

ATRIBUTOS FÍSICOS DE UMA TOPOSSEQUÊNCIA DE LUVISSOLOS CRÔMICOS (TC), NO SEMIÁRIDO PARAIBANO

Cristiano dos Santos Sousa¹
Vanessa dos Santos Gomes²
Rodrigo Santana Macedo³
Víctor Félix de Lima Júnior⁴
Alexandre Pereira de Bakker⁵

RESUMO

Os Luvissoles representam uma ordem de solos do Semiárido brasileiro que apresentam elevada susceptibilidade à erosão. Tendo em vista que os estudos de solos da região remetem apenas a camada superficial do solo, pouco aderindo ao contexto de solos de referência, a pesquisa teve como objetivo caracterizar os parâmetros físicos de Luvissoles crômicos, sob vegetação regenerada de Caatinga hipoxerófila, no município de Sumé-PB. As análises foram realizadas no Laboratório de Geoquímica-INSA e no Laboratório de Física-DSER/CCA/UFPB. Foi possível observar que os solos variaram a textura ao longo do perfil, de franco arenosa a franco argilosa, exceto em P2. A ADA representou característica de solos floclados, em todos os perfis. Os maiores valores de Ds foram identificados nos horizontes Bt, exceto em P3. O mesmo comportamento foi evidenciado em Dp. Os solos apresentam elevada susceptibilidade à erosão, representado pelo baixo índice de estabilidade de agregação. E, por fim, os solos apresentaram resistência moderada a alta, mostrando maior resistência com o aumento da profundidade. Os resultados obtidos com a pesquisa servem de base para outros estudos em Luvissoles crômicos da região, sob as mesmas condições encontradas em Sumé-PB.

Palavras-chave: Solos de referência, solos do semiárido, física do solo.

INTRODUÇÃO

O Semiárido brasileiro (SAB) abrange cerca de 53% do território da região Nordeste do país (BAPTISTA; CAMPOS et al., 2013). Apesar do clima quente, com uma evaporação de 3000 mm/ano, é considerada a região semiárida mais chuvosa do mundo, com pluviosidade média de 750 mm/ano (MALVEZZY, 2007); tornando-se o principal regulador dos fatores de formação de solo e relevo (CREA-PE, 2017).

Os solos desta região, normalmente, são pouco a moderadamente profundos, dos quais as principais ordens entendem por Neossolos, Luvissoles, Planossolos (OLIVEIRA et al., 2009). Dos solos citados, os Luvissoles estão entre os que se destacam, em termos de

¹ Pesquisador PCI/CNPq do Instituto Nacional do Semiárido - INSA, cs.agronomia@gmail.com;

² Pesquisador PCI/CNPq do Instituto Nacional do Semiárido - INSA, vanessa.gestao.ifpb@gmail.com;

³ Pesquisador PCI/CNPq do Instituto Nacional do Semiárido - INSA, macedo-rs@hotmail.com;

⁴ Doutorando pelo Curso de Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba - PPGCS/CCA/UFPB, victorfelixif@gmail.com;

⁵ Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido-INSA, bakker1000@yahoo.com.br.

expressão geográfica, no bioma caatinga (ARAÚJO FILHO, 2011). São solos minerais, que apresentam horizonte B textural (Bt), argila de alta atividade e elevada saturação por bases (EMBRAPA, 2018). No Núcleo de Desertificação do Seridó, entretanto, pela facilidade de acesso, normalmente, esses solos apresentam pouca cobertura vegetal, como consequência da extração de lenha, o que sujeita o solo aos efeitos dos agentes erosivos (FLORES et al., 2002).

Outros estudos comprovam que os processos degradativos do solo podem ocorrer tanto em áreas com vegetação preservada quanto em áreas com ausência ou pouca cobertura vegetal (VENDRUSCOLO, 2017). No entanto, esses estudos se restringem ao horizonte ou camada superficial, não respondendo corretamente a impactos ocorrentes em subsuperfície. Isso ressalta a necessidade de se obter informações à nível de perfil de solo, o que também auxilia na compreensão dos seus processos evolutivos (SANTOS-FRANCÉS et al., 2019). Assim sendo, é imprescindível usar métodos analíticos de campo e laboratório que satisfaçam critérios pré-estabelecidos para determinar o estado atual dos atributos do solo.

