,88
Tacima	35*	Planossolos Háplicos – SX	6,1	1,00	9,30	1,96
Tavares	16	Cambissolos Háplicos – CX	6,7	1,20	3,69	0,90
Princesa Izabel	36	Cambissolos Háplicos – CX	7,4	1,24	5,80	1,30
Taperoá	37	Cambissolos Háplicos – CX	6,1	1,24	4,24	0,86
Conceição	55	Cambissolos Háplicos – CX	6,8	0,40	8,47	1,46
Queimadas	40*	Vertissolos Ebânicos – VE	7,7	0,80	16,64	1,94
Campina Grande	40*	Vertissolos Háplicos – VX	7,7	0,80	16,64	1,94
Souza	40*	Vertissolos Háplicos – VX	7,7	0,80	16,64	1,94
Sumé	40*	Vertissolos Háplicos – VX	7,7	0,80	16,64	1,94

Boqueirão	40*	Vertissolos Háplicos – VX	7,7	0,80	16,64	1,94
Cubati	43****	Planossolos Nátricos – SN	6,6	0,44	40,82	3,93
Campina Grande	44****	Planossolos Nátricos – SN	6,6	0,44	40,82	3,93
Uiraúna	45****	Planossolos Nátricos – SN	6,6	0,44	40,82	3,93
Conde	46***	Espodosolos Ferri-humulílicos – ESK	5,7	1,70	2,45	0,57
Santa Rita	47*	Neossolos Flúvicos – RY	5,5	0,80	15,21	1,83
São José de Piranhas	48	Neossolos Litólicos – RL	5,4	0,40	7,03	1,42
Santana dos Garrotes	49	Neossolos Litólicos – RL	6,5	0,40	2,62	0,49
Picuí	50	Neossolos Litólicos – RL	6,5	0,40	2,62	0,49
Umbuzeiro	51	Neossolos Litólicos – RL	5,4	0,68	8,70	1,66
Soledade	53	Neossolos Litólicos – RL	6,9	0,40	5,93	1,53
Piancó	56	Neossolos Litólicos – RL	6,9	0,40	5,93	1,61
Alagoinhas	59	Neossolos Litólicos – RL	5,5	0,97	4,51	0,66
Araruna	52	Neossolos Regolíticos – RR	6,5	0,40	6,32	1,37
Souza	54	Neossolos Regolíticos – RR	5,5	0,40	7,91	1,90
Junco do Seridó	57	Neossolos Regolíticos – RR	6,4	0,40	4,56	1,35
Fagundes	58	Neossolos Regolíticos – RR	6,5	0,40	17,07	3,08
Solânea	60	Neossolos Regolíticos – RR	5,9	0,53	5,27	1,47
Livramento	62	Neossolos Regolíticos – RR	5,9	0,53	5,27	1,49
Teixeira	61	Neossolos Quartzarênicos – RQ	5,3	0,87	6,29	1,94
Campina Grande	63	Neossolos Quartzarênicos – RQ	5,2	0,87	2,86	0,69
Cabedelo	64	Neossolos Quartzarênicos – RQ	6,6	0,40	3,25	1,66
Conde	***	Gleissolos Tiomórficos Órticos sálicos - GJ	6,1	1,69	13,98	3,78
Conde	***	Gleissolos	5,5	1,77	3,16	0,99

Fonte: *BRASIL (1972); **PARAÍBA (1978); ***EMBRAPA (2017); ****Saraiva (2016); EMBRAPA (2018).

Pelos resultados obtidos, pode-se observar nas Figuras 3 e 4, a distribuição espacial dos dados das variáveis (Tabela 4). Na Figura 3a e 3b verifica-se a distribuição espacial do pH e a CE do solo. Observa-se que, o pH se distribui em 66,31% (37.445,97 km²) das terras na classe Moderadamente ácido (5,30-6,50) distribuída por todo o Estado; as classes Extremamente e Fortemente ácido contemplam 13,64% da área

localizadas na região do Agreste e Litoral sul; quanto a classe Moderadamente alcalino (>7,30) apresenta-se em somente 0,68% dos solos localizadas sob o Planalto da Borborema. Para a CE observa-se que, estes apesar de estarem representados em classes categorizadas não ultrapassam os valores de Não Salino/Não Sódico até 2 dS m⁻¹.

