



doi:

ARTIGO ORIGINAL

Efeito do manejo e da irrigação localizada sobre os atributos físicos e hídricos de um Argissolo cultivado com pessegueiro

Luis Eduardo Akiyoshi Sanches Suzuki^{1*}, Carlos Reisser Júnior², Ezequiel Cesar Carvalho Miola³, Pablo Rostirolla⁴, Vinícius Saldanha Scherer⁴, Viviane Santos Silva Terra¹, Eloy Antonio Pauletto⁴

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da irrigação localizada sobre os atributos físicos e hídricos de um Argissolo cultivado com pessegueiro. O experimento foi instalado em um pomar com quatro anos, em parcelas com e sem irrigação, onde foram coletadas amostras de solo em duas camadas (0,00 a 0,05 m e 0,10 a 0,15 m), nas posições de entrelinhas no rodado e entre o rodado das máquinas, e na linha entre e sob a copa das plantas. Amostras de solo com estrutura preservada foram coletadas para avaliação da densidade, porosidade, diâmetro de agregados, condutividade hidráulica e retenção de água. Observou-se que a irrigação localizada não influenciou os atributos físicos e hídricos do solo. Porém, as posições na linha e copa apresentaram maior macroporosidade e condutividade hidráulica, e menor densidade do solo, possivelmente pela construção do camalhão na linha de plantio e por não haver trânsito de máquinas nessas posições. O trânsito de máquinas fez aumentar a densidade do solo nas entrelinhas, ocorrendo diminuição da macroporosidade, particularmente, na camada superficial na posição do rodado. O volume de água disponível foi pouco sensível em identificar diferenças em relação aos efeitos da irrigação, camada de solo e posição no pomar e das variáveis relacionadas à estrutura do solo.

Palavras-chave: Matéria orgânica do solo. Compactação do solo. Água disponível. Condutividade hidráulica. Estrutura do solo. Manejo do solo.

Effect of management and localized irrigation in the physical and hydric attributes of an Argissolo cultivated with peach

Abstract – The objective of this research was to evaluate the physical and hydric attributes of an Argissolo (Ultisol) in the peach orchard. The experiment was installed in a four-year-old peach orchard, in plots with and without irrigation, with soil sampling in two layers (0.00 to 0.05 m and 0.10 to 0.15 m), in the position of the orchard wheel line, interline planting, line planting and near the peach plant. Undisturbed soil samples were collected to evaluate the bulk density, porosity, diameter of aggregates, hydraulic conductivity, and water retention. It was observed that irrigation localized in the plants did not influence the physical and hydric attributes of the soil. However, the line and near the peach plant sampling positions showed greater macroporosity and hydraulic conductivity, and smaller bulk density, possibly due to the ridge made in the planting line and because there is no machine traffic in that positions. The traffic of machines increased bulk density in the interline, decreasing macroporosity mainly in the soil surface layer in the wheel position. The volume of available water was not very sensitive in identifying differences in relation to the effects of irrigation, soil layer and sampling position and of the variables related to soil structure.

Key words: Soil organic matter. Soil compaction. Available water. Hydraulic conductivity. Soil structure. Soil management.

¹ Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Campus Porto, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. * Autor para correspondência: dusuzuki@gmail.com.

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado.

³ Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Campus São Lourenço do Sul.

⁴ Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Campus Universitário s/n, Capão do Leão.





Introdução

Conhecer a variabilidade dos atributos do solo de um pomar é importante pois, a linha de plantio deve apresentar condições satisfatórias para o crescimento e desenvolvimento das plantas, enquanto a entrelinha, mesmo não sendo a região principal para desenvolvimento do pomar, deve estar protegida com cobertura vegetal e apresentar estrutura do solo que permita os fluxos de ar e água para desenvolvimento das plantas. Nesse sentido, Fidalski e Tormena (2007) citam que o manejo do solo (uso de gramíneas, leguminosas ou vegetação espontânea) na entrelinha dos pomares de laranjeira pode contribuir para diminuir as diferenças dos atributos físicos do solo da linha das plantas de laranjeira em direção ao centro das entrelinhas, ampliando a área de crescimento das raízes e a disponibilidade de água às plantas. Enquanto Mayer *et al.* (2007) constataram que aos 34 meses após o transplântio de mudas de pessegueiro em um Argissolo irrigado por microaspersão, o crescimento das raízes finas, foi além da projeção da copa, alcançando mais de um metro e meio no sentido transversal à linha de plantio, e em profundidade as raízes grossas ultrapassaram 0,40 m.