Além das características pedogenéticas, as condições de equilíbrio dos solos dependem do uso e manejo empregados (TORMENA et al, 2002). Para promover políticas e métodos de conservação e manejo desses solos, se faz necessário entender a dinâmica de seu comportamento físico-químico. Segundo Silveira et al. (2010), parâmetros físicos como a estabilidade de agregados e afluência de macro e microporos no solo influenciam direta e indiretamente no desenvolvimento de espécies vegetais e na produtividade.

Para os parâmetros comparativos é fundamental a posse de informações das condições naturais e/ou iniciais dos solos. Segundo a USDA (2019), o termo solos referência (SR) corresponde à solos que apresentam características taxonômicas chave, tais como: representatividade de uma dada região; significativa importância ecológica; são solos sob vegetação natural e/ou com o mínimo de intervenção antrópica. No SAB, o agravante remete à dificuldade de encontrar solos nestas condições devido à exploração intensa da vegetação nativa e sua localização que, muitas vezes, está em áreas de difícil acesso.

Nesse contexto, o trabalho teve como objetivo caracterizar os atributos físicos de solos de uma topossequência de Luvisolos crômicos, sob vegetação regenerada, no município de Sumé-PB, no Semiárido brasileiro.

METODOLOGIA

A área estudada trata-se de uma reserva experimental localizada em Sumé-PB, pertencente ao Laboratório de Ecologia e Botânica, do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Sumé-LAEB/CDSA/UFCG. O clima predominante é o do tipo Bsh-semiárido quente (KOEPPEN-GEIGER, 1928), com precipitação média anual de 538 mm. O relevo da área foi classificado como suave ondulado (SANTOS et al., 2013) e vegetação predominante do tipo Caatinga hipoxerófila, em estágio considerável de regeneração (> 30 anos).

Foram marcados pontos georreferenciados nos locais de amostragem. Simultaneamente, foram realizadas as determinações dos dados de resistência do solo à penetração com o auxílio de um penetrômetro de impacto, conforme sugerido por Klein (2014).

Foram elaboradas três trincheiras pedológicas (SANTOS et al., 2015), compondo uma topossequência, para a caracterização morfológica e identificação parcial da classe de solo até o segundo nível categórico. Os solos da área foram classificados como Luvisolos Crômicos, segundo os critérios descritos no Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2015) e o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos-SiBCS (EMBRAPA, 2018).

As amostras foram coletadas nos horizontes diagnósticos de cada perfil pedológico, acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e encaminhada ao Laboratório de Física do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Rural-DSER, do Centro de Ciências Agrárias-CCA/UFPB, para serem submetidas às análises de granulometria e argila natural dispersa, densidade do solo e de partículas e estabilidade de agregados do solo, de acordo com a metodologia descrita por Teixeira et al. (2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises granulométricas e classe textural

Através das características morfológicas (SANTOS et al., 2015; IBGE, 2015), foram identificadas as sequências de horizontes A1, A2, Bt e CB para o perfil 1 (P1); A, Bt e CB para o perfil 2 (P2) e A, Bt e CB para o perfil 3 (P3). Os resultados referentes às análises granulométricas, argila dispersa em água (ADA), grau ou índice de floculação (IF) e classe textural, estão representados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados das análises granulométricas, ADA, IF e classe textural dos perfis de Luvissole Crômico, Sumé-PB.

Amostra	Análises Granulométricas									S/A	IF	Classe Textural
	Areia						Silte	Argila				
	AMG	AG	AM	AF	AMF	AT	Total	ADA	g.kg ⁻¹			
Perfil e Horizonte	----- g.kg ⁻¹ -----										%	(Klein, 2014)
P1 A1	43	81	157	237	36	554	312	134	25	2,3	81	Franca arenosa
P1 A2	36	85	154	228	21	524	307	169	51	1,8	70	Franca arenosa
P1 Bt	58	85	107	116	3	369	261	370	79	0,7	79	Franca argilosa
P1 CB	87	136	179	178	2	582	314	105	26	3,0	75	Franca arenosa
P2 A	42	81	138	218	4	483	325	192	51	1,7	73	Franca
P2 Bt	99	105	107	129	2	442	343	215	52	1,6	76	Franca
P2 CB	162	137	113	112	11	535	341	124	39	2,8	69	Franca arenosa
P3 A	25	57	130	216	12	440	327	233	77	1,4	67	Franca
P3 Bt	17	50	115	177	31	390	284	326	91	0,9	72	Franca argilosa
P3 CB	61	82	149	168	23	483	327	190	65	1,7	66	Franca