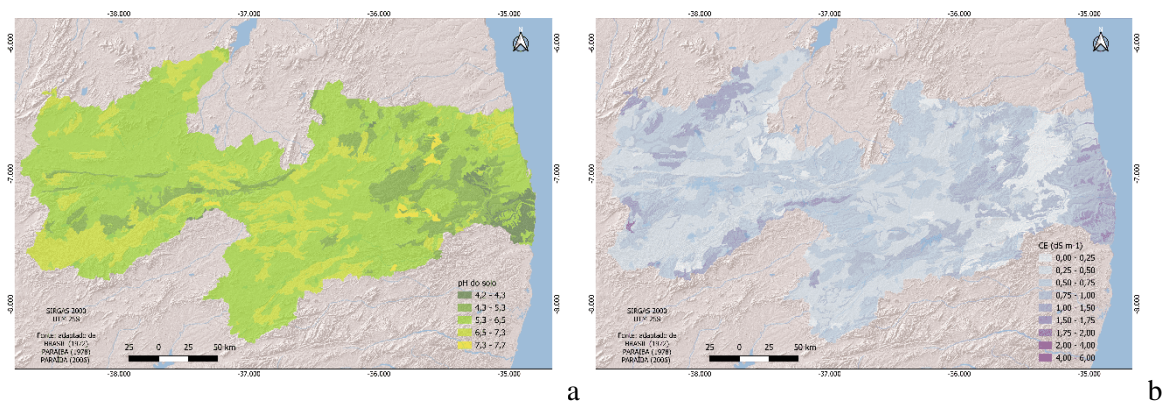


Figura 3. (a) pH do solo (adimensional); (b) CE (dS m⁻¹).

Fonte: adaptado de BRASIL (1972); PARAÍBA (1978; 2006); IBGE (2021); ESRI (2022).

Na Figura 4a e 4b verifica-se a distribuição espacial do RAS e do PST do solo. Observa-se que, o RAS se distribui em 72,80% (41.107,89 km²) das terras na classe Baixo (0-6,5 cmolc kg⁻¹) distribuída por todo o Estado; a classe de valor Médio (6,5-13 cmolc kg⁻¹) contempla 15,77% da área (8.904,12 km²); quanto as classes Alto e Muito Alto (>13), se

apresentam em 11,43% das terras localizadas nas regiões interiores semiáridas. O PST em sua maioria, se apresenta como Não solodizado (0-5%) em 95,22% das terras; seguida pela classe Fracamente solodizado (5-10%) em 2.698,64 km² representando somente 4,78% da área de estudo.

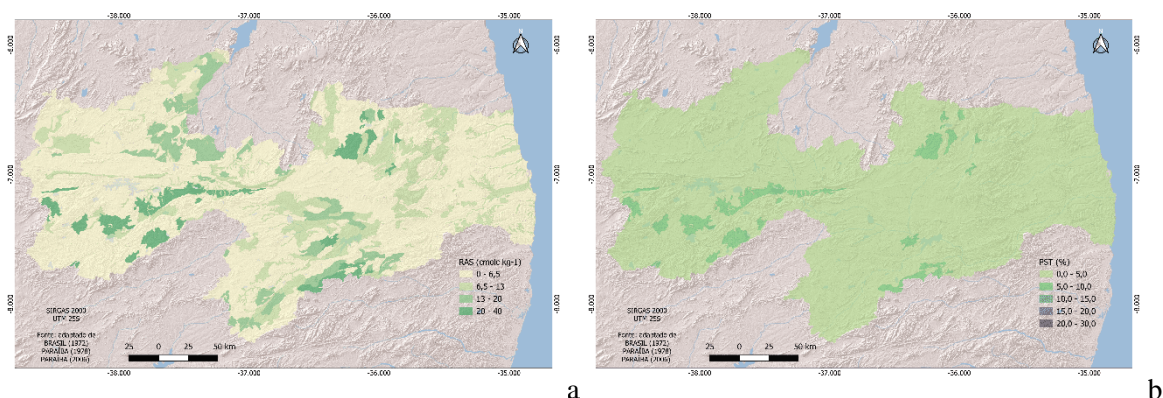


Figura 4. (a) RAS (cmolc kg⁻¹); (b) PST (%).

Fonte: adaptado de BRASIL (1972); PARAÍBA (1978; 2006); IBGE (2021); ESRI (2022).

Na Tabela 4 pode-se observar a distribuição espacial dos parâmetros pH e CE, como da estimativa da RAS e PST.

Tabela 4. Distribuição espacial dos parâmetros

pH em Água	Classe	Área (km ²)	%	CE (dS m ⁻¹)	Classe	Área (km ²)	%
< 4,30	Extremamente ácido	1.029,68	1,82	0 - 1	Não Salino/ Não Sódico	52.867,59	93,63
4,30 - 5,30	Fortemente ácido	6.673,98	11,82	1 - 2	Não Salino/ Não Sódico	3.599,65	6,37
5,30 - 6,50	Moderadamente ácido	37.445,97	66,31	2 - 4	Não Salino/ Não Sódico	-	-
6,50 - 7,30	Praticamente neutro	10.933,11	19,36	4 - 6	Salino	-	-
> 7,30	Moderadamente alcalino	384,50	0,68	> 6	Sódico	-	-
Total		56.467,24	100			56.467,24	100
RAS (cmolc kg ⁻¹)	Classe	Área (km ²)	%	PST (%)	Classe	Área (km ²)	%
0 - 6,5	Baixo	41.107,89	72,80	0 - 5	Não solodizado	53.768,60	95,22
6,5 - 13	Médio	8.904,12	15,77	5 - 10	Fracamente solodizado	2.698,64	4,78
13 - 20	Alto	3.756,60	6,65	10 - 15	Solodizado	-	-
20 - 40	Muito Alto	2.698,63	4,78	15 - 20	Fortemente solodizado	-	-
				> 20	Solonetz	-	-
Total		56.467,24	100			56.467,24	100

Através da Figura 5, representativa da distribuição espacial da Salinidade dos solos, e consultando a Tabela 5, pode-se verificar que, a classe Salino representa 22,45% da área do

Estado (12.675,49 km²), seguida da classe Normal em 77,55% (43.791,75 km²) sob a diversidade de solos.

