

# CAPÍTULO 1

## CARACTERIZAÇÃO DE PLANOSSOLOS NÁTRICOS EM UM GRADIENTE PLUVIOMÉTRICO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Data de aceite: 21/09/2021

### **Sebastiana Maely Saraiva**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano /IF SertãoPE  
Salgueiro-PE  
<https://orcid.org/0000-0001-8538-2009>  
<http://lattes.cnpq.br/5006449623512368>

### **Vânia da Silva Fraga**

Universidade Federal da Paraíba – DSER/CCA/UFPB  
Areia-PB  
<https://orcid.org/0000-0003-0181-0753>  
<http://lattes.cnpq.br/2053633315197316>

### **José Coelho de Araújo Filho**

Pesquisador da Embrapa Solos UEP Recife Recife-PE  
<https://orcid.org/0000-0002-8318-7418>  
<http://lattes.cnpq.br/2932514285735624>

### **Roseilton Fernandes dos Santos**

Universidade Federal da Paraíba – DSER/CCA/UFPB  
Areia-PB  
<https://orcid.org/0000-0001-9641-6374>  
<http://lattes.cnpq.br/0899112939379969>

### **Evaldo dos Santos Felix**

Instituto Nacional do Semiárido – INSA/PCI/CNPq  
Campina Grande-PB  
<https://orcid.org/0000-0003-1930-5202>  
<http://lattes.cnpq.br/1319064330401649>

### **Milton Cesar Campos**

Universidade Federal da Paraíba – DSER/CCA/UFPB  
Areia-PB  
<http://lattes.cnpq.br/9041514924498589>

### **Bruno de Souza Dias**

Universidade Federal da Paraíba – DSER/CCA/UFPB  
Areia-PB  
<http://lattes.cnpq.br/5131375455591026>

### **Kalline Almeida Alves Carneiro**

Universidade Federal da Paraíba – DCFS/CCA/UFPB  
Areia-PB  
<https://orcid.org/0000-0002-7477-2586>  
<http://lattes.cnpq.br/3796604257304570>

**RESUMO:** O solo é um recurso natural de extrema importância para a humanidade e como tal tem sido amplamente estudado sob diversos aspectos. De modo geral, o solo apresenta grande variabilidade de ambiente, necessário informações sobre a fertilidade, gênese e mineralogia. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência do gradiente pluviométrico na formação e no desenvolvimento de Planossolos localizados em distintos pedoambientes, no estado da Paraíba, estudando seus atributos morfológicos, físicos e químicos. Foi escolhida parte da região semiárida paraibana e subdivida em três subtipos climáticos de acordo com a precipitação média anual: muito seca (< 400 mm), seca (> 400 e < 600 mm) e subúmida (> 600 mm), foram abertas três trincheiras para descrição

morfológica e coleta de amostras de cada perfil dos solos estudados. Essas amostras foram caracterizadas quanto aos seus atributos morfológicos, físicos (granulometria, argila dispersa em água, densidade do solo e de partículas, grau de floculação e porosidade) e químicos (Ca, Mg, Na e K, Al, H+Al, COT, P e pH). Nos perfis dos Planossolos estudados não foi possível observar relação da profundidade com as condições climáticas, por serem solos formados a partir de rochas mais resistentes ao intemperismo. Aparentemente houve pouca influência do clima na profundidade, sendo mais raso o solo da condição seca e mais profundo o da condição muito seca; por outro lado a precipitação foi preponderante na formação dos horizontes diagnósticos (B plânico), com teores de argila proporcionais à precipitação. Os Planossolos apresentaram altos teores de bases trocáveis e quanto a fertilidade, houve uma tendência de lixiviação de bases na condição subúmida. Em alguns horizontes dos solos estudados foram verificados altos níveis de salinidade.

**PALAVRAS - CHAVE:** Fertilidade, classificação de solo, pedogênese, salinidade.

## NATRIC PLANOSOLS CHARACTERIZATION IN A PLUVIOMETRIC GRADIENT IN BRAZIL'S SEMI-ARID REGION

**ABSTRACT:** Soil is a natural resource of extreme importance to humanity and as it has been widely studied under various aspects. In general, soil has a large environmental variability, which requires information on fertility, genesis and mineralogy. Thus, the aim of this work was to evaluate the influence of rainfall gradient on Planosols' formation and development, located in different phedo-environments, in Paraíba state, studying their morphological, physical and chemical attributes. Part of the semiarid region of Paraíba was chosen and subdivided into three climatic subtypes according to the average annual precipitation: very dry (< 400 mm), dry (> 400 and < 600 mm) and sub-humid (> 600 mm), three trenches were opened for morphological description and sample collection of each profile of the studied soils, these samples were characterized as to their morphological, physical (granulometry, clay dispersed in water, soil and particle density, flocculation degree and porosity) and chemical (Ca, Mg, Na and K, Al, H + Al, TOC, P and pH). In the Planosols profile studied, it was not possible to observe the relationship between depth and climatic conditions, as they are soils formed from rocks that are more resistant to weathering. Apparently there was little influence of climate on depth, with the soil being shallower in the dry condition and deeper in the very dry condition; on the other hand, precipitation was predominant in the formation of diagnostic horizons (planic B), with clay contents proportional to precipitation; The Planosols showed high levels of exchangeable bases and regarding fertility, there was a tendency of base leaching in the subhumid condition. In some horizons of the studied soils, high levels of salinity were verified.