Lima *et al.* (2004) verificaram alterações das propriedades físicas do solo em pomar de laranja devido a compactação, que aumentaram na seguinte sequência: linha de plantio, entre rodado, rodado das máquinas e projeção da copa das plantas. Da mesma forma, Gontijo *et al.* (2008) observaram maior compactação do solo na linha de tráfego em relação à projeção da saia do cafeeiro, bem como maior volume de água disponível na projeção da saia em relação à linha de tráfego. Trabalhando com pomares de pêssgo de diferentes idades com finalidade comercial, Ramos (2016) verificou que o tráfego de máquinas no pomar causa compactação, principalmente para solos mais argilosos, podendo atingir valores críticos ao crescimento das plantas.

Suzuki *et al.* (2021) identificaram em áreas de cultivo comercial de pêssgo em Pelotas/RS, que elas apresentam limitações quanto à capacidade de uso, relacionadas à pouca profundidade efetiva do solo e aos riscos de erosão associados à declividade e à textura média na camada superficial do solo, indicando a necessidade de adequação de práticas conservacionistas do solo e da água.

O pessegueiro é uma planta de clima temperado, sendo a temperatura o principal regulador de seu crescimento e desenvolvimento. A água é outro fator limitante ao crescimento do pessegueiro, contudo, pode ser suprida pelo uso da irrigação. Neste caso, o solo deve apresentar uma estrutura física favorável para o armazenamento de água e que permita o crescimento de seu sistema radicular, possibilitando sua busca por água e nutrientes em camadas mais profundas do perfil (MAPA, 2011). Em apoio ao produtor rural o Programa Nacional de Zoneamento Agrícola de Risco Climático, disponibiliza informações de risco de ocorrência de evento climático que pode causar impacto negativo às culturas agrícolas (BRASIL, 2019), incluindo a do pessegueiro.

CORTEZ *et al.* (2011) observaram que os sistemas de irrigação (pivô central, tubos perfurados a laser, gotejamento, aspersão em malha) influenciaram de forma distinta os atributos físicos (teor de água, massa específica, porosidade total e resistência à penetração) de um Latossolo com cafeicultura. Por outro lado, embora o uso da irrigação não tenha influenciado a densidade e a condutividade hidráulica de um Latossolo





sob pastagem, ela influenciou o diâmetro dos agregados, a resistência mecânica do solo à penetração e a porosidade quando comparado à pastagem não irrigada (TORRES *et al.*, 2013). Outro trabalho apresentou influência da irrigação nos atributos físicos (aumento na densidade do solo e redução da macroporosidade, porosidade total e condutividade hidráulica do horizonte subsuperficial) e na morfologia (desenvolvimento do horizonte Ap, com consistência muito dura e transição abrupta) de Argissolo e Latossolo (SANTOS; RIBEIRO, 2000).

Neste contexto, quando o manejo da cultura e da irrigação são mal conduzidos, podem influenciar os atributos físicos do solo, além do desenvolvimento e produção das culturas. Avaliar e quantificar estas relações é importante para definir práticas de manejo visando a melhoria ou manutenção da qualidade do solo, evitando sua degradação com impactos ao ambiente.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da irrigação localizada sobre os atributos físicos e hídricos de um Argissolo cultivado com pessegueiro.