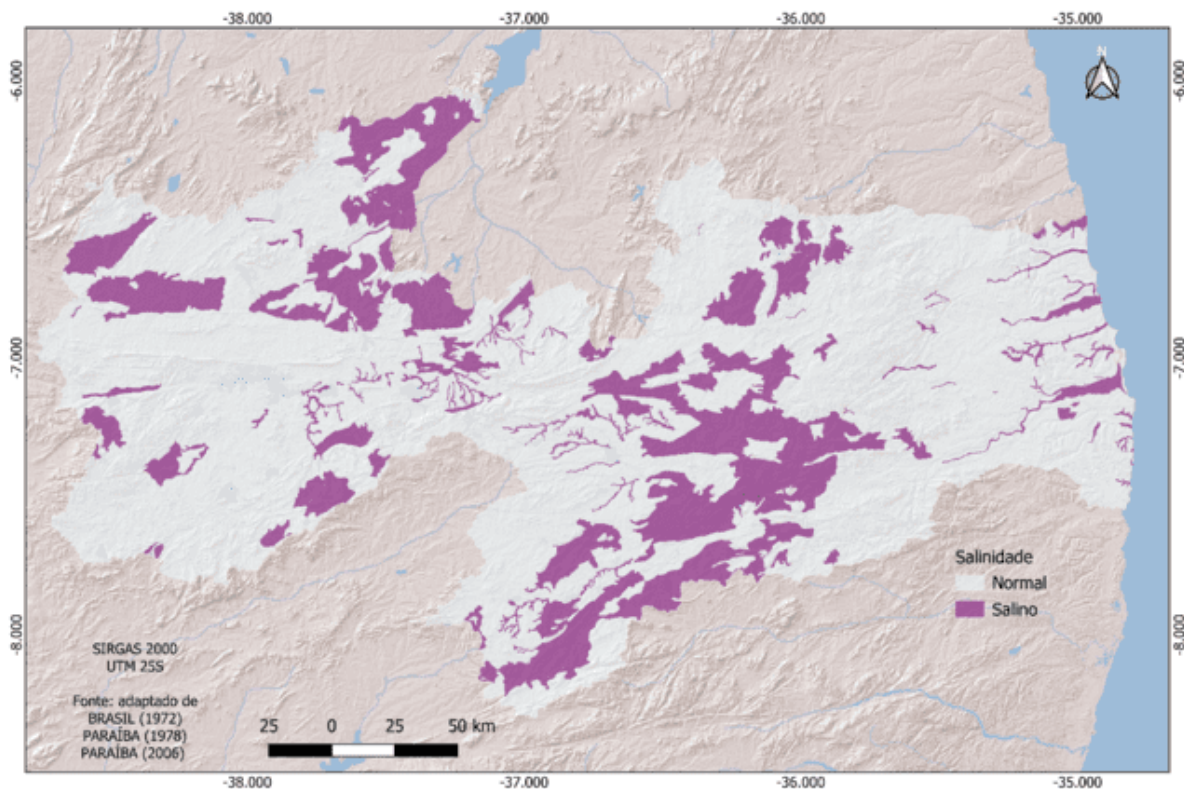


Figura 5. Salinidade dos solos do Estado da Paraíba.

Fonte: adaptado de BRASIL (1972); PARAÍBA (1978; 2006); IBGE (2021); ESRI (2022).

Tabela 5. Classificação de solos afetados por sais

Classe	Área (km ²)	%
Normal	43.791,75	77,55
Salino	12.675,49	22,45
Salino Sódico	-	-
Sódico	-	-
Total	56.467,24	100,00

Na região do Sertão próximo ao município de Sousa observa-se a salinidade em Neossolos Flúvicos localizados em região do perímetro irrigado, em que Leite et al. (2012) afirmam que, nesses perímetros irrigados, os problemas de sais nos solos decorrem da drenagem deficiente da água, sendo consequências da baixa permeabilidade dos solos, das condições topográficas desfavoráveis e da constante exploração agrícola das terras. Chaves et al. (1998), constataram a ocorrência de problemas de salinidade ($CE > 4 \text{ dS m}^{-1}$) e sodicidade ($PST > 8\%$) em aproximadamente 19 e 52%, respectivamente, em Vertissolos, Neossolos Flúvicos eutróficos e Argissolos Vermelho-Amarelos eutróficos em Sousa.