**KEYWORDS:** Fertility, soil classification, pedogenesis, salinity.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os recursos naturais são ativamente explorados e os solos, em muitas regiões do mundo, são cultivados intensivamente. No caso dos solos de regiões tropicais, como no Brasil, o clima exerce influência decisiva sobre a sua formação, visto que as altas precipitações pluviométricas e temperaturas são importantes para o desencadeamento das

reações químicas e físicas (intemperismo químico e físico) que transformam o material de origem.

A maioria dos solos encontrados no semiárido brasileiro são pedogeneticamente pouco desenvolvidos, dentre as classes mais comuns de solos, destacam-se os Planossolos, que abrange uma superfície de aproximadamente 11% da região. Os Planossolos são solos minerais, imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado e geralmente com acentuada concentração de argila, com permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo por vezes um horizonte “pã”, que é responsável pela retenção do lençol d’água sobreposto (suspenso), de existência periódica e presença variável durante o ano (IBGE, 2007; SANTOS et al., 2018).

Grande parte desses solos na Paraíba é utilizada com a pecuária, aproveitando-se para isso os campos antropizados e com pastagens da própria vegetação natural. Alguns trechos são usados para culturas de subsistência (milho, feijão, fava) e algodão herbáceo, em geral consorciado. Além das limitações pela falta d’água, que são muito fortes, esses solos apresentam elevados teores em sódio trocável e más condições físicas nos horizontes subsuperficiais, principalmente do Bt, tornando-os alguns casos, inaptos para agricultura (CAVALCANTE et al., 2005).

Nesse sentido, a caracterização de solos do ponto de vista pedológico, além de disponibilizar informações mais precisas sobre as diversas ordens de solos do território nacional, permite sistematizar dados sobre as propriedades dos solos, que poderão servir de subsídio para o manejo e uso sustentável, bem como para recuperação de áreas degradadas (SANTOS et al., 2012).

*É importante salientar*, a importância da realização de estudos mais detalhados sobre caracterização dos Planossolos, haja vista a escassez de trabalhos dessa natureza com esse tipo de solo na região semiárida do Brasil e mais especificamente na Paraíba. Assim o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência do gradiente pluviométrico na formação e no desenvolvimento de Planossolos localizados em distintos pedoambientes, no estado da Paraíba, estudando seus atributos morfológicos, físicos e químicos.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Seleção das áreas de coleta de solo

O estudo foi desenvolvido no estado da Paraíba, dentro dos limites da sua região semiárida, que conforme a delimitação efetuada por Brasil (2005) deve atender a três critérios técnicos: precipitação média anual inferior a 800 mm; índice de aridez de até 0,5, calculado pelo balanço hídrico que relaciona precipitações e evapotranspirações, no período entre 1961 e 1990 e risco de seca maior que 60% no período entre 1970 e 1990.

As áreas estudadas foram selecionadas considerando três condições pluviométricas e a possibilidade de ocorrência de Planossolos na Paraíba, designadas da seguinte forma: muito seca – MS (precipitação < 400 mm), seca – SC (precipitação > 400 mm e < 600 mm) e subúmida – SU (precipitação > 600 mm).

Na Tabela 1 são apresentados os municípios onde foram abertos os perfis de solo, as precipitações médias anuais e as coordenadas geográficas de cada trincheira.

Município (PB)	Condição de umidade	Precipitação média anual (mm)	Perfil/Coordenada
Soledade	Muito seca	389,7	P1 S – 07° 07'35,5" W – 36°19'25,5"
Juazeirinho	Seca	511,5	P2 S – 07° 07'58,5" W – 36°33'22,5"
Areia	Subúmida	1.369,3	P3 S – 06° 54'31,2" W – 35°47'31,2"

**Tabela 1.** Municípios e características ambientais dos locais onde foram coletados os solos, no semiárido da Paraíba.

## 2.2 Descrição e amostragem dos solos

Nas áreas selecionadas foram abertas trincheiras com as seguintes dimensões: 1,50 m de comprimento; 1,30 m de largura e profundidade variável, de acordo com a profundidade de cada solo. Em cada trincheira foi efetuada a identificação dos horizontes dos perfis de solo e estes, descritos e coletados conforme recomendações de Santos et al. (2015).

