

Distribuição de poros e sua relação com atributos físico-hídricos em solos de cerrado e cerrado/caatinga⁽¹⁾

Glenio Guimarães Santos⁽²⁾; Robélio Leandro Marchão⁽³⁾; Euzébio Medrado da Silva⁽³⁾; Júlio César Azevedo Nóbrega⁽²⁾; Cipriano Antônio da Luz Neto⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas

⁽²⁾ Professor do Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas; Universidade Federal do Piauí; Bom Jesus, Piauí; gleniogm@gmail.com; ⁽³⁾ Pesquisador da Embrapa Cerrados; ⁽⁴⁾ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas.

RESUMO: O solo ideal deve apresentar um volume e dimensão dos poros adequados para a entrada, movimento e retenção de água e ar para atender às necessidades das culturas. Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da distribuição de poros nos atributos físico-hídricos de quatro solos distribuídos no bioma Cerrado e transição Cerrado/Caatinga. O trabalho foi realizado em quatro solos: um Latossolo Vermelho Distroférico típico e um Latossolo Vermelho Ácrico típico, ambos do bioma Cerrado; em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico e um Plintossolo Pétrico Concrecionário êndico, ambos em área de transição Cerrado/Caatinga. Os atributos avaliados foram: densidade de partículas, densidade do solo, porosidade total, índice de vazios, poros bloqueados, poros insaturados, umidade de saturação, saturação efetiva, água prontamente disponível e a distribuição do diâmetro de poros. A distribuição do diâmetro de poros influencia diferentemente os atributos físico-hídricos dos quatro solos estudados. O Latossolo Vermelho Ácrico típico apresenta a maior distribuição dos poros variando de < 50-0,2 µm, e propicia a maior microporosidade, menor densidade do solo e os maiores valores de porosidade total, umidade de saturação, saturação efetiva e água prontamente disponível.

Termos de indexação: água no solo, macroporos, microporos.

INTRODUÇÃO

O espaço poroso do solo é constituído por interstícios de diferentes tamanhos e formas, determinados pelo arranjo das partículas sólidas, e constituem a fração volumétrica do solo ocupada com ar e solução (água e nutrientes). Os poros do solo correspondem, portanto, ao espaço onde ocorrem os processos dinâmicos do ar e da solução do solo (Hillel, 1972).

O solo ideal deve apresentar um volume e dimensão dos poros adequados para a entrada, movimento e retenção de água e ar para atender às necessidades das culturas. Nos solos, embora não exista uma nítida separação entre poros pequenos e

grandes, inúmeras classificações do diâmetro de poros são citadas na literatura, sendo que uma forma mais simplificada separa os poros em duas classes: micro e macroporos. Os microporos, também denominados poros capilares, representam os poros responsáveis pela retenção da água no solo, enquanto os macroporos representam os poros responsáveis pela drenagem e aeração do solo (Ribeiro et al., 2007).

Observa-se na literatura (Richards, 1965; Libardi, 2000), a existência de uma variação muito grande na definição dos limites de diâmetro entre uma classe e outra, verificando-se que não foi estabelecida uma terminologia padrão para classificar os poros do solo quanto ao tamanho. A distribuição dos poros na matriz do solo desempenha papel fundamental nas relações entre as fases sólida, líquida e gasosa, determinando a evolução espacial e temporal dos processos que envolvem o movimento da água no solo (Ribeiro et al., 2007). Assim, a distribuição dos poros por seus tamanhos condiciona o comportamento físico-hídrico do solo, influenciando a potencialidade agrícola dos solos.

Com base nestes aspectos, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da distribuição de poros nos atributos físico-hídricos de quatro solos distribuídos no bioma Cerrado e transição Cerrado/Caatinga.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em dois solos do bioma Cerrado e dois solos em área de transição Cerrado/Caatinga, conforme descrito na **tabela 1**.

Para as avaliações, foram utilizadas amostras de solo deformadas e indeformadas das camadas: 0-10, 10-20 e 20-30 cm de profundidade, e no final, para confecção das tabelas, foi considerada a média ponderada das três camadas de solo, para cada atributo avaliado.

Os atributos: densidade de partículas (DP, em g cm⁻³), densidade do solo (Ds, em g cm⁻³), porosidade total (PT, em cm cm⁻³) foram determinados de acordo com Embrapa (2011); os atributos índice de vazios (e, em cm cm⁻³), poros bloqueados (PB, em cm cm⁻³), poros insaturados

(PI, em cm cm^{-3}), umidade de saturação (θ_s , em cm cm^{-3}), saturação efetiva (Se , em cm cm^{-3}) e, água prontamente disponível (Apd , em cm cm^{-3}) foram calculados conforme Libardi (2000).