Material e Métodos

O presente trabalho foi realizado na Embrapa Clima Temperado, localizada no município de Pelotas, Rio Grande do Sul, com altitude média de 60 m. O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo Cfa. De acordo com a Estação Agroclimatológica de Pelotas, considerando as normais climatológicas para o período de 1971-2000, a temperatura média anual é de 17,8 °C, sendo janeiro o mês mais quente, com média de 23,2 °C, e julho o mês mais frio, com média de 12,3 °C, a precipitação pluviométrica anual é de 1.366,9 mm (EMBRAPA/UFPEL/INMET, s.d.).

O experimento foi instalado em um Argissolo Vermelho-Amarelo (SANTOS *et al.*, 2018) com pomar de pessegueiro, cultivar Maciel. A área experimental possui relevo plano com cobertura vegetal predominante de *Paspalum notatum* Flüge, a qual foi mantida com o porte baixo, aproximadamente entre 0,05 e 0,10 m. O controle das plantas espontâneas e a manutenção da altura da cobertura vegetal foi realizado através de capina nas linhas e roçadas nas entrelinhas. A cada dois anos o controle de plantas espontâneas foi realizado com arado de aiveca acoplado em um trator, e depois um complemento manual com enxadas se necessário, e nos outros anos foi realizado o controle químico.

O trator utilizado para os tratos culturais e demais atividades na área era de porte médio, com tração traseira, aproximadamente 70 cv de potência, largura entre rodados de 1,85 m, peso aproximado de 3.000 kg e pneus traseiros 16,9 x 30 e dianteiros 11,2 x 24.

O pomar foi instalado em 2005, tendo sua primeira produção de frutos entre final de novembro e início de dezembro de 2008. As plantas foram enxertadas no porta-enxerto Capdebosq e o espaçamento utilizado no pomar foi de 2 m entre plantas e 7,20 m entrelinhas. Na implantação do pomar foi feita a construção do camalhão na linha de plantio, onde parte do solo da entrelinha é mecanicamente invertido para a linha de plantio. A altura do camalhão foi de aproximadamente 0,30 a 0,40 m e largura aproximada de 2,00 a 2,50 m.





O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com quatro repetições, onde foram avaliados os efeitos de dois tratamentos (irrigado e não irrigado), quatro posições no pomar (rodado, entrelinha, linha e copa das plantas) e duas camadas do solo (0,00 a 0,05 m e 0,10 a 0,15 m).

As plantas de pessegueiro do tratamento com irrigação foram irrigadas durante todo o ciclo (da brotação até a queda das folhas), por um sistema de irrigação localizado constituído por uma linha individual de gotejadores, tendo entre cada planta 10 gotejadores com vazão individual de 0,9 L h⁻¹. A irrigação foi realizada diariamente, ao final da tarde, durante um período de uma hora, de setembro de 2008 até abril de 2010.

Em dezembro de 2009 foram realizadas coletas de solo com sua estrutura preservada e não preservada nas camadas do solo 0,00 a 0,05 m e 0,10 a 0,15 m, em diferentes posições do pomar: na passagem do rodado do trator na entrelinha de plantio; na entrelinha de plantio; na linha de plantio (distante 1,00 m do tronco do pessegueiro) e abaixo da copa (distante 0,15 m do tronco do pessegueiro) (Figura 1).

