

CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS CARBONÁTICOS DERIVADOS DE ROCHAS METAMÓRFICAS NO SERIDÓ POTIGUAR

Ana Livia Araújo de Azevedo¹
Tiago Pereira de Medeiros²
Francisco das Chagas Araújo de Paiva³
Fernando Henrique Vidal Lage⁴
Sara Fernandes Flor de Souza⁵
João Santiago Reis⁶

INTRODUÇÃO

Os solos com horizontes de natureza carbonática apresentam gênese associada a processos de calcificação (carbonatação) de ocorrência comum em regiões secas. Climas áridos e semiáridos e material de origem constituído por minerais carbonáticos tendem a acumular carbonatos no solo, em razão do déficit hídrico e consequente baixa dissociação dos carbonatos que dificulta sua lixiviação, resultando na acumulação por herança litogenética ou por neoformação e origem pedogenética (Schaeztl & Anderson, 2005).

No contexto específico do Seridó Potiguar, no estado do Rio Grande do Norte, as particularidades do clima e da geologia exercem influência marcante sobre a gênese e características dos solos. Logo, altas concentrações de carbonatos de cálcio (CaCO_3) podem estar presentes nos horizontes de seus solos na forma de nódulos macios, concreções contínuas ou descontínuas e outros tipos de segregação (Mesquita, 2015). De maneira geral, alguns horizontes destes solos podem apresentar coloração esbranquiçada devido ao acúmulo de CaCO_3 e ao baixo teor de óxidos de ferro (Rios et al., 2020). Além disso, essa acumulação pode conferir ao solo algumas designações no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2018), como caráter carbonático, caráter hipocarbonático, horizonte cálcico e horizonte petrocálcico.

Essas características são significativas para os solos desenvolvidos a partir de embasamento carbonático, como é o caso do mármore, principal material de origem desta natureza na região do Seridó Potiguar (Brasil, 1981). Compreender a distribuição e gênese

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia (CERES) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, analivia.ob@hotmail.com;

² Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia (CERES) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, tiago.p.m010@gmail.com;

³ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Manejo do Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semiárido, franciscochagas621@gmail.com;

⁴ Agrônomo da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), nando_lage@yahoo.com.br;

⁵ Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia (CERES) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, sara.flor@ufrn.com;

⁶ Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia (CERES) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, joao.reis@ufrn.com.

desses solos, caracterizados por sua eutrofia, alta atividade de argila, pouca profundidade de *solum* e pH elevado, não apenas contribui para o avanço do conhecimento científico sobre os processos pedogenéticos em ambientes semiáridos, mas também fornece subsídios para o desenvolvimento de estratégias de manejo e conservação mais eficazes e sustentáveis.

De acordo com Pfaltzgraff & Torres (2010) o Grupo Seridó, presente na região homônima, contém rochas carbonáticas e calcissilicáticas na Formação Jucurutu. Esta formação caracteriza-se pela presença de rochas metamórficas de cerca de 630 milhões de anos e possui uma grande diversidade litológica, dispondo desde gnaisses intercalados com mármore, xistos, formações ferríferas, quartzitos, calcissilicáticas à anfibolitos e, neste caso, deve-se destacar os mármore da região leste de Caicó (Brasil, 1981). Os mármore da Formação Jucurutu apresentam metamorfismo de baixo grau, tonalidade que pode variar entre cinza e esbranquiçada, texturas mais grosseiras e mineralogia contendo calcita e dolomita, no entanto, podendo apresentar micas e quartzos (Nascimento, 2002).

A diversidade litológica do estado do Rio Grande do Norte contribui para a grande variedade de solos encontrados na região do Seridó, incluindo Luvisolos, Neossolos, Planossolos, Argissolos, Vertissolos e Latossolos (Jacomine et al., 1971). Altos teores de acumulação de CaCO_3 podem levar à ocorrência de Chernossolos (Oliveira et al., 2009). No entanto, para o Seridó Potiguar postulamos a hipótese de que a quantidade de matéria orgânica depositada nos solos pelas fitofisionomias de Caatinga hiperxerófila seja insuficiente para grandes incrementos de carbono orgânico nos horizontes superficiais dos solos, impossibilitando pelos critérios de profundidade, cor e teor de carbono, a formação de horizontes A chernozêmico – horizonte diagnóstico dos Chernossolos. Enquanto os Luvisolos são solos importantes no semiárido nordestino, caracterizados por alta atividade de argila, eutróficos e com horizonte B textural, os Chernossolos são definidos por sua saturação por bases elevada, teores de carbono orgânico relativamente altos indicados pela presença do horizonte A chernozêmico, sobre horizonte B textural ou B incipiente (Santos et al., 2018).