A determinação da distribuição de poros do solo foi realizada pelo método da dessorção de água (Bouma, 1973), em amostras com estrutura indeformada. Foram utilizadas os potenciais de -10, -60, -101, -334, -3040 e -15199 hPa. O cálculo do diâmetro dos poros do solo foi realizado por meio da Eq.1, conforme descrito em Bruand & Prost (1987):

$$dv = (4 * \sigma * \cos \alpha) / (h * g * \rho) \quad 1$$

em que: dv é o diâmetro do poro (em μm); σ é a tensão superficial da água ($\sigma = 0,072 \text{ N m}^{-1}$); α é o ângulo de contato entre a água e a parede do poro, considerado como sendo 1; h é o potencial matricial aplicado (em hPa); g é a aceleração da gravidade ($g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$) e; ρ é a densidade da água a 25°C ($\rho = 0,9971 \text{ g cm}^{-3}$).

Para o cálculo do volume de poros (v_p , em cm cm^{-3}), para cada potencial medido (em hPa), adotou-se a Eq. 2:

$$v_p = ((\theta_i - \theta_h) * \rho) / V_s \quad 2$$

em que: v_p é o volume de poro calculado para cada potencial h aplicado (em $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); θ_i é a umidade inicial da amostra de solo (em $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); θ_h é a umidade da amostra no potencial h (em $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); ρ é a densidade da água a 25°C ($\rho = 0,9971 \text{ g cm}^{-3}$) e; V_s é o volume da amostra de solo (em cm^3).

Para análise dos dados dos atributos físico-hídricos e da distribuição do diâmetro de poros, utilizou-se o programa estatístico SISVAR e para comparação das médias, adotou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em geral, todos os atributos físico-hídricos apresentam alterações, quando comparados entre os quatro diferentes solos estudados (**Tabela 2**).

Nesse sentido, os solos 4 e 3 demonstram modificações positivas, enquanto os solos 2 e 1 apresentam alterações de ordem negativa dos atributos físico-hídricos avaliados. Esses resultados são justificados, principalmente, em função dos atributos genéticos pertinentes a cada classe de solo.

O maior valor de densidade de partículas foi observado para o solo 3 (LVdf). Quanto ao índice de vazios (o volume de vazios corresponde, aproximadamente, ao dobro da quantidade de sólidos do solo), os solos 4 (LVw) e 3 (LVdf) foram os que apresentaram os maiores valores desse atributo. Esses resultados permitem inferir que os

solos 4 (LVw) e o (LVdf) caracterizam-se como solos soltos e porosos, justificando-se assim os menores valores de D_s encontrados para os mesmos. De acordo com Ribeiro et al. (2007), o índice de vazios expressa a relação existente entre o volume de vazios e o volume de sólidos de um solo.

Já a porosidade do solo é caracterizada pela forma como se arranjam suas partículas sólidas, destacando que se elas se arranjam em íntimo contato, ocorre predominância de sólidos na amostra de solo e a porosidade total é baixa. Entretanto, se de forma inversa, as partículas se encontram arranjadas em forma de estrutura, há a predominância de vazios na amostra de solo e a porosidade é alta. Assim, verifica-se que os menores valores para o índice de vazios correspondem aos solos 2 [FFc (solo com baixo teor de argila e com presença de petroplintita)] e 1 [RQo (solo arenoso)], respectivamente, indicando que suas partículas sólidas tendem a estar arranjadas em íntimo contato, o que abona os menores valores de PT e maiores valores de D_s verificados para estes solos.

Ainda, quanto ao atributo PB, no solo 4 (LVw) foi observado o maior valor desse atributo, enquanto que o solo 3 (LVdf) apresentou o maior valor de PI. De acordo com Dias Júnior et al. (2000), os PB são macroporos que não receberam água durante a saturação, devido a obstrução por microporos, que não permitiram a água passar.

Analisando a **tabela 3**, observa-se que a distribuição de poros, em todos os intervalos e solos estudados, propicia alterações aos atributos físico-hídricos avaliados.

Assim, de acordo com Ribeiro et al. (2007), o diâmetro de $50 \mu\text{m}$ (potencial de -60 hPa) deve ser considerado como o mais apropriado de separação/limite entre macroporos e microporos (retenção de água). Dessa forma, observa-se que o solo 1 (RQo) foi o que apresentou a maior distribuição de poros das classes variando entre 50-296 e $> 296 \mu\text{m}$, conferindo maior macroporosidade a esse solo. Ainda, pode-se inferir que o solo 3 (LVdf) seria aquele que conferiria drenagem natural mais lenta, por apresentar a menor macroporosidade ($0,074 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) e a segunda maior quantidade de poros bloqueados, $0,055 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, conforme mostra a **tabela 2**.

