

# Frações inorgânicas do solo e suas inter-relações com atributos estruturais na Região Semiárida da Chapada do Apodi, Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil

Joelma de Sousa Santos<sup>1</sup>, Jeane Cruz Portela<sup>2,\*</sup>, Thais Cristina de Souza Lopes<sup>2</sup>, Francisco Wellington Andrade Silva<sup>1</sup>, Rutilene Rodrigues da Cunha<sup>3</sup> e Maria Laiane Nascimento dos Santos<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Centro de Ciências Agrárias. Curso de Graduação em Agronomia. Av. Francisco Mota, 572. Mossoró-RN, Brasil (CEP 59625-900).

<sup>2</sup>Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Centro de Ciências Agrárias. Av. Francisco Mota, 572. Mossoró-RN, Brasil (CEP 59625-900). \*E-mail: [jeaneportela@ufersa.edu.br](mailto:jeaneportela@ufersa.edu.br).

<sup>3</sup>Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água. Av. Francisco Mota, 572. Mossoró-RN, Brasil (CEP 59625-900).

<sup>4</sup>Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Avenida Pádua Dias, 11. Piracicaba-SP, Brasil (CEP 13418-900).

**Resumo.** A estrutura do solo desempenha relação com os fatores de crescimento vegetal (água, ar, calor, nutrientes e resistência à penetração de raízes), sendo essencial a manutenção e/ou melhoria dos seus atributos. O presente estudo objetivou avaliar as frações inorgânicas do solo e analisar suas inter-relações com atributos estruturais. A pesquisa ocorreu no período de agosto de 2017 a agosto de 2018, sendo realizada a coleta de amostras de solo com estrutura deformada e indeformada, nas classes de Latossolo, Chernossolo, Cambissolos e Neossolo, no Projeto de Assentamento Terra da Esperança, situado no Município de Governador Dix-Sept Rosado, Região Semiárida do Rio Grande do Norte. Foram determinados os atributos texturais (areia, silte e argila), macroporosidade, microporosidade, porosidade total calculada, porosidade total determinada, porosidade de aeração, densidade do solo, umidade gravimétrica e umidade volumétrica. Os resultados foram interpretados utilizando a técnica da estatística multivariada na distinção dos ambientes. Foram constatadas correlações significativas entre a densidade do solo e as variáveis densidade de partículas, porosidade total determinada, porosidade total calculada, microporosidade, macroporosidade, porosidade de aeração e a fração argila. A porosidade total determinada apresentou correlação com a microporosidade, nos Cambissolos, evidenciando restrições à aeração. A microporosidade e a densidade do solo obtiveram

Recebido:  
14/02/2019

Aceito:  
11/04/2019

Publicado:  
30/04/2019



Acesso aberto



ORCID

0000-0001-5078-8308

Joelma de Sousa Santos

correlação positiva com a fração argila, o que refletiu nos atributos estruturais, para todas as classes estudadas, com exceção do Latossolo. Conclui-se que a fração argila foi eficiente na distinção dos ambientes, apresentando correlações significativas com os atributos densidade do solo, porosidade total determinada, porosidade total calculada, microporosidade, macroporosidade e porosidade de aeração. Os ambientes para as classes de Cambissolos foram discriminados pela fração argila, enquanto o Neossolo, pela porosidade total determinada e o Chernossolo pelo silte, sendo um indicativo de solo jovem, pouco intemperizado e facilmente disperso, susceptível ao processo erosivo. A análise multivariada foi eficiente na distinção dos ambientes, evidenciado as inter-relações entre os atributos estruturais e as frações inorgânicas do solo.