Legenda: AMG – Areia muito grossa; AG – Areia grossa; AM – Areia média; AF – Areia fina; AMF – Areia muito fina; AT – Areia total; ADA – Argila dispersa em água; S/A – Relação silte/argila; IF – Índice de floculação.

Nota-se que há predominância da fração areia total (AT) em todos os perfis, principalmente nos horizontes superficiais. A fração areia fina (AF) foi a que apresentou maior contribuição para o destaque nos teores de areia, representando também maior evidência nos horizontes supracitados. Esses teores são comumente encontrados em perfis de Luvissoles descritos no Nordeste brasileiro (ARAUJO FILHO et al., 2000).

Os teores de silte foram menores nos horizontes Bt dos perfis P1 e P3 (respectivamente, 261 e 284 g.kg⁻¹) com os demais representando pouco mais de 30% da massa de solo. Segundo a FAO, solos da classe dos Luvissoles que apresentam teores elevados de silte apresentam elevada susceptibilidade à deterioração da estrutura quando sujeitos à umidade ou cultivados com máquinas pesadas. Valores aproximados foram encontrados por Oliveira et al. (2007) e esses teores foram justificados devido a remoção de argila nesses horizontes. Em P2, a distribuição das partículas do tamanho silte apresentou comportamento aparentemente uniforme; com 325, 343 e 341 g.kg⁻¹, respectivamente em A, Bt e CB. Esses resultados influenciaram diretamente na relação silte/argila (Relação S/A).

Com exceção do P2, os maiores valores da relação silte/argila foram observados mais próximos à superfície e próximos ao material de origem. Comportamento semelhante foi identificado por Câmara (2016), em perfis de Luvissoles, associando a maior relação em superfície a possível remoção e/ou destruição de argila. Conforme Guimarães (2016), o avanço do processo de evolução do solo pode estar relacionado a valores menores da relação silte/argila, com o aumento das concentrações de argila em profundidade.

Em geral, os teores de argila dispersa em água (ADA) foram baixos sendo o menor observado no horizonte A do P1 (25 g.kg⁻¹) e o maior no Bt do P3 (91 g.kg⁻¹). Mesmo assim, nos perfis P1 e P3, foram levemente mais altos em Bt (na ordem, 79 e 91 g.kg⁻¹), quando comparados aos demais horizontes. Em P2, os teores de ADA do horizonte Bt foram bem próximos aos do A (concomitantemente, 52 e 51 g.kg⁻¹), sendo ambos maiores que CB (39 g.kg⁻¹). Segundo Klein (2014), valores baixos de ADA conferem ao solo maior estabilidade de agregados e baixa erodibilidade. Tal comportamento promoveu o aumento no índice de floculação (IF), que se estimou entre 66 e 81% nos perfis, sendo levemente maiores nos horizontes identificados como Bt. Esse comportamento pode estar relacionado aos teores de matéria orgânica, Fe e Al, cujos teores elevados suscitam propriedades floculantes (Klein, 2014).

No perfil P1, quanto à textura do solo, observa-se uma variação de classe textural entre os horizontes, de franca arenosa (A1, A2 e CB) e franca argilosa (Bt). Há incremento considerável de argila no horizonte Bt (B textural), contrastando aos horizontes superficiais e compreendendo a presença de gradiente textural (SANTOS et al., 2013; IBGE, 2015; EMBRAPA, 2018). No perfil P3 o comportamento foi muito semelhante ao P1, sendo que a textura variou de franca (A e CB) a franca argilosa (Bt).