Na ocasião também foram coletados torrões de solo (amostras indeformadas) para determinação da densidade, bem como o material de origem. As coletas foram realizadas no período seco do ano de 2014, entre os meses de setembro e novembro e no mês de maio/2016. Mais detalhes sobre a descrição dos perfis e fotografias podem ser consultados em Saraiva (2016).

## 2.3 Tratamento das amostras

As análises dos atributos físicos dos solos foram efetuadas conforme a metodologia apresentada por Teixeira et al. (2017) e incluíram as seguintes determinações: granulometria, argila dispersa em água (ADA), densidade do solo e de partículas, grau de floculação e porosidade total.

As análises dos atributos químicos do solo incluíram determinação dos teores de bases trocáveis ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ ),  $\text{Al}^{3+}$  e acidez potencial ( $\text{H}+\text{Al}$ ), adotando-se KCl 1 mol  $\text{L}^{-1}$  como solução extratora; fósforo (P assimilável), pH em água, pH em KCl, e condutividade elétrica (CE) (TEIXEIRA et al., 2017).

Com base nas determinações químicas foram calculados: soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V%), saturação por sódio (PST %) e saturação por alumínio (m%). A determinação do carbono orgânico (CO) foi baseada na metodologia de Yeomans e Bremner (1988).

A classificação taxonômica dos solos estudados foi efetuada com base nos atributos morfológicos, físicos e químicos, utilizando como referência o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (SANTOS et al., 2018).

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Atributos morfológicos

Os solos estudados apresentaram profundidade entre de 70 a 99 cm (Tabela 2) e, aparentemente houve pouca influência do clima sob esse atributo.

Possivelmente o material de origem do solo na condição seca é mais resistente ao intemperismo e, resultando em um solo mais raso do que na condição muito seca. Um Planossolo Nátrico estudado por Corrêa et al. (2003) em uma região com precipitação média anual de 1.000 mm, com condição de relevo suave ondulado e originado de sedimentos argilo-arenosos atingiu uma profundidade de 80 cm.

As cores dos horizontes superficiais (A+E) situam-se nos matizes 7,5YR (P2 e P3) e 10YR (P1), com valores  $\geq 4$  e croma  $\geq 3$  (Tabela 2), resultando em tons brunados com nuances avermelhadas e amareladas; a textura se apresenta mais arenosa, variando entre areia franca (P3) e francoarenosa (P1 e P2); a estrutura é pouco desenvolvida, fraca a maciça e em blocos angulares e subangulares.

Nos horizontes superficiais a diferenciação das cores se revela principalmente na cor do solo quando úmido que apresentou valor e croma mais altos que os dos horizontes superficiais. A textura dos horizontes subsuperficiais foi bastante heterogênea, franco-argiloarenosa no P1 e P2, e argila no P9; com estrutura forte e prismática no P1 e P3 e moderada e colunar no P9 (Tabela 2), características típicas de horizonte B plânico, conforme Santos et al. (2018).

O que é marcante nesses solos é a contrastante diferenciação entre os horizontes superficiais (A + E) e subsuperficiais (B plânico). Na superfície os horizontes são mais arenosos e permeáveis os quais mudam abruptamente para um horizonte muito compactado e mais argiloso com permeabilidade muito restrita.

Horizontes	Profundidade (cm)	Cor		Textura	Estrutura	Consistência		
		Úmida	Seca			Seca	Úmida	Molhada
P1 – PLANOSSOLO NÁTRICO Sálco – Muito Seco (Soledade)								
A	0-10	10 YR 4/4	10 YR 5/4	FAr	3-4 Md-Gr, Ba-Bs	Mc	Fr	NPI NPe
E	10-16	10 YR 5/4	10 YR 6/4	FAr	3 Pq, Ba-Bs	St	MFr	NPI NPe
Btnz1	16-48	10 YR 5/3	10 YR 4/4	FAA	5 Md-Gr, Pr	ED	EFi	MPI MPe
Btnz2	48-72	10 YR 4/3	10 YR 6/4	FAA	5 Md-Gr, Pr	ED	EFi	MPI MPe
Crnz	72-99			FAA				
P2 – PLANOSSOLO NÁTRICO Sálco – Seco (Juazeirinho)								
A	0-11	7,5 YR 4/4	7,5 YR 6/4	FAr	3 Pq- Md, Bs	Mc	MFr	LPI NPe
E	11-16	7,5 YR 7/4	7,5 YR 7/4	FAr	3 Pq-Md, Bs	Mc	MFr	LPI NPe
Btnz	16-45	10 YR 6/3	2,5 YR 5/6	FAA	4 Gr, Cl	ED	Fi	MPI Pe
BCnz	45-70+	10 YR 5/3	7,5 YR 4/6	FAA	2	ED	Fi	MPI Pe
P3 – PLANOSSOLO NÁTRICO Sálco – Subúmido (Areia)								
Ap	0-5	7,5 YR 4/3	10 YR 5/3	ArF	2-3 Gd, Ba	LD	MFr	NPI NPe
E	5-10	7,5 YR 4/3	10 YR 5/3	ArF	1	D	MFr	NPI NPe
Btn	10-30	7,5 YR 4/3	10 YR 4/2	Ag	5 Gr, Pr-Ba	ED	EFi	MPI Pe
Btnz	30-60	10 YR 4/3	10 YR 5/4	Ag	5 Md, Pr	ED	EFi	PI Pe
Crnz	60-90			AAr				