**Palavras-chave:** Pedologia; Manejo agroecológico; Caatinga; Semiárido.

**Abstract.** *Inorganic fractions of soil and their interrelationships with soil structural attributes in the Semi-Arid Region of the Apodi Plateau, State of Rio Grande do Norte, Northeast Brazil.* Soil structure is related to the plant growth promoting factors (water, air, heat, nutrients, and resistance to root penetration) and the maintenance and/or improvement of its attributes is essential. This study aimed to evaluate the inorganic fractions and their interrelationships with soil structural attributes. The research was carried out from August 2017 to August 2018. Samples of soil with deformed and undeformed structure, in the Latosol, Chernosol, Cambisol and Neosol classes, were collected in the Settlement Project "Terra da Esperança" (Land of Hope), located in the municipality of Governador Dix-Sept Rosado in the semi-arid region of Rio Grande do Norte. The textural attributes (sand, silt, and clay), macroporosity, microporosity, calculated total porosity, determined total porosity, aeration porosity, soil density, gravimetric moisture, and volumetric moisture were determined. The results were interpreted using the multivariate statistical technique in the distinction of environments. There were significant correlations between soil density and particle density, determined total porosity, calculated total porosity, microporosity, macroporosity, aeration porosity, and clay fraction. The determined total porosity correlated with microporosity in the Cambisols, evidencing restrictions to aeration. The microporosity and soil density positively correlated with the clay fraction, which reflected in the structural attributes in all classes studied, except for the Latosol. It was concluded that the clay fraction was efficient in distinguishing the environments, significantly correlating with soil density, determined total porosity, calculated total porosity, microporosity, macroporosity, and aeration porosity. The environments for the classes of Cambisols, Neosols, and Chernosol were discriminated by the clay fraction, determined total porosity, and silt, respectively,

- 0000-0002-6465-9731  
Jeane Cruz Portela
- 0000-0002-6256-9732  
Thais Cristina de Souza Lopes
- 0000-0002-9690-3559  
Francisco Wellington Andrade Silva
- 0000-0002-3175-7677  
Rutilene Rodrigues da Cunha
- 0000-0002-5942-0603  
Maria Laiane Nascimento dos Santos

indicating the occurrence of young soil, little weathered, and easily dispersed, susceptible to the erosion process. The multivariate analysis was efficient in distinguishing the environments, evidencing the interrelationships between the structural attributes and the inorganic fractions of the soil.

**Keywords:** Pedology; Agroecological management; Caatinga; Semi-arid.

## Introdução

A granulometria refere-se à distribuição do tamanho das partículas minerais, constituídas por areia, silte e argila, sendo uma característica intrínseca ao solo de difícil modificação, enquanto a estrutura do solo refere-se à maneira como estas partículas minerais estão organizadas, conferindo-lhe o aspecto de sistema poroso (Brady e Weil, 2013).

Neste sentido, a estrutura do solo desenvolve-se em função das forças de floculação, que atuam por meio do balanço de cargas negativas, favorecendo a união das partículas, pela ação de diferentes agentes cimentantes, tais como frações orgânicas (matéria orgânica) e as frações inorgânicas (textura), formando a matriz do solo. Nessa interação, destaca-se a fração argila, que apresenta atividade coloidal e elevada área superficial específica, unindo as partículas minerais, conferindo uma feição morfológica ao solo, dando-lhe o aspecto de corpo natural coeso e organizado (Resende et al., 2012).

A estrutura do solo do ponto de vista da física por referir-se ao arranjo estrutural das partículas do solo, desempenha estrita relação com os fatores de crescimento vegetal, refletindo no espaço poroso, influenciando os fluxos de ar, água e calor às raízes das

plantas, o suprimento de nutrientes, desenvolvimento do sistema radicular e resistência mecânica à penetração, condições ideais para garantir o desenvolvimento dos cultivos agrícolas (Vezzani e Mielniczuk, 2009).

Nesta conjuntura surge à necessidade da caracterização dos atributos estruturais do solo e suas inter-relações, os quais em conjunto fornecem subsídios para tomada de decisões, a fim de propiciar melhorias e/ou manutenção da capacidade produtiva do solo, levando em consideração suas potencialidades e limitações.

Diante do exposto, o presente artigo objetivou realizar a caracterização dos ambientes, por meio do estudo dos atributos estruturais em associação com as frações inorgânicas, utilizando a técnica de análise multivariada, no assentamento Terra da Esperança, na Mesorregião do Oeste Potiguar.

## Metodologia

A pesquisa foi realizada no Projeto de Assentamento Terra de Esperança, no Município de Governador Dix-Sept Rosado, Estado do Rio Grande do Norte, no período de agosto de 2017 a agosto de 2018. Foram selecionados quatro classes de solos, sendo definidos pelos perfis apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Usos, classificação e localização dos ambientes estudados.