Para estes mesmos solos, Albuquerque et al. (2018) obtiveram resultados que demonstraram um pH relativamente alto, superior a 7, demonstrando que os solos

apresentam uma reação alcalina, com elevadas concentrações de ânions adsorvidos no complexo trocável. Embora os solos apresentem elevada saturação por bases, a reação alcalina e o excesso de sódio tendem a provocar, na prática, um desequilíbrio nas propriedades físicas e químicas, ou seja, dispersão das argilas, adensamento, baixa percolação da água e reações de oxirredução pouco intensas, propriedades desfavoráveis que prejudicam a prática agrícola e o desenvolvimento das plantas de uma forma geral. De acordo com Santos et al. (2009) e Gonçalves et al. (2011), o excesso de sais solúveis pode causar sérios danos à maioria das culturas, por incremento da pressão osmótica da solução e diminuição da disponibilidade de água para as plantas.

Para os Planossolos Nátricos os resultados demonstram o valor de 6,6 para o pH. Resultado similar observado por Souza et al.

(2016) que obtiveram valores entre 4,67 e 8,03 de pH, em que variaram de moderadamente ácida a alcalina de acordo com os critérios adotados por Richards (1954).

O Vertissolo Cromado sob diferentes condições de uso estudado por Costa et al. (2018) na região do Sertão apresentou pH com valor médio de 7,0. Resultado compatível com este trabalho. Quanto aos Latossolos Amarelos, Araújo (2021) observou no município de Cuité valores de pH e RAS similares a este trabalho.

Lima et al. (2013) avaliando os atributos físicos e químicos de solos de áreas agrícolas do Estado da Paraíba obtiveram para o pH dos Latossolos, Luvisolos, Argissolos e Neossolos valores 4,65; 5,81; 5,24 e 6,38, respectivamente. Silva et al. (2019) obtiveram para o Planossolo Háptico da região do Agreste valores médios para o pH de 5,0. Valores compatíveis com os resultados deste trabalho.

Em relação ao Argissolos Vermelho-Amarelos, Silva (2016) avaliando atributos físicos e químicos de solos cultivados com bananeiras no brejo paraibano obteve valores de PST de 1,56 (%). Neste trabalho observa-se valores de PST para estes solos até 2,06 (%), resultado similar a este trabalho. Quanto ao pH os autores obtiveram valores entre 4,73 e 7,02, valores também similares a esta pesquisa. Nos mesmos solos da região Santos et al. (2010) obtiveram valores para o pH do solos entre 4,45 e 5,06.

Corrêa et al. (2003) encontraram valores de PST de 0,9 para os Vertissolos, 0,9 para os Luvisolos, 2,0 para o Planossolo e 2,3 para os Neossolos Flúvicos. Divergindo somente com os resultados deste trabalho quando aos resultados dos Vertissolos.

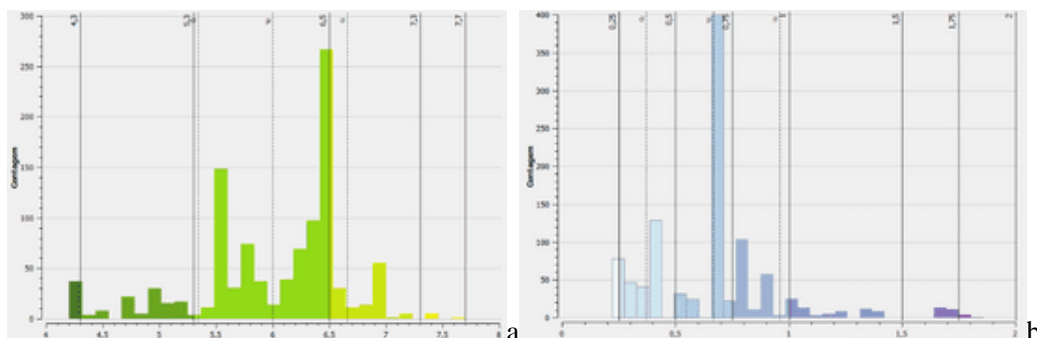
Em Luvisolos Crômicos localizados no município de Boqueirão, região do Cariri,

Macedo et al. (2022), avaliando indicadores físicos e químicos destes solos, obtiveram valores máximos de CE de $3,9 \text{ dS m}^{-1}$ e de 8,7 para o pH. Valor similar do pH e condutividade elétrica maior devido a obtenção de dados em área de agrossistema que eleva o valor.

Alves (2019) avaliando atributos químicos, físicos e biológicos dos solos no Cariri nos municípios de Sumé e São José dos Cordeiros, observou valores médios de pH de 6,5 para o Neossolo Litólico e Neossolo Regolítico. Quanto ao Neossolo Regolítico, localizado em Solânea, região do Brejo, Costa e Silva (2021) observaram valores de pH de 6,2 para estes solos, valor similar a este trabalho. Vendruscoso et al. (2022), observaram para o Neossolo Litólico localizado no município de Remígio, onde obtiveram valores médios de pH de 6,99 e PST de 1,84 (%). Resultados similares a este estudo.