**Tabela 2.** Características Morfológicas dos três perfis de Planossolos estudados sobre gradiente pluviométrico em clima semiárido

Textura: Ar – Areia, ArF – Areia franca, Sl – Silte, FAr – Francoarenosa, FSl – Francossiltosa, Fr – Franco, FAA – franco-argiloarenosa; FAS – Franco-argilossiltosa, FAg – Francoargilosa, AgS – Argilossiltosa, AAr – Argiloarenosa, Ag – argila, MAg – Muito argilosa. Estrutura: 1 – Grão simples, 2 – Maciça, 3 – Fraca, 4 – Moderada, 5 – Forte; Lm – laminar; Pr – prismática; Cl – colunar; Ba – Blocos angulares; Bs – Blocos subangulares; Gn – Granular. M – Muito, Pq – pequena, Md – Média, Gr – grande. Consistência: St – solta, Mc – macia, LD – ligeiramente dura, D – dura, MD – muito dura, ED – extremamente dura; MFr – muito friável, Fr – friável, Fi – firme, MFi – muito firme, EFi – extremamente firme; NPI – não plástica, PI – plástica, LPI – ligeiramente plástica, MPI – muito plástica; NPe não pegajosa, Pe – pegajosa, LPe – ligeiramente pegajosa, MPe – muito pegajosa.

### 3.2 Atributos Físicos

Acentuada diferenciação entre os horizontes sobrejacentes aos horizontes B também foi reportada por Oliveira et al. (2009) que atribuíram essa característica não somente aos teores de argila, mas também à nítida de diferenciação de cores entre eles.

Dentre os Planossolos estudados o P1 de Soledade (condição muito seca) foi o que apresentou as maiores proporções das frações grossas, chegando a atingir 50% da massa do solo no horizonte E (Tabela 3). Existem relatos na literatura de Planossolos com altos índices das frações > 2,0 mm na massa do solo, porém geralmente está concentrado no horizonte superficial (FERNANDES et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2009).

Das frações que compõem a TFSA, a areia é mais expressiva, com predomínio da areia grossa em todos os horizontes dos Planossolos estudados, exceto no horizonte A de

ocorrência em Juazeirinho. Entretanto, de modo geral houve decréscimo desses teores em profundidade, com valores de areia variando entre 731 e 798 g kg<sup>-1</sup> solo, nos horizontes A e entre 397 e 671 g kg<sup>-1</sup> solo, nos horizontes B plânico (Tabela 3).

Os horizontes superficiais apresentaram os maiores teores de areia dentro do perfil, sendo uma tendência esperada, uma vez que é uma particularidade dessa classe de solo a translocação de argila para os horizontes diagnósticos subsuperficiais, tendência também observada por Diniz Filho et al. (2009) em Planossolo de região semiárida do Rio Grande do Norte.

É importante notar que houve um decréscimo dos teores de areia dos horizontes B plânico dos Planossolos estudados em razão do aumento da umidade no sistema, esse comportamento ressalta a importância da atuação água na transformação dos materiais de origem em solo.

A variação nos teores de silte dos horizontes A foi de 95 a 187 g kg<sup>-1</sup> solo e nos B plânico de 66 a 95 g kg<sup>-1</sup> solo (Tabela 3). Provavelmente, por se tratar de uma fração de tamanho intermediário entre a areia e argila, não foi possível associar os seus teores às condições de umidade no sistema, cabe apenas a observação de que, em quaisquer condições de umidade avaliada, os teores de silte são mais altos na superfície do solo, quando comparados aos horizontes diagnósticos subsuperficiais.