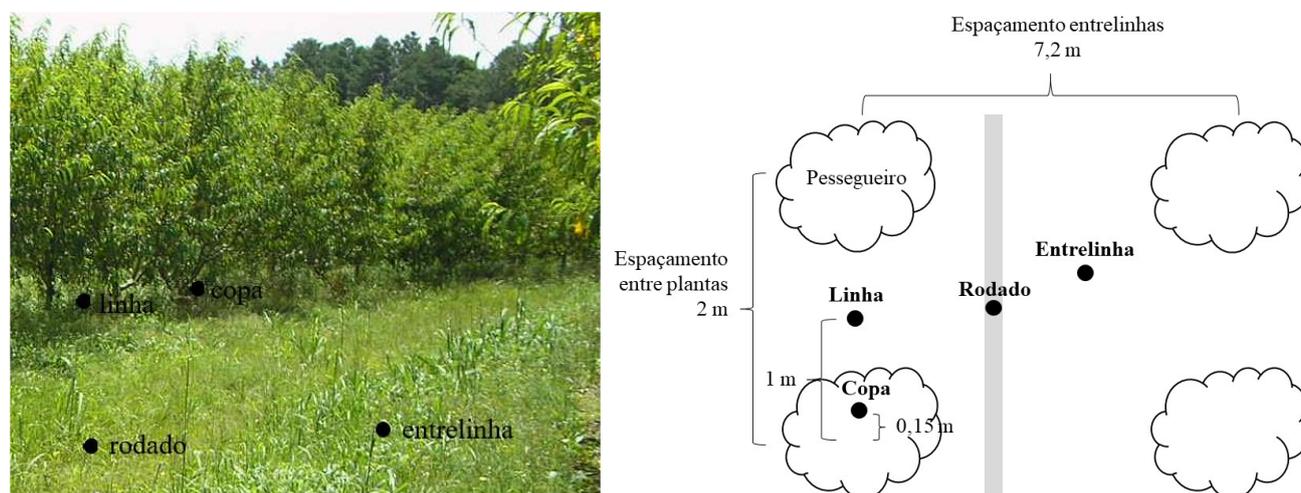


Figura 1. Imagem do pomar de pêsego (figura à esquerda) e planta baixa sem escala (figura à direita) com as posições de coleta das amostras de solo com estrutura preservada e não preservada.

Nas amostras de solo com estrutura não preservada foram determinadas: a distribuição de agregados estáveis em água por tamanho (KEMPER; ROSENAU, 1986), a distribuição das partículas por tamanho (granulometria) (GEE; OR, 2002), a argila dispersa em água e o teor de matéria orgânica (TEDESCO *et al.*, 1995). Nas amostras com estrutura preservada, coletadas em cilindros de aço inox com 0,030 m de altura e 0,470 m de diâmetro, foi avaliado: a macroporosidade (poros de diâmetro maior que 50 μ m), a microporosidade (poros de diâmetro menor que 50 μ m), a porosidade total, a densidade do solo (BLAKE; HARTGE, 1986), a condutividade hidráulica do solo saturado em laboratório (LIBARDI, 2005) e a curva de retenção de água do solo (DOURADO-NETO *et al.*, 2001). Em cada tratamento, posição no pomar e camada de solo foram coletadas três amostras de solo com estrutura preservada.



A distribuição das partículas do solo por tamanho, em amostras passadas em peneira de malha de 2,0 mm, foi realizada pelo método da pipeta (GEE; OR, 2002), cuja dispersão foi realizada por agitador horizontal com 120 rpm durante 4 horas, utilizando vidros de 100 ml contendo 20 g de solo, 10 ml de NaOH 6% (dispersante químico), 50 ml de água destilada e duas esferas de nylon com peso de 3,04 g, diâmetro de 1,71 cm e densidade de 1,11 g cm⁻³ (SUZUKI *et al.*, 2015). O teor de argila (partículas de diâmetro menor que 0,002 mm) foi determinado por pipetagem, a areia foi separada em grossa (diâmetro entre 2 a 0,25 mm) e fina (diâmetro entre 0,25 a 0,053 mm) por peneiramento, e o silte (diâmetro entre 0,053 a 0,002 mm) por cálculo entre a diferença da soma da argila e da areia.

A determinação da argila dispersa em água (ADA) foi realizada seguindo os mesmos procedimentos acima, mas sem o uso do dispersante químico e quantificação da areia e silte. O grau de flocculação (GF) do solo foi calculado através da relação entre a argila total e argila dispersa em água (ADA), conforme a equação abaixo:

$$GF = [(argila\ total - ADA)/argila\ total] \times 100$$

A determinação do teor de matéria orgânica seguiu procedimento descrito em Tedesco *et al.* (1995).