No perfil P2, no entanto, a pouca variação granulométrica entre os horizontes A e Bt e os teores elevados de areia e silte determinaram a classe textural como franca em ambos os horizontes e como franca arenosa em CB. Os valores são muito próximos (respectivamente, 192 e 215 g.kg⁻¹, em A e Bt) não sendo verificado gradiente textural. Provavelmente, o acúmulo de argila neste horizonte superficial é resultante de um processo iluvial, proveniente dos horizontes superficiais de solos da parte superior da encosta.

Densidade do Solo e de Partículas

Os resultados referentes a densidade do solo (Ds) e de partículas (Dp), tão como a estimativa de porosidade total (PT), estão representadas na Tabela 2.

Tabela 2. Densidade do solo e de partículas.

Amostra	Densidade		Porosidade total (Pt)
	Solo (Ds)	Partícula (Dp)	
	g.cm ⁻³	g.cm ⁻³	m ³ .m ⁻³
P1 A1	1,67	2,66	0,37
P1 A2	1,65	2,56	0,36
P1 Bt	1,75	2,68	0,35
P2 A	1,61	2,80	0,43
P2 Bt	1,66	2,70	0,39

P3 A	1,61	2,61	0,38
P3 Bt	1,56	2,53	0,38

A densidade do solo ou densidade aparente (D_s) variou entre 1,56 a 1,75 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ na toposequência. Em P1 e P2, os valores foram ligeiramente maiores nos horizontes subsuperficiais. Em P3 a densidade do foi levemente maior no horizonte A (1,61 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$), porém, não sendo distante do encontrado no Bt (1,56 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) Medeiros et al. (2013) e Pereira, et al. (2013), consideraram resultados de D_s moderadamente menores aos observados em superfície, na faixa de 1,40 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Conforme Volungevicius et al. (2019), a proporção de matéria orgânica em horizontes superficiais afeta a densidade do solo, tão como a porosidade total. Desse modo, os menores valores de densidade do solo, supostamente, estão relacionados ao efeito da matéria orgânica nestes horizontes.

A densidade de partículas (D_p) variou entre 2,53 e 2,80 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Os maiores valores foram encontrados em P2, nos horizontes avaliados (2,80 e 2,70 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, correspondendo a A e Bt). Os resultados podem estar relacionados com a granulometria/textura evidenciada no perfil, tendo concentrações consideráveis de frações primárias e finas (AF, AMF e Silte). Os valores observados são próximos aos representados por Medeiros et al. (2013), para a ordem de solo avaliada.

Os resultados referentes à porosidade total (P_t) variaram de 0,35 a 0,43 $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$, sendo observados valores menores, normalmente, nos horizontes subsuperficiais. Comportamento semelhante foi constatado por Medeiros et al. (2013) e Volungevicius et al. (2019). Esse efeito pode estar relacionado aos horizontes superficiais devido o menor tamanho das unidades estruturais que permite que ocorra uma maior de formação de poros de menor tamanho, o que, do mesmo modo, pode ocorrer nos horizontes subsuperficiais (Baver et al., 1972; Oliveira, 2007).

Estabilidade de Agregados

Os valores encontrados referentes às proporções de macro, microagregado e diâmetro médio ponderado (DMP) e índice de estabilidade de agregados (IEA).

Tabela 3. Representação das proporções de macro e microagregados; DMP e índice de estabilidade dos agregados (IEA).

Amostra	MaS.	MiS.	DMPAs	MaU.	MiU.	DMPAu	IEA
	----- % -----		mm	----- % -----		mm	%

P1 A1	92,9	7,1	4,193	27,7	72,3	0,685	16,3
P1 A2	90,4	9,6	3,726	41,0	59,0	0,524	14,1
P1 Bt	98,1	1,9	4,288	50,2	49,8	0,799	18,6
P2 A	92,8	7,2	4,049	40,6	59,4	0,576	14,2
P2 Bt	97,5	2,5	4,406	39,2	60,8	0,716	16,3
P3 A	94,9	5,1	4,251	32,0	68,0	0,541	12,7
P3 Bt	97,5	2,5	4,604	43,3	56,7	0,525	11,4

Legenda: MaS. – Macroagregado seco; MiS. – Microagregado seco; MaU. – Macroagregado úmido; MiU. – Microagregado úmido; DMPAs – Diâmetro médio ponderado de agregado seco; DMPAu – Diâmetro médio ponderado de agregado úmido; IEA – Índice de estabilidade de agregados.