Hor.	Prof.	Calhau	Casc.	TFSA	Composição Granulométrica da Terra Fina					ADA	GF	Rel. Silte/Argila	Densidades		Poros.
					Areia grossa	Areia Fina	Areia total	Silte	Argila				Solo	Part.	
	cm				g kg <sup>-1</sup>					%	kg dm <sup>-3</sup>		dm <sup>3</sup> dm <sup>3</sup>		
<b>P1 – PLANOSSOLO NÁTRICO Sálco – Muito Seco (Soledade)</b>															
A	0-10	4	103	893	394	337	731	161	108	38	65	1,50	1,76	2,61	0,33
E	10-16	86	414	500	528	251	779	117	104	25	76	1,13	1,69	2,64	0,36
Btnz1	16-48	0	41	959	477	194	671	66	263	166	37	0,25	1,90	2,53	0,25
Btnz2	48-72	0	12	988	434	191	625	80	294	194	34	0,27	1,93	2,68	0,28
Crnz	72-99	72	77	851	420	189	609	12	279	104	63	0,40	nd	2,60	nd
<b>P2 – PLANOSSOLO NÁTRICO Sálco – Seco (Juazeirinho)</b>															
A	0-11	0	81	919	351	382	733	187	80	25	68	2,34	1,64	2,73	0,40
E	11-16	0	0	1.000	377	319	696	167	137	25	82	1,22	1,68	2,80	0,40
Btnz	16-45	0	51	949	369	222	591	95	314	132	58	0,30	1,76	2,75	0,36
BCnz	45-70+	0	77	923	313	290	603	159	238	197	17	0,67	1,91	2,99	0,36
<b>P3 – PLANOSSOLO NÁTRICO Sálco – Subúmido (Areia)</b>															
Ap	0-5	24	71	905	505	293	798	95	107	25	77	0,89	1,63	2,57	0,37
E	5-10	0	103	897	475	299	774	120	106	50	53	1,13	1,65	2,63	0,37
Btn	10-30	0	12	988	267	130	397	78	525	330	29	0,15	1,66	2,57	0,35

Btnz	30-60	0	18	982	154	122	276	150	574	530	8	0,26	1,69	2,26	0,25
Crnz	60-90	0	19	981	315	234	549	210	451	105	63	0,47	1,73	2,71	0,36

**Tabela 3.** Características físicas dos três perfis de Planossolos estudados sobre gradiente pluviométrico em clima semiárido.

Hor.: horizonte; Prof.: profundidade; TFSA – Terra Fina Seca ao Ar; ADA: Argila dispersa em água; GF: grau de floculação; Part.: partícula; Poros.: porosidade.

Os solos estudados apresentaram teores de argila variando entre 80 e 108 g kg<sup>-1</sup> solo nos horizontes superficiais (A) e entre 263 e 525 g kg<sup>-1</sup> solo nos horizontes subsuperficiais (B plânico). Os teores de argila, inversamente aos de areia, aumentaram em profundidade, com nítidos incrementos dos horizontes A e E para os horizontes Bt em todos os Planossolos, caracterizando mudança textural abrupta em todos os perfis estudados, conforme também observaram Mota e Oliveira (1999).

A mudança textural abrupta aliada a presença de estrutura prismática nos P1 e P3 e colunar no P2 caracterizam aspectos morfológicos de horizonte B plânico, típico dessa classe de solo (SANTOS, et al., 2018).

Por outro lado, os teores de argila guardam relação com as condições de umidade de cada área, uma vez que os maiores valores foram encontrados no Planossolo da condição subúmida, fato também relatado por Souza et al. (2010) que atribuiu isso ao menor déficit hídrico. Uma característica importante dessa classe de solo é a formação de uma camada de impedimento à drenagem que coincide com o horizonte B, que, nesse estudo, apresentou valores de argila proporcionais aos índices de precipitação de cada região, ou seja, quanto maior a precipitação, maior o acúmulo de argila no horizonte B, devido à maior disponibilidade de água nessa camada.

Os valores de argila dispersa em água (ADA) dos Planossolos seguiram a mesma tendência dos teores de argila, com os maiores valores nos horizontes B plânico. A ADA variou de 38 a 25 g kg<sup>-1</sup> solo nos horizontes A; de 132 a 330 g kg<sup>-1</sup> solo nos horizontes B plânico. O grau de floculação (GF) teve os índices oscilando de 65% a 77%; de 29% a 58% nos horizontes A e B plânico, respectivamente (Tabela 3), com reduções em profundidade, ou seja, são maiores nos horizontes superficiais. Esse comportamento também foi relatado por Fernandes et al. (2010), que atribuiu essa característica aos maiores teores de sódio e/ou menores de matéria orgânica presentes no complexo de troca dos horizontes subsuperficiais.

A densidade do solo nos perfis de Planossolos variaram entre 1,63 e 1,76 kg dm<sup>-3</sup> nos horizontes A, e entre 1,66 e 1,90 kg dm<sup>-3</sup> nos horizontes B plânico. Os maiores valores foram observados nos horizontes B plânico o que confirma o caráter de adensamento desses horizontes nos Planossolos, resultando em permeabilidade lenta e na formação do lençol freático suspenso, de ocorrência periódica durante o ano (SANTOS et al., 2018). Valores semelhantes a esse também foram reportados por Parahyba et al. (2010) que

estudaram a gênese de Planossolos no Agreste pernambucano e também observaram uma relação inversa entre os teores de argila e a porosidade total do solo.