Para a determinação do diâmetro médio ponderado de agregados estáveis em água (DMP), as amostras com estrutura não preservada, após secas ao ar e passadas em peneiras com abertura de malha de 9,52 mm, foram agitadas em um aparelho de oscilação vertical (YODER, 1936), com peneiras de malha de 4,76; 2,00; 1,00; 0,25 e 0,106 mm. O DMP foi calculado pela seguinte equação (KEMPER; ROSENAU, 1986):

$$DMP = \frac{\sum_{i=1}^n (mAGRi \times ci)}{\sum_{i=1}^n mtAGRi}$$

Onde: DMP = diâmetro médio ponderado do tamanho de agregados (mm); mAGRi = massa de agregados (gramas) na classe i; ci = valor médio da classe de agregados i; mtAGRi = massa total de agregados (gramas).

As amostras de solo com sua estrutura preservada foram saturadas por capilaridade e quantificada a condutividade hidráulica do solo saturado em laboratório, utilizando-se um permeâmetro de carga constante (LIBARDI, 2005).

Em seguida, as amostras foram encaminhadas à mesa de tensão, onde foram aplicadas as tensões de 1, 3 e 6 kPa, e depois em câmaras de pressão de Richards (KLUTE, 1986) as tensões de 10, 33, 100, 500 e 1.500 kPa para determinação da curva de retenção de água no solo, sendo ao final, encaminhadas à estufa a uma temperatura de 105 °C, onde também se determinou a densidade do solo (BLAKE; HARTGE, 1986). Para a confecção das curvas de retenção de água, o solo saturado foi considerado como sendo na tensão de 0,1 kPa. A umidade volumétrica das amostras foi obtida pela relação entre a quantidade de água retida em uma determinada tensão e o volume do cilindro de coleta. Para ajuste da curva de retenção de água no solo foi





utilizado o modelo de van Genuchten (1980) pelo programa computacional SWRC (Soil Water Retention Curve) (DOURADO-NETO *et al.*, 2001).

O volume da água disponível para as plantas foi calculado pela umidade volumétrica estimada pelo modelo de van Genuchten (1980), entre a capacidade de campo (tensão = 10 kPa) e o ponto de murcha permanente (tensão = 1.500 kPa).

A partir da tensão de 6 kPa, foi calculada a macroporosidade e a microporosidade, e a porosidade total foi calculada pela sua soma. Os resultados foram analisados estatisticamente pela análise de variância considerando um esquema fatorial, avaliando o efeito das diferentes fontes de variação (tratamentos, posição no pomar e camada do solo), e a comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Análise de correlação de Pearson também foi realizada.

Resultados e Discussão

A análise de variância para as variáveis relacionadas à granulometria do solo indicou significância entre a posição no pomar e os teores de areia total, argila e argila dispersa em água (Tabela 1). Embora a irrigação não tenha apresentado influência na granulometria do solo (Tabela 1), em um Argissolo a irrigação aumentou de forma significativa o teor de argila entre os horizontes Ap e BA, proporcional à intensidade de uso do solo e da água pela irrigação (SANTOS; RIBEIRO, 2000). Dentre as frações granulométricas avaliadas, a areia grossa apresentou o maior coeficiente de variação (36,80%), enquanto a areia total, o menor valor (2,73%).

O conhecimento da granulometria do solo é importante para seu manejo, pois define sua retenção de água (REICHERT *et al.*, 2009), fertilidade (CQFS, 2004) e suscetibilidade à compactação (SUZUKI *et al.*, 2008). Nesse sentido, pela caracterização granulométrica do solo, a sua classe textural é franco arenosa, com teor de areia fina superior a 42% (Tabela 2). As posições no pomar linha e copa apresentaram maior conteúdo de areia total e menor de argila e argila dispersa em água, e diferiram significativamente das posições entrelinha e rodado, embora o grau de flocculação não tenha apresentado diferença significativa e tenha variado em torno de 55 a 60%. Essas diferenças na granulometria entre as posições no pomar, embora pequenas, podem estar associadas à construção do camalhão na linha de plantio para implantação do pomar, onde parte do solo da entrelinha é mecanicamente invertido para a linha de plantio.