Nota-se que em todos os horizontes observados, a proporção de macroagregados por tamisação seca foi maior que 90%, sendo ligeiramente destacada nos horizontes subsuperficiais. Isso pode estar relacionado ao incremento de argila *in situ*, derivado provavelmente do intemperismo do material de origem.

Ao submeter os agregados à tamisação úmida houve uma grande redução nas proporções dos macroagregados, em todos os perfis avaliados; reduzindo a percentagens entre 27,7 e 50,2%. Além disso, o efeito foi bem mais evidente nas camadas superficiais do solo, podendo estar relacionado com os menores teores de argila em superfície (SILVA, 2015) somado à suposta predominância de matéria orgânica não complexada (MONC) nos macroagregados (ROSCOE, 2002), favorecendo a desagregação das partículas (SANTOS et al., 2010) e o esboroamento das unidades estruturais. Simultaneamente, o oposto ocorreu às percentagens de microagregados, cujo foram beneficiadas com a desintegração agregados maiores; elevando suas razões a faixas entre 49,8 e 72,3%. Estudos apresentam resultados semelhante com a desagregação de macroagregados após tamisamento por via úmida (SANTOS et al., 2010; SILVA, 2015).

Em resposta ao processo supracitado, a estimativa do DMPAs variou entre 3,726 e 4,604 mm e do DMPAu entre 0,524 e 0,799 mm; propondo determinar o IEA dos horizontes, os quais representam índices menores que 20%. Isso indica que os solos dos perfis avaliados apresentam elevada susceptibilidade à erosão. De certo modo, ainda que o solo tenha elevado grau de floculação, sendo evidenciado nos resultados de ADA e IF, a ordem avaliada apresenta, unidades estruturais fortemente agregadas quando secas, contudo, fracamente agregadas quando sujeitas à ação e movimento da água (erosão hídrica).

Resistência mecânica do solo à penetração (Penetrometria)

A resistência à penetração mecânica do solo (RP) dos perfis avaliados está representada na Figura 1.

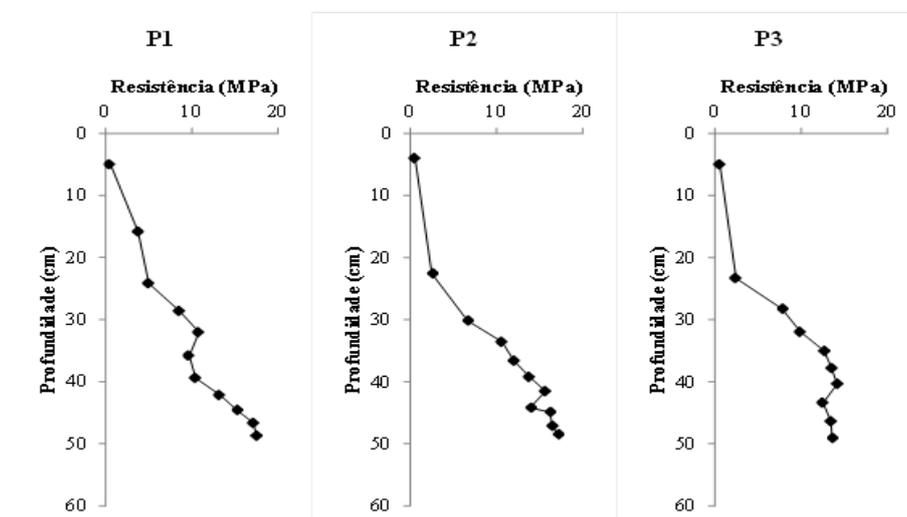


Figura 1. Resistência mecânica do solo à penetração (RP) em relação a profundidade.

Observa-se que os solos dos perfis apresentam comportamento semelhante, com valores na faixa entre 0,56 a 17,47 MPa. Segundo as classes descritas no Soil Survey Manual (USDA, 2017), a resistência do solo variou de baixa a extremamente alta; mostrando maior resistência à penetração conforme aumenta a profundidade. Certamente, a menor resistência ocorre devido ao efeito de secamento em superfície (BEUTLER et al., 2001). Não obstante, a maior resistência pode estar diretamente relacionada ao teor de umidade no solo, conforme representado na Tabela 2, e à maior concentração de argila em profundidade (horizonte Bt), o que também corrobora os resultados referentes à textura e densidade do solo (Ds).