Desse modo, a carência de estudos específicos sobre os solos carbonáticos no Seridó Potiguar reflete uma lacuna no conhecimento científico, o que compromete a elaboração de práticas de manejo adequadas para essa região. A ausência de dados e informações precisas sobre a distribuição, características e potencialidades desses solos dificulta a tomada de decisões por parte de gestores, agricultores e outros agentes envolvidos no desenvolvimento rural e sustentável da região.

Nesse contexto, este estudo busca preencher essa lacuna, através de análises das propriedades físicas, químicas e morfológicas de solos carbonáticos no Seridó Potiguar. Além disso, pretende-se discutir o enquadramento taxonômico dos perfis de solo na região

fundamentado no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, visando contribuir não só para a produção e difusão de conhecimento científico sobre a gênese, características e potencialidades desses solos na região, mas também para subsidiar o manejo adequado desses recursos naturais.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está situada na região central do estado do Rio Grande do Norte, no sítio Sobradinho, comunidade rural localizada a cerca de 12 km da cidade de Caicó (RN). Segundo Lucena et al. (2018), a mesorregião apresenta precipitações sazonais acumulando aproximadamente 600 mm ao ano e, conforme a classificação climática de Koppen, caracteriza-se como clima Bsh – semiárido quente (Alvares et al., 2013). A vegetação seridoense é descrita por Costa et al. (2009) como Caatinga hiperxerófila de porte arbóreo-arbustivo disperso, característica determinada pelas condições de déficit hídrico regional. Geologicamente, conforme supracitado, o local está inserido na Formação Jucurutu, unidade basal do Grupo Seridó, dispondo de rochas metassedimentares datadas do Ediacarano, representadas por rochas calcissilicáticas, anfíbolitos, gnaisses intercalados com mármore, xistos, formações ferríferas, quartizitos e micaxistos (Brasil, 1981).

A definição dos locais de coleta foi pautada na escolha de áreas que estivessem situadas no município de Caicó e com litologia constituída de mármore da Formação Jucurutu (Figura 1). Sendo assim, foram descritos e coletados dois perfis de solo seguindo metodologia de Santos et al. (2015). As amostras coletadas foram submetidas a secagem ao ar, destorroamento e, em seguida, peneiradas em malha de 2 mm resultando na obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Foram quantificados, seguindo metodologias descritas em Teixeira et al. (2017): teores de areia, silte e argila (análise granulométrica); pH, acidez trocável (Al^{3+}) e potencial ($H+Al$), teores disponíveis de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), fósforo (P), potássio (K^+), e sódio (Na^+), carbono orgânico total (COT), capacidade de troca catiônica (T), soma de bases (SB), saturação por bases (V), equivalente de carbonato de cálcio (Eq. $CaCO_3$) e porcentagem de sódio trocável (PST). A partir dessas análises e da descrição morfológica dos perfis, foi realizada a identificação de horizontes e classificação dos solos conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (Santos, 2018).