Houve interação significativa entre posição no pomar e camada do solo para microporosidade e diâmetro médio ponderado de agregados (DMP), enquanto a macroporosidade, a porosidade total, a densidade e a condutividade hidráulica sofreram influência apenas da posição no pomar (Tabela 3). Percebe-se que o uso ou não de irrigação localizada no pomar não influencia os atributos físicos e hídricos do solo, havendo maior influência principalmente da posição no pomar, e da camada de solo, possivelmente associado aos diferentes manejos em cada posição no pomar.

**Tabela 1.** Análise de variância para as variáveis relacionadas à granulometria do solo sob pomar de pêssego.

¹ Fatores	² Variáveis						
	Total	Areia		Silte	Argila	ADA	GF
		Grossa	Fina				
Trat	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PP	**	ns	ns	ns	**	**	ns
Cam	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Trat x PP	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Trat x Cam	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PP x Cam	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Trat x PP x Cam	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	2,73	36,80	21,45	5,84	15,01	25,21	14,48

¹Trat (tratamento): irrigado, não irrigado; PP (posição no pomar): rodado, entre linha, linha, copa; Cam (camada): 0,00 a 0,05 m, 0,10 a 0,15 m; CV: coeficiente de variação. ²ADA: argila dispersa em água; GF: grau de floculação. **significativo a 1%; ns: não significativo.

Tabela 2. Valores médios e desdobramento da interação entre posição no pomar e camada de amostragem para as variáveis relacionadas à granulometria do solo sob pomar de pêssego.

Camada, m	Posição no pomar				Média
	Rodado	Entrelinha	Linha	Copa	
Areia total (%)					
0,00 a 0,05	67,32	68,44	70,25	70,25	69,06
0,10 a 0,15	65,73	67,35	69,87	70,92	68,47
Média	66,52 b	67,89 b	70,06 a	70,58 a	
Areia grossa (%)					
0,00 a 0,05	22,67	24,75	26,46	26,09	24,99
0,10 a 0,15	23,19	24,55	27,17	25,58	25,12
Média	22,93	24,65	26,81	25,83	
Areia fina (%)					
0,00 a 0,05	44,65	43,69	43,79	44,16	44,07
0,10 a 0,15	42,54	42,80	42,70	45,34	43,34
Média	43,59	43,24	43,24	44,75	
Silte (%)					
0,00 a 0,05	21,13	21,01	20,12	20,34	20,65
0,10 a 0,15	21,29	21,28	20,47	20,30	20,83
Média	21,21	21,14	20,29	20,32	
Argila (%)					
0,00 a 0,05	11,55	10,55	9,63	9,41	10,28
0,10 a 0,15	12,98	11,37	9,66	8,78	10,70
Média	12,26 a	10,96 ab	9,64 b	9,09 b	
Argila dispersa em água (%)					
0,00 a 0,05	4,95	4,10	3,81	3,86	4,18
0,10 a 0,15	5,76	4,85	4,44	4,10	4,79
Média	5,35 a	4,47 ab	4,12 b	3,98 b	
Grau de floculação (%)					
0,00 a 0,05	57,25	61,86	60,53	58,80	59,61
0,10 a 0,15	55,42	57,95	53,54	54,51	55,35
Média	56,33	59,90	57,03	56,65	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.





O maior coeficiente de variação (77,59%) foi para a condutividade hidráulica, considerado muito alto, seguido por valores altos para macroporosidade (28,16%) e água disponível (23,32%), enquanto os demais atributos apresentaram coeficiente de variação médio (entre 10 e 20%) e baixos (menores que 10%) (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002). Segundo estes autores, o coeficiente de variação permite comparar a dispersão e variabilidade dos dados. Outros autores encontraram coeficiente de variação superiores a este estudo para condutividade hidráulica do solo saturado avaliada em laboratório, entre 111,5 e 247,9 % (LIMA *et al.*, 2006), podendo atingir valores superiores a 420% (WARRICK; NIELSEN, 1980).