### 3.3 Atributos Químicos

Os Planossolos apresentaram reação medianamente ácida a fracamente alcalina, nos horizontes superficiais (A+E). O pH em água variou entre 6,06 e 6,60, nos horizontes A e 5,34 a 6,99 nos B plânico, com maior índice de acidez registrado no horizonte Btn do Planossolo da condição seca (Tabela 4). Resultados semelhantes a esses também foram reportados por Mota e Oliveira (1999) em Planossolos do sertão cearense.

Os teores de COT variaram de 3,12 a 6,56 g kg<sup>-1</sup> solo e de 6,30 a 9,40 g kg<sup>-1</sup> solo nos horizontes superficiais (A) e subsuperficiais (Bt), respectivamente (Tabela 4). Os baixos teores observados são condizentes com as condições de semiaridez da região de estudo, conforme explicaram Parahyba et al. (2010) referindo-se a Planossolos do semiárido pernambucano.

De modo geral, houve uma redução dos teores de carbono nos horizontes mais profundos, sendo este um comportamento previsto, uma vez que a maior concentração de raízes e atividade microbiana mais intensa favorecem o acúmulo desse elemento nos horizontes superficiais.

Os horizontes superficiais (A) apresentaram os teores de fósforo variando entre 6,28 a 22,31 mg kg<sup>-1</sup>, enquanto nos horizontes subsuperficiais (B plânico), a variação foi de 1,43 a 3,27 mg kg<sup>-1</sup> (Tabela 4).

Com exceção dos horizontes A e Btnz do Planossolo da condição muito seca e BC do Planossolo da condição seca, todos os demais apresentaram teores de P considerados baixos (P < 9,0 mg kg<sup>-1</sup> solo), que, conforme já relatado, é uma condição comum em solos da região semiárida e ocorre em 80% dos Planossolos Nátricos (MENEZES et al. 2005).

Houve uma tendência de acréscimos nos teores dos cátions trocáveis com o aumento da profundidade do solo em todos os locais estudados. A soma de bases (SB) variou de 1,83 a 10,49 cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup> solo e de 10,89 a 6,57 cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup> solo nos horizontes A e B plânico, respectivamente (Tabela 4).

Hor.	Profund. (cm)	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	COT g kg <sup>-1</sup>	P mg.kg <sup>-1</sup>	Ca	Mg	Na	K	SB (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Al	H	CTC	V (%)	PST (%)	m	CE dS/m
P1 – PLANOSSOLO NÁTRICO Sálculo - Muito Seco (Soledade)																	
A	0-10	6,60	4,75	3,12	22,31	0,84	0,60	0,11	0,28	1,83	0,00	4,62	6,45	28,31	1,71	0,00	0,74
E	10-16	6,14	4,33	0,00	2,04	0,64	0,50	0,16	0,16	1,46	0,00	4,17	5,63	25,91	2,84	0,00	0,85
Btnz1	16-48	6,28	4,39	9,40	2,74	1,50	2,34	2,64	0,09	6,57	0,00	5,56	12,13	54,14	21,78	0,00	8,93
Btnz2	48-72	7,51	5,87	2,68	12,72	2,04	2,83	3,10	0,09	8,06	0,00	2,43	10,49	76,81	29,58	0,00	15,76
Crnz	72-99	8,37	7,37	0,93	6,93	2,60	3,24	3,91	0,14	9,89	0,00	0,83	10,72	92,25	36,49	0,00	15,55

P2 – PLANOSSOLO NÁTRICO Sálco – Seco (Juazeirinho)																	
A	0-11	6,06	4,85	6,55	6,28	1,40	0,07	0,00	9,02	10,49	0,10	6,42	17,01	61,68	0,02	0,59	0,44
E	11-16	5,27	4,15	3,68	2,40	0,93	0,30	0,00	3,63	4,86	0,30	6,55	11,71	41,52	0,04	2,54	0,52
Btnz	16-45	5,34	4,19	6,47	1,43	1,27	2,30	3,50	0,52	7,60	0,23	7,11	14,94	50,86	23,46	0,25	12,80
BCnz	45-70+	8,34	7,01	2,43	21,80	1,67	3,06	7,39	2,06	14,19	0,00	4,59	18,78	75,56	39,38	0,00	14,80
P3 – PLANOSSOLO NÁTRICO Sálco – Subúmido (Areia)																	
Ap	0-5	6,25	5,07	6,56	6,51	1,47	0,82	0,25	0,32	2,86	0,00	2,28	5,14	55,59	4,85	0,00	2,01
E	5-10	6,58	5,15	4,79	5,56	1,49	0,94	0,24	0,31	2,98	0,00	1,93	4,91	60,66	4,94	0,00	1,43
Btn	10-30	6,99	4,83	6,30	3,27	4,98	3,60	2,18	0,13	10,89	0,00	2,61	13,50	80,68	16,13	0,00	3,13
Btnz	30-60	5,65	4,17	4,52	3,46	4,61	3,50	5,62	0,06	13,79	0,46	4,61	18,86	73,13	29,81	2,42	7,25
Crnz	60-90	5,24	4,14	1,77	3,81	2,72	2,08	6,38	0,08	11,26	0,22	2,02	13,50	83,34	47,24	1,67	19,16

**Tabela 4.** Características químicas dos três perfis de Planossolos estudados sobre gradiente pluviométrico em clima semiárido.