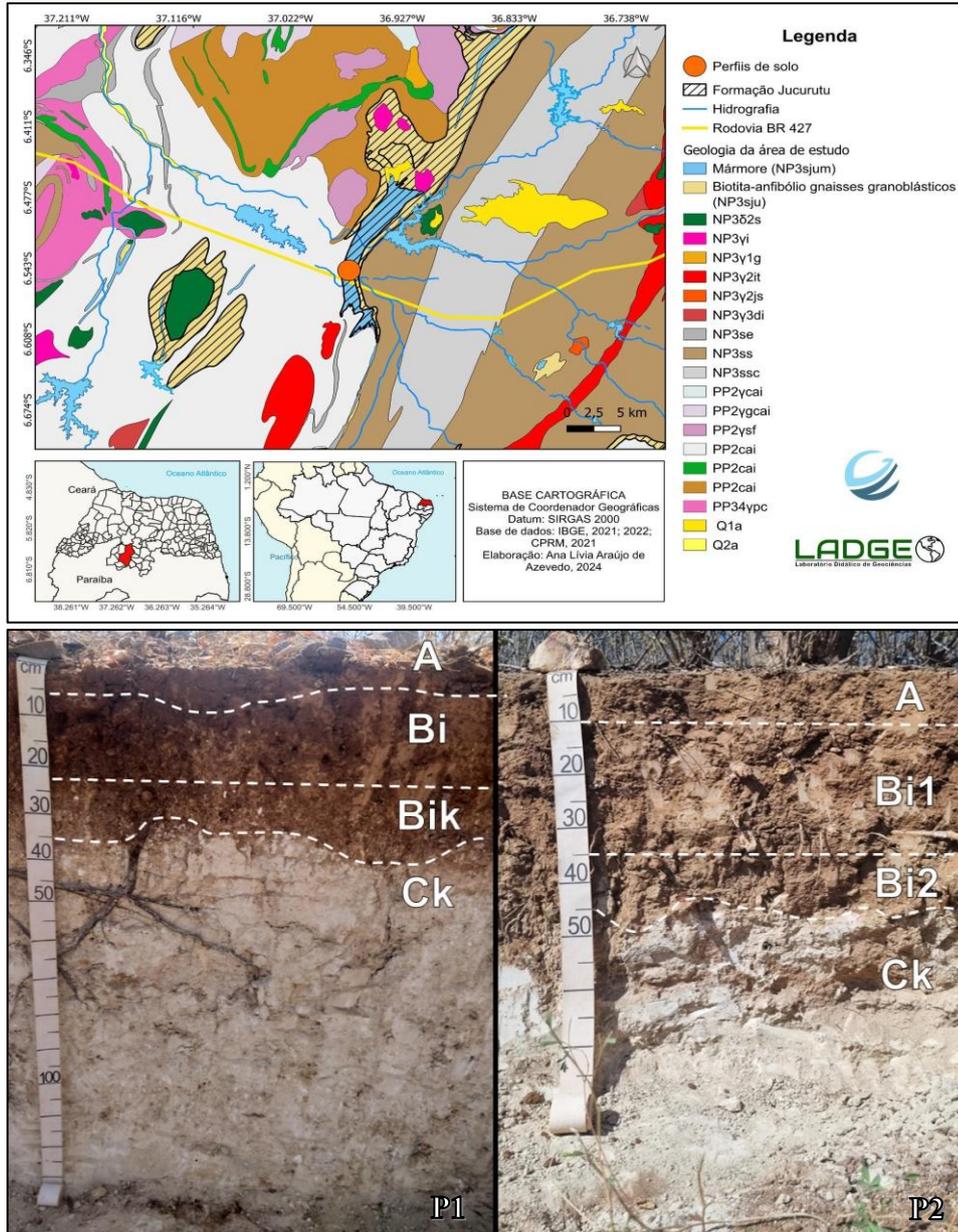


Figura 1. Localização no contexto geológico regional e fotos dos perfis de solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a descrição morfológica do solo, as amostras do perfil 1 (P1) apresentaram predominância em cores avermelhadas em Bi e Bik, configurando caráter crômico (Tabela 1). O horizonte Ck obteve dominância de cores esbranquiçadas (2.5Y 8/2), explicadas pela presença do carbonato de cálcio verificada em campo com HCl 10% v/v. O perfil 2 (P2) não apontou similaridade a P1 nos horizontes Bi1, Bi2 predominando cores brunadas, mas também apresentou cor esbranquiçada em Ck. Os perfis apresentam semelhanças em seu arranjo estrutural, evidenciando o grau de desenvolvimento moderado em todos os horizontes, e predomínio de blocos subangulares e angulares.