Nos histogramas dos mapas de espacialização pode-se verificar a distribuição das variáveis em estudo. No histograma do pH do solo (Figura 6a), verifica-se que o valor médio (μ) apresenta-se em 5,92 com desvio padrão (σ) de 0,71 demonstrando sua variabilidade (Tabela 6). Almeida Júnior et al. (2015) avaliaram 94 amostras de solos do Estado da Paraíba e obtiveram valores de pH entre 5,7 e 7,2. Resultado similar a este trabalho.

No histograma da CE (Figura 6b) o valor médio (μ) apresenta-se em 0,66 com desvio padrão (σ) de 0,32 demonstrando também sua variabilidade de dados. No histograma do RAS do solo (Figura 6c), verifica-se que o valor médio (μ) apresenta-se em 7,72 com desvio padrão (σ) de 7,24 demonstrando sua alta variabilidade. No histograma do PST (Figura 6d) o valor médio (μ) apresenta-se em 1,43 com desvio padrão (σ) de 1,22 demonstrando pouca variabilidade dos dados.



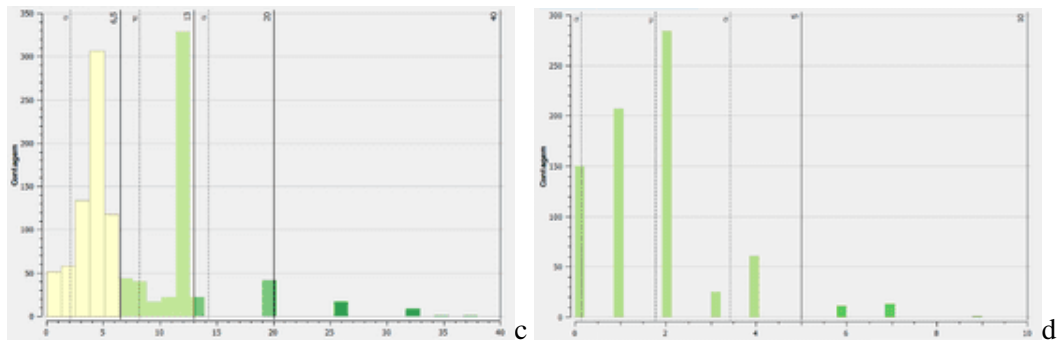


Figura 6. Histogramas (a) pH do solo (adimensional); (b) CE (dS m^{-1}); (c) RAS (cmolc kg^{-1}); (d) PST (%).

Na Tabela 6, da análise estatística descritiva das variáveis, observam-se os menores valores na variável CE entre 0,22 e 1,86 com uma mediana em 0,68 apresentando a maior

variabilidade. A variável RAS é a que apresenta o maior valor médio de alcance entre as demais e apresenta o maior desvio padrão.

Tabela 6. Análise descritiva das variáveis

Atributo/Variável	Min.	Média	Mediana	Max.	Desv. Pad.	Variabilidade	Q1	Q3
pH	4,20	5,92	6,10	7,70	0,71	31	5,50	6,50
CE	0,22	0,66	0,68	1,86	0,32	38	0,40	0,87
RAS	0,58	7,72	5,93	38,00	7,24	19	3,54	8,39
PST	0,15	1,43	1,10	8,74	1,22	9	0,83	1,68

Observa-se, também, que os valores das médias e medianas das variáveis são próximos entre si, resultado similar encontrado por Souza et al. (2000) avaliando Neossolos Flúvicos na região do Sertão Paraibano.

Nos boxplots dos quantis teórico e acumulado (Figura 7), observa-se uma distribuição regular nas variáveis pH e CE, já as variáveis RAS e PST segue comportamento de distribuição não normal acima do valor 1 Teórico.