Perfil	Classe	Usos	Localização
1	Latossolo Vermelho-Amarelo	Mata nativa	05° 29' 42,70" S, 37° 28' 30,3" W
2	Chernossolo Rêndzico	Área convencional de pastejo	05° 32' 21,18" S, 37° 26' 01,2" W
3	Cambissolo Háptico	Mata Nativa	05° 32' 24,0" S, 37° 25' 59,4" W
4	Neossolo Flúvico	Área de Preservação	05° 29' 45,5" S, 37° 27' 50,6" W

## Permanente

Foram coletadas amostras com estrutura deformadas (em sacos plásticos) e indeformadas nos horizontes das classes em estudo, sendo que nas indeformadas, coletaram-se dez anéis, com dimensões de 0,05 m de altura e 0,05 m de diâmetro, em cada horizonte, nas respectivas classes (Tabela 1). Posteriormente, as amostras foram levadas ao Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta (LASAP), do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), para realização das análises de granulometria e atributos estruturais, como macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total calculada (Ptc), determinada (Pdt) e de aeração (Pa), sendo realizada, concomitantemente, a determinação da densidade do solo (Ds), umidade gravimétrica (U) e umidade volumétrica ( $\theta$ ).

A granulometria foi realizada pelo método da pipeta, utilizando 20 g da terra fina seca ao ar (TFSA) e dispersante químico (hexametáfosfato de sódio) com agitação mecânica lenta em agitador tipo Wagner a 50 rpm, por 16 h, onde a fração areia (2-0,05 mm) foi obtida por tamisagem, argila (< 0,002 mm) por sedimentação e o silte (0,05-0,002 mm) por diferenciação, sendo os resultados apresentados oriundos de médias de três repetições em laboratório, seguindo a metodologia proposta por Teixeira et al. (2017).

Para determinação da microporosidade foi aplicada a tensão de 6 kPa, utilizando a mesa, após a aplicação da tensão, aguardou-se entre 12 h e 24 h até estabilização da amostra indeformada, quando a água deixa de ser drenada. A porosidade total foi determinada pela saturação das amostras, enquanto a macroporosidade pela diferença da umidade da porosidade total e a microporosidade.

A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico, descrito por Forsythe

(1975), com volume conhecido, e pelo quociente da massa seca do solo e pelo volume total. A umidade gravimétrica (U) a base de massa foi determinada pelo método gravimétrico e, posteriormente multiplicando-se a umidade gravimétrica pela densidade do solo, obtendo a umidade volumétrica ( $\theta$ ).

Os resultados dos atributos do solo foram interpretados por meio da técnica de análise multivariada como ferramenta principal, especificamente a análise fatorial para visualização dos atributos mais sensíveis na distinção dos ambientes.

## Resultados e discussão

Na Tabela 2 encontra-se representada a matriz de correlação entre as variáveis dos atributos do solo nas classes em estudo.

Correlações significativas foram encontradas, principalmente, entre o atributo densidade do solo (Ds) e as variáveis porosidade total determinada (Ptd), porosidade total calculada (Ptc), microporosidade (Mi), macroporosidade (Ma), porosidade de aeração (Pa) e argila (Tabela 2). A porosidade total determinada (Ptd) apresentou correlações significativas com a microporosidade (Mi), nos Cambissolos, provavelmente, em função do predomínio de microporos, evidenciando restrições a aeração do solo. A porosidade total determinada (Ptd) é fundamental para o desenvolvimento das plantas em todas as fases, um vez que refere-se ao suprimento de oxigênio na zona radicular.

A microporosidade (Mi) e a densidade do solo (Ds) obtiveram correlação positiva com a argila, o que pode ser explicado pela textura argilosa, demonstrando a influência das frações inorgânicas sobre os atributos estruturais do solo. De modo geral, solos mais argilosos tendem a apresentar maiores valores de densidade do solo (Ds), como também proporção maior de

microporos em relação aos macroporos, sendo que os microporos, por apresentarem menor diâmetro, retêm mais água, assim, solos com maior teor de argila, possuem drenagem interna lenta e maior acúmulo de água devido à

predominância de microporos, parte dessa água é armazenada e utilizada pelas plantas para suprir suas necessidades fisiológicas (Reinert e Reichert, 2006).

**Tabela 2.** Matriz de correlação entre as variáveis dos atributos do solo nas áreas em estudo, no Projeto de Assentamento Terra da Esperança, Município de Governador Dix-Sept Rosado, Estado do Rio Grande do Norte.