Quanto à granulometria, ambos são de textura franco-arenosa em superfície e franco-argiloarenosa na base do horizonte B (Tabela 2). A relação textural, conjugada com grau de desenvolvimento e tipo de estrutura, caracteriza caráter argilúvico em ambos os perfis. Um dos requisitos para identificação de horizonte B textural é haver incremento de argila com valor superior a 1.8 de relação textural, em solos cujo teor de argila seja inferior a 150 g kg⁻¹ no horizonte A - o que não foi observado neste trabalho, descartando sua identificação.

O pH dos perfis é alcalino, e apresentou valores entre 7.8 e 8.9 (Tabela 3). Esse resultado é decorrente da presença de CaCO₃ (Oliveira et al., 2009), encontrado em acumulação nos solos. Os teores de Eq. CaCO₃ dos horizontes Ck e Bik do P1 registrados foram 878.5 g kg⁻¹ e 201.9 g kg⁻¹, respectivamente, o que lhes confere caráter carbonático (Santos et al., 2018). No P2, apenas o horizonte Ck apresenta este caráter com 691 g kg⁻¹ de Eq. CaCO₃. Ainda quanto a estes horizontes, são identificados como horizontes cálcicos devido à identificação de caráter carbonático e possuir mais de 15 cm de espessura (Santos et al., 2018). Ademais, ambos os perfis apresentam caráter hipocarbonático no restante de seus horizontes, devido aos teores maiores do que 50 g kg⁻¹ de CaCO₃.

Tabela 1. Atributos morfológicos dos perfis de solo analisados.

Horiz. ⁽¹⁾	Prof. cm	Cor		Estrutura	Consistência	Transição
		seca	úmida			
Perfil 1 - Cambissolo Háptico Carbonático luvissólico						
A	0-5	7.5YR 4/4	5YR 3/3	mod, med, bsa	lpj, pl, mt fr, ldr	ond. e clara.
Bi	5-20		5YR 3/4	mod, gr, bsa e ba	pj, pl, mt fr, dr	plana e clara
Bik	20-35		5YR 4/6	mod, peq-med, bsa	lpj, pl, mt fr, ma	ond. e clara
Ck	35-135+		2.5Y 8/2	-	-	-
Perfil 2 - Cambissolo Háptico Carbonático solódico						
A	0-10	10YR 5/6	10YR 3/6	mod, gr, mt gr, bsa	lpj, lp, dr, mt fr	plana e grad
Bi1	10-35		10YR 3/3	mod, gr, mt gr, ba e bsa	pj, pl, mt fr, dr	plana e grad
Bi2	35-45		7.5YR 4/3	mod-ft, gr, mt gr, bsa e ba	pj, mt pl, ext dr	ond e abrup.
Ck	45-80+		10YR 8/3	-	-	-

(1) Horiz. – horizonte; Prof. – profundidade; mod - moderada; med - média; bsa - blocos subangulares; ba - blocos angulares; peq-med - pequena à média; gr - grande; mt gr - muito grande; mod-ft - moderada à forte; pj - pegajoso; lpj - ligeiramente pegajoso; pl - plástico; lp - ligeiramente plástico; mt pl - muito plástico; mt fr - muito friável; dr - duro; ldr - ligeiramente duro; ext dr - extremamente duro; ma - macia; so - solto; mat br - material branco; ond - ondulada; abrup - abrupta; grad - gradual.

É importante ressaltar os teores de Eq. CaCO₃ muito mais elevados do que os teores de COT em todos os horizontes dos solos estudados. Muito se fala sobre o solo como importante compartimento de estoque de carbono global, no entanto, dá-se mais importância ao compartimento de carbono orgânico (COT) do que ao carbono inorgânico (FAO, 2022), neste caso representado pelo CaCO₃ dos horizontes cálcicos. Solos com caráter carbonático do

semiárido brasileiro também apresentam importância como estoques de carbono, e são compartimentos sensíveis a mudanças climáticas.

No complexo sortivo, os valores dos íons Ca^{2+} oscilaram entre 10.4 e 15.1 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ no P1, demonstrando-se superiores aos de P2 que variam entre 8.3 e 11.2 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$. Os teores mais elevados de Ca^{2+} no complexo sortivo confirmam como o material de origem, através da calcita primária, influencia diretamente na química do solo. O Mg^{2+} é o segundo íon em maiores teores, e ainda assim são relativamente baixos comparados ao Ca^{2+} . Rochas constituídas com predominância de minerais básicos, combinadas com o clima semiárido, conferem aos solos elevados valores em soma de bases e saturação por bases (V) (Rios et al., 2020), o que é observado nestes solos com valor mínimo de V de 98.1% (Tabela 3).