De acordo com Baver et al. (1972) e Ribeiro et al. (2007), um solo apresenta condições ideais de aeração para o desenvolvimento das plantas quando a macroporosidade é superior a 10%. Portanto, o valor de macroporosidade para o solos 3

(LVdf) encontra-se abaixo desse limite, o que sugere que este solo poderia não apresentar condições aceitáveis de aeração para o desenvolvimento do sistema regular da maioria das plantas cultiváveis.

De forma inversa, os solos 4 (LVw) e 3 (LVdf), respectivamente, foram aqueles que apresentaram a maior distribuição dos poros variando de $< 50-0,2 \mu\text{m}$, propiciando a estes solos, na ordem apresentada, maior microporosidade.

No caso dos solos 4 (LVw) e 3 (LVdf), os resultados evidenciam que a porosidade desses solos é constituída predominantemente por poros pequenos. Nesse sentido, os maiores valores de microporosidade são justificados pela granulometria desses solos (**Tabela 1**), que são compostos predominantemente pela fração argila, que representa 61,7% e 56,9% da fração total dos solos 4 e 3, respectivamente. Dessa forma, as partículas desses solos tendem a se arranjar de forma a estabelecerem um contato face a face, gerando uma estrutura mais adensada, na qual as partículas individuais de argila ocupam (bloqueiam) os espaços dos poros formados pelos agregados, fazendo com que predominem no solo os poros pequenos (microporos).

Já o solo 2 (FFc) proporciona a menor distribuição de poros variando de $< 50-0,2 \mu\text{m}$, conferindo a menor microporosidade. Esses resultados são atestados pelos menores valores dos atributos: θ_s , Se e Apd (**Tabela 2**).

Já quanto aos poros $< 0,2 \mu\text{m}$ (criptoporos), os solos 4 (LVw) e 3 (LVdf) foram os que apresentaram os maiores valores dessa classe de poros. De acordo com Klein (1998), criptoporos são aqueles poros nos quais a água pode permanecer retida com energia muito alta, sendo, portanto, indisponível às plantas. É a umidade que o solo retém quando o seu potencial matricial se encontra abaixo do ponto de murcha permanente ($< 15199 \text{ hPa}$), armazenada nos poros com diâmetro inferior a $0,2 \mu\text{m}$ (Ribeiro et al., 2007). No entanto, mesmo apresentando elevados valores de criptoporos, esses dois solos (4: LVw e 3: LVdf) foram os que apresentaram os maiores conteúdos de água prontamente disponível (**Tabela 2**).

CONCLUSÕES

A distribuição do diâmetro de poros influencia diferentemente os atributos físico-hídricos dos quatro solos estudados.

O Neossolo Quartzarênico Órtico típico apresenta maior distribuição de poros das classes

variando entre 50-296 e $> 296 \mu\text{m}$, conferindo maior macroporosidade, enquanto o Latossolo Vermelho Distroférico típico propicia menor distribuição de poros das classes variando entre 50-296 e $> 296 \mu\text{m}$, conferindo a menor macroporosidade.

O Latossolo Vermelho Ácrico típico apresenta a maior distribuição dos poros variando de $< 50-0,2 \mu\text{m}$, e propicia a maior microporosidade, menor densidade do solo e os maiores valores de porosidade total, umidade de saturação, saturação efetiva e água prontamente disponível.

O Plintossolo Pétrico Concrecionário êndico proporciona a menor microporosidade, seguido do maior valor de densidade do solo e dos menores valores de umidade de saturação, saturação efetiva e água prontamente disponível.

REFERÊNCIAS

BAVER, L. D.; GARDNER, W. H. & GARDNER, W. R. Soil physics. New York: J. Wiley, 1972. 498p.

BOUMA, J. Influence of soil macroporosity on environmental quality. *Advances in Agronomy*, 46:2-37, 1991.

BRUAND, A. & PROST. Effect of water content on the fabric of a soil material: an experimental approach. *Journal of Soil Science*, 38:461-472, 1987.

DIAS JÚNIOR, M. S.; BERTONI, J. C. & BASTOS, A. R. Física do solo teórica. Lavras: UFLA, 2000. 149p.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2011. 230p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

HILLEL, D. Soil and water: physical principles and processes. 3.ed. New York: Academic Press, 1972. 288p.

KLEIN, V. A. & LIBARDI, P. L. Condutividade hidráulica de um Latossolo Roxo, não saturado, sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Ciência Rural*, 32:945-953, 2002.

LIBARDI, P. L. Dinâmica da água no solo. 2.ed. Piracicaba: ESALQ, 2000. 509p.

RIBEIRO, K. D.; MENEZES, S. M.; MESQUITA, M. G. B. F. & SAMPAIO, F. M. T. Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras-MG. *Ciência e Agrotecnologia*, 31:1167-1175, 2007.