Tabela 2. Resistência mecânica à penetração em relação à umidade.

Amostra	Profundidade	U	RP (médias)
	cm	%	MPa
P1 A1	0-12	2,13	2,15
P1 A2	13-26	2,72	4,37
P1 Bt	26-44	5,65	11,26
P2 A	0-11	2,82	1,53

P2 Bt	11-25	4,57	4,56
P3 A	0-11	3,73	1,50
P3 Bt	11-32	5,89	6,72

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o estudo foi possível constatar que as amostras dos horizontes representativos dos Luvisolos crômicos de Sumé-PB representaram classes texturais que variaram de franco arenosa a franco argilosa, sendo mais argilosas nos horizontes subsuperficiais, exceto no perfil P2 e resultados de ADA que compreendem a solos floculados.

Quanto a seus agregados, no entanto, foi constatado que os solos apresentam alta susceptibilidade à erosão, demonstrando a desestruturação de macroagregados e o favorecimento de microagregados do solo, compreendendo valores baixos no índice estabilidade de agregados.

Os solos estudados apresentaram resistência mecânica à penetração mais evidente nas camadas subsuperficiais, nas quais, naturalmente, foi evidenciado maior umidade gravimétrica.

Esses resultados servirão de base referencial para outros estudos relativos ao comportamento físico de Luvisolos Crômicos, tão como relacionar ao impacto do manejo e uso de solo em ordens de solo semelhantes.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO FILHO, J. C. Relação solo e paisagem no Bioma Caatinga. *In*: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA (Dourados). **Dinâmicas socioambientais das inter-relações à interdependência**. 14. ed. Dourados: UFGD, 2011. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/896995>. Acesso em: 24 set. 2019.
- ARAÚJO FILHO, J. C.; BURGOS, N.; LOPES, O. F.; SILVA, F. H. B. B.; MEDEIROS, L. A. R.; MELO FILHO, H. F. R.; PARAHYBA, R. B.; LUZ, L. R. Q. P. ; REIS, R. M. G.; BARROS, A. H. C. Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos

do Estado de Pernambuco (escala 1:1000.000). Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000 (Publicação da Embrapa Solos (Boletim de Pesquisa, 11).

BAPTISTA, N. de Q.; CAMPOS, C. H. Caracterização do Semiárido brasileiro: o Semiárido e seu território. *In: Convivência com o semiárido brasileiro: autonomia e protagonismo social*. Brasília-DF: IABS, 2013. p. 55-60. ISBN 978-85-64478-20-6. PDF 236p.

BAVER, L. D.; GARDENER, W. H.; GARDENER, W. R. Soil physios. 4 ed. New York; John Willey & Sons, 1972. 498 p.

BLEUTER, A. N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; CRUZ, J.C; PEREIRA FILHO, I.A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos Cerrados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, Minas Gerais, v. 25 p. 167-177, 2001.

CÂMARA, E. R. G. Caracterização e Pedogênese de Luvisolo e Planossolos no núcleo de desertificação de Cabrobó, Pernambuco. Orientador: Valdomiro Severino de Souza Júnior. 2016. 115 f. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência do Solo) - Mestrado, Recife, PE, 2016.

CORRÊA, R. M.; BULL, L.T. ; CRUSCIOL, C.A.C.; MORAES, M.H. Alteração de atributos físicos em Latossolo com aplicação superficial de escória de aciaria, lama cal, lodos de esgoto e calcário. *Revista brasileira de ciência do solo*, v. 30, p. 263-272, 2009.

CREA-PE, Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco. **Cadernos do Semiárido: Riquezas & oportunidades**. Recife-PE: EDUFRPE, 2017. 60 p. v. 10. PDF.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos 6 ed. Brasília, 2018.

FLORES, C. A. *et al.* Outras formas de degradação do solo. *In: MANZATTO, C. V. et al.*

Uso agrícola dos solos brasileiros. 1. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. cap. 9, p. 93-104. ISBN 85-85864-10-9.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. Manual Técnico de Pedologia, 3ª edição. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Diretoria de Geociências. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Manuais Técnicos em Geociências, número 4, 2015, p. 428p.