	Argila	AT	Silte	Ds	U	$\theta$	Ptd	Ptc	Mi	Ma	Pa
Argila	1										
AT	-0,15	1									
Silte	-0,4	<b>-0,85</b>	1								
Ds	-0,55	0,28	0,03	1							
U	0,22	-0,07	-0,05	-0,54	1						
$\theta$	0,03	-0,01	0,00	-0,3	<b>0,96</b>	1					
Ptd	0,49	-0,58	0,27	<b>-0,79</b>	0,22	0,00	1				
Ptc	0,29	-0,26	0,08	<b>-0,89</b>	0,54	0,36	<b>0,64</b>	1			
Mi	<b>0,58</b>	-0,47	0,12	<b>-0,79</b>	0,11	-0,12	<b>0,93</b>	<b>0,63</b>	1		
Ma	0,00	-0,49	0,45	-0,33	0,35	0,28	0,57	0,31	0,24	1	
Pa	0,5	-0,3	0,01	-0,72	0,02	-0,2	<b>0,85</b>	<b>0,58</b>	<b>0,96</b>	0,11	1

AT - Areia total; Ds - Densidade do solo; U - umidade a base de massa;  $\theta$  - umidade a base volume; Ptd - Porosidade total determinada; Ptc - Porosidade total calculada; Mi - Microporosidade; Ma - Macroporosidade; e Pa - Porosidade de aeração.

Segundo Siqueira et al. (2014), a densidade do solo é uma propriedade física que reflete (positiva ou negativamente) em diversas outras propriedades do solo, como a porosidade, condutividade hidráulica e umidade do solo, sendo ainda utilizada como parâmetro de análise estrutural na avaliação do grau de compactação do solo e no monitoramento e interação com demais atributos (Reichardt e Timm, 2008).

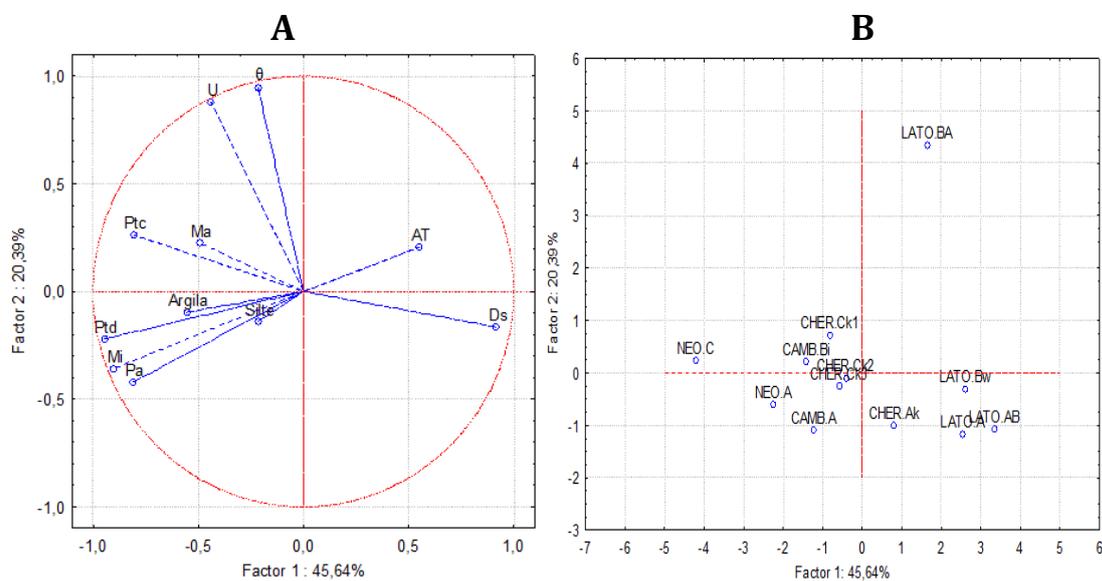
Na Figura 1 (A e B) encontra-se representado o círculo de correlação com as cargas fatoriais e a nuvem de variáveis, sendo que os fatores (F1 x F2) explicaram 66,03% das causas de variação dos dados. A sobreposição de ambos no plano fatorial permite a separação dos ambientes em função dos atributos mais sensíveis nas classes de solos.

Por meio da análise das cargas fatoriais, pode-se concluir que os atributos estruturais porosidade total calculada (Ptc), macroporosidade (Ma), argila, silte, microporosidade (Mi), porosidade total determinada (Ptd) e porosidade de aeração (Pa), foram os mais sensíveis na distinção dos ambientes, com destaque para a fração argila, concordando com a matriz de correlação (Tabela 1). Estas variáveis distinguiram os ambientes de Cambissolo, Neossolo e Chernossolo, uma vez que se concentram na nuvem de pontos no mesmo quadrante do plano que identifica as classes e seus respectivos horizontes, sendo que no Cambissolo, a porosidade total determinada (Ptd) também distinguiu esse ambiente, em função da predominância de argila e,

consequentemente, microporos,

resultando numa restrição a aeração e limitação física ao desenvolvimento das plantas.