Contudo, deve-se evidenciar a expressividade dos teores de Na^+ no Bi2 e Ck de P2. Observando os valores de Na^+ e PST em P2, percebe-se que ambos aumentam em profundidade, semelhantes aos resultados encontrados por Oliveira et al. (2009) que explica a elevação dos teores em virtude da posição na paisagem. Áreas mais baixas tendem a apresentar valores de Na^+ superiores em virtude do processo de lixiviação que promove a remoção desse íon das partes mais elevadas da paisagem, e conseqüente acumulação nas partes baixas em contexto climático de déficit no balanço hídrico (evapotranspiração > precipitação). Sendo assim, os resultados de PST identificaram a presença de caráter solódico no horizonte Bi2 (10.3% de PST) e caráter sódico no Ck (25.6% de PST).

Tabela 2. Atributos físicos dos perfis de solo analisados.

Horiz.	Prof. cm	Composição granulométrica					Classe textural
		Areia grossa	Areia fina	Areia total	Silte	Argila	
		g kg^{-1}					
Perfil 1 - Cambissolo Háptico Carbonático luvissólico							
A	0-5	233.8	500.9	734.7	133.8	131.5	franco-arenosa
Bi	5-20	162.4	534.7	697.2	112.9	190.0	franco-arenosa
Bik	20-35	183.6	452.0	635.6	150.8	213.6	franco-argiloarenosa
Perfil 2 - Cambissolo Háptico Carbonático solódico							
A	0-10	225.7	547.0	772.7	104.5	122.8	franco-arenosa
Bi1	10-35	300.6	387.8	688.4	149.5	162.1	franco-arenosa
Bi2	35-45	197.9	424.9	622.8	169.5	207.8	franco-argiloarenosa

Os resultados encontrados para os horizontes superficiais não cumprem os requisitos definidos pelo SiBCS para horizonte A chernozêmico, no que diz respeito a espessura e cor. Ainda que apresente incremento de argila em profundidade, os horizontes B também não

atendem aos critérios estabelecidos para identificação como B textural. Desta forma, os solos não podem ser classificados como Chernossolos, assim como não apresentam as características típicas dos solos predominantes na região e não podem ser enquadrados como Luvisolos Crômicos, tampouco como Neossolos Litólicos ou Neossolos Regolíticos.

Os atributos mensurados nos horizontes B também não permitem enquadramento como B latossólico, B nítico, B plânico, B espódico, e como horizontes plíntico, concrecionário, glei ou vértico, mas indicam desenvolvimento pedogenético indicado pelo teor mais elevado de argila em relação ao horizonte sobrejacente, cromas mais fortes, matiz mais vermelho e remoção de carbonatos em relação ao horizonte subjacente, sendo possível enquadramento como B incipiente (Bi) (Santos et al., 2018).

Tabela 3. Atributos químicos dos perfis de solo analisados.

Horiz.	pH		K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	T	V	PST	COT	Eq. CaCO ₃
	H ₂ O	KCl												
Perfil 1 - Cambissolo Háplico Carbonático luvisólico														
A	7.9	7.3	0.3	0.1	12.4	1.1	0.0	0.2	13.9	14.1	98.6	0.6	22.7	115.3
Bi	8.1	7.2	0.1	0.1	15.1	0.8	0.0	0.0	16.0	16.0	100	0.6	9.0	52.3
Bik	8.4	7.4	0.1	0.2	15.1	0.8	0.0	0.0	16.1	16.1	100	0.9	4.6	201.9
Ck	8.6	7.6	0.0	0	10.4	0.7	0.0	0.0	11.2	11.2	100	0.3	2.7	275.7
Perfil 2 - Cambissolo Háplico Carbonático solódico														
A	8.2	7.4	0.4	0.1	8.6	1.4	0.0	0.2	10.6	10.8	98.1	1.3	9.2	55.8
Bi1	8.3	6.8	0.2	0.3	11.2	2.8	0.0	0.1	14.4	14.5	99.3	2.1	3.0	59.6
Bi2	8.9	7.2	0.2	1.7	9.9	4.9	0.0	0.0	16.7	16.7	100	10.3	1.1	70.8
Ck	8.5	8.0	0.1	4.5	8.3	4.8	0.0	0.0	17.6	17.6	100	25.6	2.2	691.3