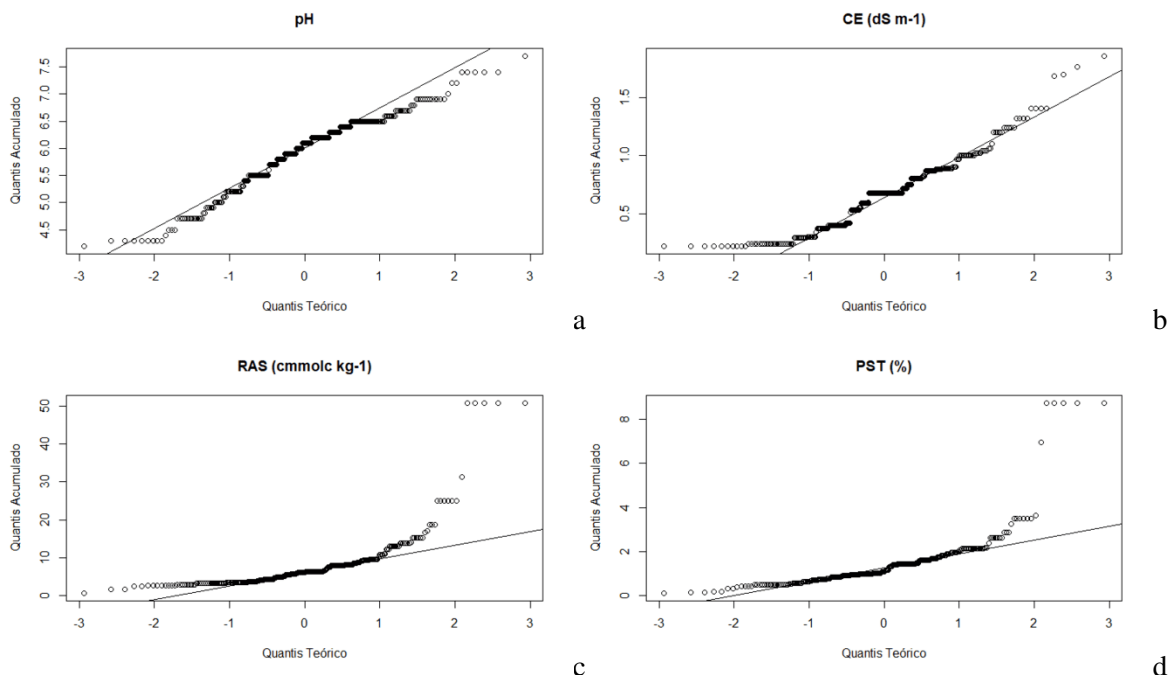


Figura 7. Boxplot das variáveis (a) pH do solo (adimensional); (b) CE (dS m^{-1}); (c) RAS (cmolc kg^{-1}); (d) PST (%).

Na Tabela 7 pode-se observar os resultados dos testes de normalidade de Anderson-Darling, Lilliefors e Shapiro-Wilk, em

que se apresentam semelhantes entre si, o que leva a aceitar a hipótese de normalidade nos dados. Os testes não apresentam diferença entre

o p-valor da RAS e PST demonstrando relação ente estes.

Tabela 7. Testes de normalidade

Atributo/Variável	Anderson Darling		Lilliefors		Shapiro-Wilk	
	A	p-valor	A	p-valor	W	p-valor
pH	3,728	2,55 ^{e-09}	0,113	7,10 ^{e-10}	0,967	2,79 ^{e-06}
RAS	29,894	2,20 ^{e-16}	0,237	2,20 ^{e-16}	0,588	2,20 ^{e-16}
PST	23,828	2,20 ^{e-16}	0,194	2,20 ^{e-16}	0,612	2,20 ^{e-16}
CE	3,664	3,64 ^{e-09}	0,108	5,56 ^{e-09}	0,943	2,88 ^{e-09}

CONCLUSÃO

O uso da técnica de pedotransferência proporcionou resultados satisfatórios aliado ao uso das geotecnologias, a geoespacialização dos parâmetros foi realizada com rapidez e precisão.

O pH apresentou-se na diversidade de solos predominantemente na classe moderadamente ácido; o CE na classe não salino/não sódico; o RAS na classe baixa; o PST na classe não solodizado.

A estimativa e o mapeamento da Salinidade apresentaram-se normal na maioria dos solos.

A CE apresentou maior variabilidade e o RAS o maior desvio padrão; o pH apresentou distribuição regular e o RAS e PST apresentaram distribuição não normal.

Os testes de normalidade não apresentaram diferença demonstrando relação entre o RAS e o PST.

AGRADECIMENTOS

À Fapesq e ao CNPq.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, A. S.; FONSÊCA, N. C.; SANTOS, R. V. DOS; MEDEIROS, W. P. Atributos químicos em solo salino-sódico e efeito do ácido sulfúrico no crescimento da *Prosopis juliflora*. Revista de Ciências Agrárias, v.61, p.1-8, 2018.

ALMEIDA JÚNIOR, A. B. DE; NASCIMENTO, C. W. A. DO; BARROS, F. M. DO R.; BIONDI, C. M. Teores naturais de bário em solos do Estado da Paraíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35, 2015, Natal. Anais...Natal, 2015.

ALVES, M. A. B. Variabilidade espaço-sazonal de atributos químicos, físicos e biológicos em

topossequência no cariri paraibano. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2019.

ANDERSON, T. W.; DARLING, D. A. A test of goodness of t. Journal of American Statistical Association, v.49, p.765-769, 1954.

ARAÚJO, R. S. R. DE. Monitoramento da salinidade de um latossolo cultivado com maracujazeiro irrigado com água salina. 34f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química). Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2021.

BATISTA, M. J.; NOVAES, F.; SANTOS, D. G.; SUGUINO, H. H. Drenagem como instrumento de dessalinização e prevenção da salinização de solos. 2.ed. rev. e ampl. Brasília: CODEVASF, 2002. 216p.

BECKETT, P. H. T.; WEBSTER, R. Soil variability: a review. Soil Fertil., v.34, p.1-15, 1971.

BERNARDO, S. Manual de irrigação. 6 ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento Exploratório e de Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro. (Boletins DPFS-EPE-MA, 15 - Pedologia 8). Convênio MA/CONTA/USAID/BRASIL, 1972.