KLEIN, V. A.. Física do Solo. Editora Passo Fundo, 2014. 263p.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm

- MEDEIROS, B. V. V.; MEDEIROS, L. C.; SOBRINHO, F. E.; GURGEL, M. T.
Caracterização física e química de solos sob pecuária bovina no semiárido do Seridó – RN.
Rev. Agropecuária Científica no Semiárido, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 08-16, 2013.
PDF.
- OLIVEIRA, G. C.; SEVERIANO, E. C.; MELLO, C. R. Dinâmica da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho da Microrregião de Goiânia, GO. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 265–270, 2007.
- OLIVEIRA, L. B.; 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**, [s. l.], n. 33, p. 1333-1345, 2009.
- ROSCOE, R.; MACHADO, P. L. O. A. **Fracionamento Físico do Solo em Estudos de Matéria Orgânica**. 1. ed. Dourados, MS: EMBRAPA, 2002. 88 p. ISBN 85-7540-004-5.
- SANTOS, J. T.; ANDRADE, A. P.; SILVA, I. F.; SILVA, D. S.; SANTOS, E. M.; SILVA, A. P. G. Atributos físicos e químicos do solo de áreas sob pastejo na micro região do brejo paraibano. *Ciência Rural*, Santa Maria, RS, ano 12, v. 40, p. 2486-2492, 2010.
- SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 6. ed. revista e ampliada. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013, 100 p.
- SANTOS, RAFAEL DAVID; SANTOS, HUMBERTO GONÇALVES; KER, JOÃO CARLOS; ANJOS, LUCIA HELENA CUNHA; SHIMIZU, HIDEITI SÉRGIO. Manual de descrição e coleta de solos, 2015, Viçosa, Minas Gerais, 102p.
- SANTOS-FRANCÉS, F., MARTÍNEZ-GRAÑA, A., ÁVILA-ZARZA, C., CRIADO, M., & SÁNCHEZ, Y. Comparison of methods for evaluating soil quality of semiarid ecosystem and evaluation of the effects of physico-chemical properties and factor soil erodibility (Northern Plateau, Spain). *Geoderma*, 354, 113872. (2019).
- SILVA, Jádison Carlos da. Atributos físicos do solo de áreas agrícolas atingida pelo processo de desertificação do núcleo do seridó (RN). Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2015.
- SILVEIRA, D. C.; MELO FILHO, J. F.; SACRAMENTO, J. A. A. S.; SILVEIRA, E. C. P. Relação umidade versus resistência à penetração para um argissolo amarelo distrocoeso no Recôncavo da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 34:669-667, 2010.
- SOIL SCIENCE DIVISION STAFF. 2017. Soil survey manual. C. Ditzler, K. Scheffe, and H.C. Monger (eds.). USDA Handbook 18. Government Printing Office, Washington, D.C.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A. ; TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos análise de solo, 2017. 574p.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic Matter and Water-Stable Aggregates in Soils. European Journal of Soil Science, 33, 141-163, 1982.

TORMENA, C.A.; BARBOSA, M.C. & COSTA, A.C.S. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. Scientia Agricola, 59:795-801, 2002.

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. National soil survey handbook, title 430-VI.

<http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/ref/?cid=nrcs142p2_054242>

(accessed 25 set 2019).

VENDRUSCOLO, J. **Índices biofísicos para avaliação da desertificação no Semiárido.**

Orientador: Aldrin Martin Perez Marin. 2017. 149 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - CCA/UFPB, Areia, 2017.

VOLUNGEVIČIUS, J.; FEIZA, V.; AMALEVIČIŪTĖ-VOLUNGĖ, K.; LIAUDANSKIENĖ, I.; ŠLEPETIENĖ, A.; VENGALIS, R.; VĖLIUS, G.; PRAPIESTIENĖ, R.; POŠKIENĖ, J.

Transformations of different soils under natural and anthropogenized land management.

Zemdirbyste-Agriculture, [S. l.], ano 1, v. 106, n. 1, p. 3-14, 1 set. 2019.