Hor.: Horizonte; Profund.: profundidade; COT: Carbono Orgânico Total; N; Nitrogênio; P: fósforo; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; Na: Sódio; K: Potássio; SB: Soma de Bases; Al: Alumínio; H: Hidrogênio; CTC: Capacidade de troca de Cátions; Valor V: Saturação por base; PST: Saturação por sódio; m: Saturação por alumínio; CE: Condutividade Elétrica; nd – não determinado.

Considerando os horizontes superficiais (A), nos perfis da condição muito seca e da subúmida houve predominância do  $\text{Ca}^{2+}$ , seguido de  $\text{Mg}^{2+}$ , que juntos representam em torno de 80% da soma de bases, enquanto que na condição seca o cátion predominante foi o  $\text{K}^+$ , e nos horizontes mais profundos (B e C) o  $\text{Na}^+$  foi o principal elemento, em quantidade.

Sabe-se que o  $\text{Na}^+$  em elevadas concentrações pode prejudicar a capacidade produtiva dos solos, promovendo dispersão de argila, obstrução de poros dificultando a infiltração da água e do ar nos solos, além dos efeitos tóxicos nas plantas (RIBEIRO et al., 2009).

A CTC seguiu a mesma tendência da soma de bases, variando de 5,14 a 17,01  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  nos horizontes A e de 12,13 a 14,94  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  nos horizontes (Tabela 4). Resultados semelhantes também foram verificados por Oliveira et al. (2009) em Planossolos do semiárido nordestino. Considerando os valores de CTC é possível verificar um menor valor presente no solo da condição subúmida, isso possivelmente é decorrente da lixiviação de bases promovida pelos maiores índices de precipitação.

Na maioria dos horizontes dos Planossolos estudados a saturação por bases foi considerada alta (> 50%), exceção apenas para A e E do Planossolo na condição muito seca e E da condição seca. Desse modo, são considerados solos com capacidade de fornecimento de nutrientes aos vegetais.

A percentagem de sódio trocável (PST) nos horizontes B plânico dos perfis de Planossolo estudados foi de 21,78%; 23,46% e 16,13%, para a condição muito seca, seca e subúmida, respectivamente (Tabela 4), conferindo a esses solos o caráter sódico (PST  $\geq 15\%$ ), o que os classifica com Nátricos no 2º nível categórico. (SANTOS et al., 2018).

As condições imperfeitas de drenagem, especialmente em regiões áridas ou semiáridas, onde a baixa precipitação pluvial, a presença de camadas impermeáveis e a elevada evapotranspiração contribuem para o aumento da concentração de sais solúveis na solução do solo (salinidade) e/ou o aumento da sodicidade (PST), interferindo no desenvolvimento normal das plantas (RIBEIRO, 2010).

Os teores de sais registrados nos Planossolos, medidos pela condutividade elétrica (CE), são consideráveis e apresentaram uma tendência de acréscimo em profundidade. A CE dos horizontes A variou de 0,44 a 2,01 dS/m e nos horizontes Bt a variação foi de 3,13 a 12,80 dS/m. Valores um pouco menores que esses foram registrados por Parahyba et al. (2010) em Planossolos do Agreste pernambucano.

Os resultados demonstram que no solo da condição subúmida ocorreu maior acúmulo de sais, refletido nos maiores valores de CE, em comparação aos demais. Os sais presentes no solo podem se originar do intemperismo de minerais primários e do material de origem, ou em decorrência do balanço hídrico local, geralmente causado por atividades humana (BRADY; WEIL, 2013), principalmente em decorrência do uso de água salina na irrigação, do manejo inadequado da água e do solo e da ausência de drenagem, que aliados às condições climáticas desfavoráveis tem resultado no aumento da área de solos degradados por salinidade e sodicidade (RIBEIRO, 2010).

Os solos estudados apresentaram caráter sálico, ou seja, condutividade elétrica maior que 7 dS/m dentro de 120 cm da superfície do solo. Por também apresentarem o caráter sódico, os perfis de Planossolo estudados, serão classificados como sálico no 3º nível categórico (SANTOS et al., 2018).

Uma característica marcante da classe dos Planossolos é a formação de uma camada de impedimento originada pelo acúmulo de argila nos horizontes subsuperficiais que ocasiona restrição de permeabilidade em subsuperfície com interferências na infiltração e no regime hídrico (SANTOS et al., 2018). Esse comportamento resultou em maior acúmulo de nutrientes e excesso de sais nos horizontes B plânico, notadamente no solo da condição subúmida que apresentou maior CTC e PST em relação aos solos das demais condições de pluviosidade.