No Neossolo flúvico, a argila é resultado processo de deposição de sedimentos oriundos de cotas mais altas da paisagem, enquanto no Cambissolo, decorre da presença da argila no BiC (B incipiente), horizonte argiloso (Santos et al., 2018). Quanto ao Chernossolo, o destaque foi para a fração silte, um indicativo de solos jovens, com má drenagem.



**Figura 1.** Círculo de correlação Fator 1 x Fator 2 (A) e plano fatorial Fator 1 x Fator 2 (B), mostrando a relação dos atributos do solo e as áreas em estudo.

Em ambos os ambientes, é possível evidenciar a influência da argila sobre os atributos estruturais, uma vez que a presença de cargas elétricas negativas, atividade coloidal e alta área superficial específica nesta fração, permitem o processo de floculação, que atua unindo as partículas minerais, originando o processo de agregação, e melhora nos atributos estruturais, garantido qualidade físicas ao solo e, consequentemente, importantes reflexos no espaço poroso e desenvolvimentos das plantas (Stefanoski et al., 2013).

Quanto às variáveis areia total (AT) e densidade do solo (Ds), foram os mais sensíveis para discriminar o Latossolo. A predominância da fração areia no Latossolo em superfície, devido sua gênese, uma vez que nesta classe a latolização remove a sílica e as bases trocáveis. Quando a variável Ds, está associada ao incremento da argila em profundidade, oriunda do processo de iluviação desta dos horizontes superficiais para subsuperficiais. O processo de latolização forma solos intemperizados, com argilominerais do

tipo 1:1 (caulinita) e óxidos de ferro e óxidos de alumínio, que conferem ação cimentante e estabilidade as partículas minerais, contribuindo para a formação de solos com boas características físicas quanto aos atributos estruturais (Hank e Dick, 2017; Santos et al., 2018).

## Conclusões

A fração argila foi influente na separação dos ambientes, apresentando correlações significativas com os atributos estruturais densidade do solo (Ds), porosidade total determinada (Ptd), porosidade total determinada (Ptc), microporosidade (Mi), macroporosidade (Ma) e porosidade de aeração (Pa).

Os ambientes foram discriminantes em função das frações inorgânicas argila (Neossolo) e porosidade total determinada (Cambissolo), silte (Chernossolo) e areia (Latossolo), sendo a fração argila a mais influente sobre os atributos estruturas para todas as classes de solos estudadas.

As variáveis areia total (AT) e densidade do solo (Ds) foram os mais sensíveis para discriminar o ambiente de Latossolo.

## Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## Referências

- Brady, N. C.; Weil, R. **The nature and properties of soils**. Albuquerque: Pearson, 2013.
- Forsythe, W. **Física de suelos**: manual de laboratório. San José, Costa Rica: IICA, 1975.
- Hanke, D; Dick, D. P. Aggregate stability in soil with humic and histic horizons in a topequence under araucaria forest. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41,

e0160369, 2017. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcS20160369>

Kiehl, E. J. **Manual de Edafologia**: relação solo-planta. Piracicaba: Ceres, 1979.

Reichardt, K.; Timm, L. C. **Solo, planta e atmosfera**: conceitos, processos e aplicações. 2. ed. Barueri: Manole, 2008.

Resende, T. M.; Moraes, E. R.; Franco, F. O.; Arruda, E. M.; Araújo, J. R.; Santos, D. S.; Borges, E. N.; Ribeiro, B. T. Avaliação física do solo em áreas sob diferentes usos com adição de dejetos animais no bioma cerrado. **Bioscience Journal**, v. 28, suppl. 1, p. 179-184, 2012.

Santos, H. G.; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C.; Oliveira, V. A.; Lumberras, J. F.; Coelho, M. R.; Cunha, T. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 2018.

Siqueira, C. H.; Wills, S. A.; Seybold, C. A.; West, L. T. Predicting soil bulk density for incomplete databases. **Geoderma**, v. 213, p. 64-73, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.07.013>

Stefanoski, D. C.; Santos, G. G.; Marchão, R. L.; Petter, F. A.; Pacheco, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013001200008>

Teixeira, P. C.; Donagemma G. K.; Wenceslau, A. F.; Teixeira, G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017.

Vezzani, M. F.; Mielniczuk, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 743-755, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000400001>

Vicini, L.; Souza, A. M. **Análise multivariada da teoria à prática**. Santa Maria: UFSM/CCNE, 2005.



Informação da Licença: Este é um artigo Open Access distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Attribution, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.