Neste contexto, a partir da identificação da presença de horizonte superficial A moderado, horizonte B incipiente, horizonte cálcico e caráter argilúvico conjugado com argila de atividade alta, SB maior do que 5 cmol_c kg⁻¹ e eutrofia dentro de 150 cm, P1 é classificado como Cambissolo Háplico Carbonático luvisólico. No caso de P2, a sequência de horizontes A moderado, B incipiente, horizonte cálcico e caráter solódico dentro de 150 cm classifica-o como Cambissolo Háplico Carbonático solódico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da possibilidade teórica da existência de Luvisolos Crômicos e Chernossolos no local estudado, sugerida pela presença de rochas carbonáticas e pelos mapas pedológicos

regionais, os solos são classificados como Cambissolos Háplicos Carbonáticos, indicando maior diversidade pedológica do que a apontada pelos mapas de solos disponíveis.

De acordo com os resultados obtidos neste estudo, evidencia-se a influência determinante do material de origem e do clima nas características dos solos e, especialmente, no teor de CaCO_3 em seus horizontes. Os altos teores de CaCO_3 dos solos em questão suscitam continuidade de estudos para compreensão mais assertiva sobre seus estoques de carbono, assim como em análise micromorfológica será possível elucidar sobre sua origem pedogenética ou herdada do material de origem.

Palavras-chave: solos carbonáticos; horizonte cálcico; solos do semiárido; classificação de solos.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. **Projeto RADAMBRASIL, Folhas SB 24/25 Jaguaribe/Natal; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 1981. 744p.

COSTA, T. C. C. et al. Análise da degradação da Caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/PB). *R. Brasi. Eng. Agric. Amb.*, Campina Grande, v. 13, p. 961-974, 2009.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS **Global status of black soils**. Rome, Italy, FAO. 2022. Disponível em: <<https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc3124en>> Acesso em: 5 jun 2024.

JACOMINE, P.K.T. et al. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado do Rio Grande do Norte**. Recife: MA-DNPEA/SUDENE-DRN, 1971. 536 p. (DNPEA, Boletim Técnico nº 21; SUDENE-DRN, Série Pedologia nº 9).

LUCENA, R. L.; CABRAL JUNIOR, J. B.; STEINKE, E. T. Comportamento Hidroclimatológico do Estado do Rio Grande do Norte e do Município de Caicó. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 33, n. 3, 485-496, 2018.

MESQUITA, L. P. **Gênese e geoquímica de solos influenciados por carbonatos na faixa Atlântica do Sudeste brasileiro**. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa/MG, 2015.

NASCIMENTO, I. G. **Caracterização e gênese de solos originados de rochas metamórficas e carbonatadas na região semiárida de Pernambuco**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife/PE, 2020.

OLIVEIRA, L. B et al. Morfologia e classificação de luvisolos e planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no Semiárido do nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p.1333-1345, 2009.

PFALTZGRAFF, P. A. S. & TORRES, F. S. M. (Org) **Geodiversidade do estado do Rio Grande do Norte**. Recife: CPRM, 2010.

RIOS, M. L.; CARVALHO, V. L. M.; OLIVEIRA, F. S. Solos carbonáticos e a desertificação no médio curso da bacia do Rio Salitre, Bahia. **Rev. Bras. Geomorfol.** (Online), São Paulo, v.21, n.4, (Out-Dez) p.911-929, 2020.

SANTOS, H. G. et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 7^a ed., Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015, 102 p.

SANTOS, R. D. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5^a ed. Brasília, DF: CNPS/EMBRAPA Solos. 2018. 356p.

SCHAETZL, R & ANDERSON, S. **Soils: Genesis and geomorphology.** Cambridge University Press, 2005. 817p.

TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo.** 3^a ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2017. 573p.