## 4 | CONCLUSÕES

Por serem solos formados a partir de rochas mais resistentes ao intemperismo, não foi possível observar relação da profundidade com as condições climáticas.

Nos Planossolos a influência da precipitação foi preponderante na formação dos horizontes diagnósticos (B plânico), onde os teores de argila são proporcionais aos índices de precipitação.

Os índices de pluviosidade influenciaram positivamente a fertilidade dos Planossolos, pois, considerando os horizontes mais profundos (B plânico), o solo da condição subúmida,

apresentou os maiores teores de Ca, Mg, Na e CTC.

A presença de níveis elevados de salinidade em alguns horizontes dos solos estudados está relacionada ao material de origem, as condições de pedogênese e às condições climáticas das regiões semiáridas, com predominância de baixas precipitações pluviométricas e altos índices de evaporação, o que demanda cuidados especiais no manejo desses solos.

## REFERÊNCIAS

AESA. AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. **Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba – PERH-PB**. João Pessoa: SECTMA, 2007.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova Delimitação do Semiárido Brasileiro**. Brasília: MI/MMA/ADENE/CODEVASF/DNOCS/ANA/IBAMA/BNB /IDENE/BRASIL, 2005. 32 p.

CAVALCANTE, F. de S. DANTAS, J. S.; SANTOS, D.; CAMPOS, M. C. C. Considerações sobre a utilização dos principais solos no estado da Paraíba. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, SP, n. 8, p. 1-10, 2005.

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**, Viçosa, MG, v.27, p. 311-324, 2003.

DINIZ FILHO, E. T.; ERNESTO SOBRINHO, F.; SILVA, F. N. da; BORGES, P. M.; MAIA, S. S. S. Caracterização e Uso de Solos de Região Semiárida de Médio Oeste do Rio Grande do Norte. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n. 3, p. 111-120, 2009.

FERNANDES, L. S. C.; RIBEIRO, M. R.; OLIVEIRA, L. B.; FERREIRA, R. F. A.; Caracterização e classificação de solos de litopossequência do Projeto Xingó-SE. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 2, p. 191-201, abr./jun., 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE. 2007. (Manuais Técnicos em Geociências, 4).

MENEZES, R. C. S.; GARRIDO, M. da S.; PEREZ M., A. M. Fertilidade dos solos no semiárido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005. Recife. **Palestras...** Recife: UFRPE/SBCS, 2005. 1 CD-ROM.

MOTA, F. O. B.; OLIVEIRA, J. B. Mineralogia de Solos com excesso de sódios no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, p.799-806, 1999.

OLIVEIRA, L. B. de; FONTES, M. P. F.; RIBEIRO, M. R.; KER, J. C. Morfologia e Classificação de Luvisolos e Planossolos Desenvolvidos de Rochas Metamórficas no Semiárido do Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG v. 33, p.1333-1345, 2009.

PARAHYBA, R. DA B. V.; SANTOS, M. C. DOS; ROLIN NETO, F. C.; JACOMINE, P. K. T. Pedogênese de Planossolos em topossequência do Agreste Pernambucano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG v. 34, p. 1991-2000, 2010.

RIBEIRO, M. R. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Eds.). **Manejo da Salinidade na Agricultura**: Estudos Básicos e Aplicados. Fortaleza: INCTSal, 2010. p.11-19.

RIBEIRO, M. R.; BARROS, M. de F. C.; FREIRE, M. B. G. dos S. Química dos Solos Salinos e Sódicos. In.: MELO, V. de F.; ALLEONI, L. R. F. (Eds.). **Química e Mineralogia do Solo**: Parte II – Aplicações. Viçosa, MG: SBCS, 2009. p. 449-484.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356p.

SANTOS, J. C. B. dos; SOUZA JÚNIOR, V. S. de; CORRÊA, M. M.; RIBEIRO, M. R.; ALMEIDA, M. da C. de; BORGES, L. E. P. Caracterização de Neossolos Regolíticos da Região Semiárida do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, p. 683-695, 2012.

SANTOS, R. D.; SANTOS, H. G. dos. KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos; SHIMIZU, S. H. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. 7.ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência de Solos, 2015, 101 p.

SARAIVA, S. M. **Caracterização de Luvisolos, Neossolos Regolíticos e Planossolos ao longo de um gradiente pluviométrico no Semiárido brasileiro** 2016. 146 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, 2016.

SOUZA, R. V. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, V. S. de; CORRÊA, M. M.; ALMEIDA, M. da C.; CAMPOS, M. C.; RIBEIRO FILHO, M. R.; SCHULZE, S. M. B. B. Caracterização de Solos de uma Topoclimossequência no maciço de Triunfo – Sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, p. 1259-1270, 2010.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085209/manual-de-metodos-de-analise-de-solo>.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.19, p.1467-1476, 1988.