RICHARDS, L. A. Physical conditions of water in soil. In: BLACK, C. A., ed. *Methods of soil analysis*. Madison: ASTM, 1965. p. 128-152.

Tabela 1 – Descrição, localização¹ e textura dos solos estudados.

Solo	Descrição	Município	Coord. geográficas		Alt. (m)	Cobertura vegetal	Argila	Silte	Areia grossa (g kg ⁻¹)	Areia fina	Areia total
			S	W							
1	Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo)	Bom Jesus, PI	09° 04' 47"	44° 19' 09"	284	Pastagem (<i>Andropogon gayanus</i>)	114	222	325	339	664
2	Plintossolo Pétrico Concrecionário êndico (FFc)	Bom Jesus, PI	09° 04' 59"	44° 19' 37"	297	Capineira de capim napier (<i>Pennisetum purpureum</i>)	186	260	273	281	554
3	Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVdf)	Santo Antônio de Goiás, GO	16° 29' 44"	49° 17' 54"	795	Pastagem (<i>Urochloa brizantha</i>)	569	113	-	-	318
4	Latossolo Vermelho Ácrico típico (LVw)	Brasília, DF	15° 35' 30"	47° 42' 00"	1200	Área sob sistema de integração lavoura-pecuária	617	78	-	-	305

¹ Coord. geográficas: coordenadas geográficas; Alt.: altitude.

Tabela 2 – Valores médios dos atributos físico-hídricos¹ de quatro solos², na camada 0-30 cm de profundidade.

Solo	Dp	Ds	PT	e	PB	PI	θs	Se	APd
	(g cm ⁻³)		(cm ³ cm ⁻³)						
1: RQo	2,635b	1,502b	0,420c	0,725c	0,015c	0,158ab	0,274c	0,195b	0,064b
2: FFc	2,605b	1,563a	0,382d	0,666d	0,011c	0,150b	0,249c	0,130d	0,045c
3: LVdf	2,739a	1,344c	0,509b	1,038b	0,055b	0,171a	0,338b	0,159c	0,066b
4: LVw	2,605b	1,078d	0,586a	1,417a	0,083a	0,119c	0,466a	0,263a	0,116a
DMS ³	0,0621	0,0518	0,0203	0,0788	0,0197	0,0180	0,0228	0,0247	0,0154
EP (+) ⁴	0,0161	0,0134	0,0052	0,0204	0,0051	0,0046	0,0059	0,0064	0,0040

¹ DP: densidade de partículas; Ds: densidade do solo; PT: porosidade total; e: índice de vazios; PB: poros bloqueados; PI: poros insaturados; θs: umidade de saturação; Se: saturação efetiva; APd: água prontamente disponível. ² RQo: Neossolo Quartzarênico Órtico típico; FFc: Plintossolo Pétrico Concrecionário êndico; LVdf: Latossolo Vermelho Distroférico típico; LVw: Latossolo Vermelho Ácrico típico. ³ DMS: diferença mínima significativa; ⁴ EP: erro padrão da média. Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3 – Valores médios da distribuição de poros em intervalos, de quatro solos¹, na camada 0-30 cm de profundidade.

Solo	Classes de distribuição do diâmetro de poro (µm)						Ma ²	Mi ³	
	> 296	296-50	50-30	30-9,0	9,0-1,0	1,0-0,2			< 0,2
(cm ³ cm ⁻³)									
1: RQo	0,0415a	0,1444a	0,0374a	0,0281bc	0,0225b	0,0212b	0,1247c	0,186a	0,1092c
2: FFc	0,0365ab	0,0717bc	0,0161c	0,0213c	0,0241b	0,0312a	0,1814b	0,1082ab	0,0926d
3: LVdf	0,0158c	0,0581c	0,0227b	0,0323b	0,0498a	0,0371a	0,2933a	0,074c	0,142b
4: LVw	0,0199bc	0,0990b	0,0321a	0,0476a	0,0571a	0,0343a	0,2957a	0,1189b	0,1712a
DMS ⁴	0,0181	0,0383	0,0064	0,0086	0,0081	0,0074	0,0279	0,0442	0,0152
EP (+) ⁵	0,0047	0,0099	0,0017	0,0022	0,0021	0,0019	0,0072	0,0114	0,0039

¹ RQo: Neossolo Quartzarênico Órtico típico; FFc: Plintossolo Pétrico Concrecionário êndico; LVdf: Latossolo Vermelho Distroférico típico; LVw: Latossolo Vermelho Ácrico típico. ² Ma: macroporosidade; ³ Mi: microporosidade; ⁴ DMS: diferença mínima significativa; ⁵ EP: erro padrão da média. Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.