CARVALHO JUNIOR, W. DE; PINHEIRO, H. S. K.; BARBOSA, T. R. P. Pedometria e mapeamento digital: contribuições na classificação e mapeamento de solos. (org.) SILVA-MATOS, R. R. S.; BARBOSA, L. M. P.; ARAUJO, M. B. F. In: Resultados Econômicos e de Sustentabilidade nos Sistemas nas Ciências Agrárias 2. 43-60p. Atena Editora, 2020.

- CHAVES, L. H. G.; MENINO, I. B.; ARAÚJO, I. A.; CHAVES, I. B. Avaliação da fertilidade dos solos das várzeas do município de Sousa, PB. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.2, p.262-267, 1998.
- COELHO, E. F.; CONCEIÇÃO, M. A.; SOUZA, V. A. B. Estimativa dos limites de disponibilidade de água em função da densidade global e da textura do solo. *Revista Ceres*, v.45, p.183-192, 1998.
- CORRÊA, M. M.; KER, J. C.; MENDONÇA, E. S.; RUIZ, H. A.; BASTOS, R. S. Atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos da região das várzeas de Sousa (PB). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.311-324, 2003.
- COSTA, G. G. DA SILVA; MARTINS, A. F.; OLIVEIRA, F. P. DE. Atributos físicos e biológicos em Vertissolo Cromado sob agricultura biodinâmica na mesorregião do sertão Paraibano. *Revista Agropecuária Técnica*, v.39, n.1, p.31-42, 2018.
- COSTA, P. M. DE A.; SILVA, T. S. DA. Levantamento fitossociológico de plantas espontâneas associadas as condições de solo no brejo paraibano. *Revista Verde*, v.16, n.2, p.224-228, 2021.
- DALIAKOPOULOS, I. N.; TSANIS, I. K.; KOUTROULIS, A.; KOURGIALAS, N. N.; VAROUCHAKIS, A. E.; KARATZAS, G. P.; RITSEMA, C. J. The threat of soil salinity: A European scale review. *Science of The Total Environment*, v.573, p.727-739, 2016.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos. SOBRAL, L. F. et al. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 13p. (Documentos, 206).
- 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).
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. SANTOS et al. 5a. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 359p.
- ESRI. Mapa Topográfico Mundial. Disponível em: <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=30e5fe3149c34df1ba922e6f5bbf808f>. Acesso em: novembro de 2022.
- FARIFTEH, J.; FARSHAD, A.; GEORGE, R. J. Assessing salt-affected soils using remote sensing, solute modelling, and geophysics. *Geoderma*, v.130, n.3-4, p.191-206, 2006.
- 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.
- 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.
- GAMA, J. R. N. F. Solos: manejo e interpretação. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 183p.
- GONÇALVES, I. V. C.; FREIRE, M. B. G. DOS S.; SANTOS, M. A. DOS; SOUZA, E. R. DE; FREIRE, F. J. Alterações químicas de um Neossolo Flúvico irrigado com águas salinas. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, p.589-596, 2011.
- 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.
- KRAVCHENKO, A. N.; OMONODE, R.; BOLLERO, G. A. Quantitative mapping of soil

- drainage classes using topographical data and soil electrical conductivity. *Soil Science Society of America Journal*, v.66, p.235-243, 2002.
- LILLIEFORS, H. W. On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown. *Journal of the American Statistical Association*, v.62, n.318, p.399-402, 1967.
- LIMA, A. C. C. DE; OLIVEIRA; F. P. DE; SANTIAGO, R. D.; ARAÚJO, L. M.; AQUINO, O. DE O. Atributos físicos e químicos de solos de áreas agrícolas do Estado da Paraíba. In: REUNIÃO NORDESTINA DE CIÊNCIA DO SOLO, 1, 2013, Areia. Anais...Areia, 2013.
- MACEDO, R. S.; MORO, L.; REFATI, D. C.; CARNEIRO, K. DE A. A.; ARAÚJO NETO, R. N. DE; BAKKER, A. P. DE. Indicadores físicos e químicos de qualidade do solo em agroecossistemas familiares no Cariri paraibano. In: SEMANA DE AGRONOMIA, 17, 2022, Areia. Anais...Areia, 2022.
- MCBRATNEY, A. B.; MENDONÇA SANTOS, M. L.; MINASNY, B. On digital soil mapping. *Geoderma*, v.117, p.3-52, 2003.
- METTERNICHT, G. I.; ZINCK, J. A. Remote sensing of soil salinity: Potentials and constraints. *Remote Sensing of Environment*, v.85, p.1-20, 2003.
- MINASNY, B.; MALONE, B.; STOCKMANN, U.; ODGERS, N.; MCBRATNEY, A. B. Pedometrics. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, p.1-10, 2014.
- MINASNY, B.; MCBRATNEY, A. B. Digital soil mapping: A brief history and some lessons. *Geoderma*, v.264, p.301-311, 2016.
- 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, 2006. 112p.
- PAZ, A. M.; CASTANHEIRA, N.; GONÇALVES, M. C.; FERNANDES, M.; PIRES, F.; FARZAMINAN, M.; PAZ, M. C.; SANTOS, F. M. *Revista de Ciências Agrárias*, v.43, n.2, p.151-160, 2020.
- QGIS. Development Team. 2023. QGIS Geographic Information System. OpenSource Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>.
- RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soil. Washington: United States Salinity Laboratory Staff, 1954. 160p. USDA. Handbook 60.
- RONGJIANG, Y.; JINGSONG, Y. Quantitative evaluation of soil salinity an its spatial distribution using electromagnetic induction method. *Agricultural Water Management*, v.97, p.1961-1970, 2010.
- RSTUDIO. Posit Software. 2023. Disponível em: <https://posit.co/download/rstudio-desktop/>.
- SANTOS, J. T. DOS; ANDRADE, A. P. DE; SILVA, I. DE F. DA; SILVA, D. S. DA; SANTOS, E. M.; SILVA, A. P. G. DA. Atributos físicos e químicos do solo de áreas sob pastejo na micro região do Brejo Paraibano. *Ciência Rural*, v.40, n.12, p.2486-2492, 2010.
- SANTOS, P. R. DOS; RUIZ, H. A.; NEVES, J. C. L.; ALMEIDA, E. F. A.; FREIRE, M. B. G. DOS S.; FREIRE, F. J. Germinação, vigor e crescimento de cultivares de feijoeiro em soluções salinas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, p.882-889, 2009.
- SARAIVA, S. M. Caracterização de Luvisolos, Neossolos Regolíticos e Planossolos ao longo de um gradiente pluviométrico no semiárido brasileiro. 128 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2016.

- SHAPIRO, A. S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, v.52, n.3/4, p.591-611, 1965.
- SILVA, A. J. DA; SILVA, P. L. F. DA; FIGUEIRÊDO NETO, N. G. DE; BOTELHO, I. G. DOS S.; GONÇALVES, J. P. F. DOS S.; OLIVEIRA, F. P. DE. Caracterização física e química de Planossolo no Agreste paraibano. In: SEMANA DE AGRONOMIA, 15, 2019, Areia. Anais...Areia, 2019.
- SILVA, C. R. P. DA. Atributos físicos e químicos de solos cultivados com bananeiras no brejo paraibano. 112f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2016.
- SONON, L. S.; SAHA, U.; KISSEL, D. E. Soil Salinity: Testing, Data Interpretation and Recommendations. University of Georgia. UGA Cooperative Extension Circular 1019, 6. 2015.
- SOUZA, F. G. DE; FARIAS, S. A. R.; FERREIRA FILHO, J. G. DE A.; BRITO, K. Q. D. Comportamento dos teores de sais em perfil de solo com vegetação nativa e cultura irrigadas. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.11, n.2, p.60-65, 2016.
- SOUZA, L. C. DE; QUEIROZ, J. E.; GHEY, H. R. Variabilidade espacial da salinidade de um solo aluvial no semi-árido paraibano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, n.1, p.35-40, 2000.
- SOUZA, L. Variabilidade espacial do solo em sistemas de manejo. 162f. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1992.
- USDA. US Salinity Laboratory Staff. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. *Agricultural Handbook No. 60*. USA, 1954. 160p.
- VASQUES, G. M.; COELHO, M. R.; DART, R. O.; CINTRA, L. C.; BACA, J. F. M. Soil Salinity (Electrical Conductivity) Maps for Brazil at 0-5, 5-15, 15-30, 30-60, 60-100 and 100-200 cm Depth Intervals with 90 m Spatial Resolution. Version 2021. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2021.
- VENDRUSCOLO, J.; BARBOSA, M. A. DA S.; ABRANTES, E. G. DE; SOUZA, R. F. DA S.; FERREIRA, K. R.; MARIN, A. M. P.; SOUZA, E. F. M. DE. Uso de geotecnologias para o manejo da fertilidade do Neossolo Litólico em agroecossistema familiar, no semiárido paraibano. *Revista Científica Multidisciplinar*, v.3, n.10, p.1-16, 2022.
- VIEIRA, L. S.; VIEIRA, M. de N. F. Manual de morfologia e classificação de solos. 2. ed. rev. ampl. São Paulo: Agronômica Ceres, 1983. 319p.
- WEIL, R.; BRADLEY, N. *The Nature and Properties of Soils*, 15a ed. Pearson, 2017.
- ZHENG, Z.; ZHANG, F.; MA, F.; CHAI, X.; ZHU, Z.; SHI, J.; ZHANG, S. Spatiotemporal changes in soil salinity in a drip-irrigated fields. *Geoderma*, v.149, p.243-248, 2009.
-
- 1- Universidade Federal de Campina Grande, paulomegna@gmail.com; george@ufcg.edu.br; viviane.farias@professor.ufcg.edu.br
- 2- Universidade Federal da Paraíba, djail.santos@academico.ufpb.br; flavio.oliveira@academico.ufpb.br
- 3- Universidade Estadual do Maranhão, calixto_80@hotmail.com