Tabela 3. Análise de variância para os atributos físicos e hídricos do solo sob pomar de pêssogo.

¹ Fatores	² Variáveis						
	Macro	Micro	PT	DS	DMP	Ks	AD
Trat	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PP	**	**	**	**	**	**	ns
Cam	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns
Trat x PP	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Trat x Cam	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PP x Cam	ns	**	ns	ns	**	ns	ns
Trat x PP x Cam	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV, %	28,16	7,96	11,41	7,58	18,23	77,59	23,32

¹Trat (tratamento): irrigado, não irrigado; PP (posição no pomar): rodado, entrelinha, linha, copa; Cam (camada): 0,00 a 0,05 m, 0,10 a 0,15 m; CV: coeficiente de variação. ²Macro: macroporosidade; Micro: microporosidade; PT: porosidade total; DS: densidade do solo; DMP: Diâmetro médio ponderado de agregados; Ks: condutividade hidráulica do solo saturado; AD: volume de água disponível estimada (volume de água entre as tensões de 10 e 1500 kPa). **significativo a 1%; ns: não significativo.

Esperava-se efeito da irrigação nos atributos físicos e hídricos do solo (Tabela 4), pois ela poderia estar estimulando o crescimento das raízes e, conseqüentemente, alterando a estrutura do solo, semelhante ao verificado por Mayer *et al.* (2007), onde constataram que aos 34 meses após o transplante de mudas de pessegueiro em um Argissolo irrigado por microaspersão, o crescimento das raízes finas foi além da projeção da copa, alcançando mais de um metro e meio no sentido transversal à linha de plantio, e em profundidade as raízes grossas ultrapassaram 0,40 m. Torres *et al.* (2013) constataram que, embora a densidade do solo não tenha sido influenciada pelo uso ou não da irrigação, a irrigação influenciou positivamente no aumento do diâmetro dos agregados de um Latossolo, em relação à área de pastagem não irrigada. Os autores justificaram essa maior estabilização dos agregados pelo melhor desenvolvimento radicular da pastagem pelo aumento da umidade do solo devido à irrigação, atuando na aproximação das partículas minerais devido à pressão exercida durante o crescimento radicular no espaço poroso do solo e na liberação de exsudados orgânicos. Cortez *et al.* (2011) verificaram que o sistema de irrigação por gotejamento afetou de forma distinta os atributos físicos de um Latossolo com cafeeiro quando comparado à área sem irrigação.

A maior porosidade total, particularmente a macroporosidade, nas posições linha e copa no pomar, foi responsável pela maior condutividade hidráulica e menor densidade nessas posições, diferindo





estatisticamente das posições rodado e entrelinha (Tabela 5).

Tabela 4. Valores médios do tratamento irrigado e não irrigado para os atributos físicos e hídricos do solo sob pomar de pêssigo.

Tratamento	¹ Variáveis						
	Macro	Micro	PT	DS	DMP	K _s	AD
Irrigado	0,146 A	0,267 A	0,413 A	1,48 A	2,75 A	53,65 A	0,079 A
Não irrigado	0,157 A	0,260 A	0,417 A	1,48A	2,67 A	51,32 A	0,078 A

¹Macro: macroporosidade; Micro: microporosidade; PT: porosidade total; DS: densidade do solo; DMP: Diâmetro médio ponderado de agregados; K_s: condutividade hidráulica do solo saturado; AD: volume de água disponível estimada (volume de água entre as tensões de 10 e 1500 kPa). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 5. Valores médios e desdobramento da interação entre posição no pomar e camada de amostragem para os atributos físicos e hídricos do solo sob pomar de pêssigo.

Camada (m)	Posição no pomar				Média
	Rodado	Entrelinha	Linha	Copa	
	Macroporosidade (m ³ m ⁻³)				
0,00 a 0,05	0,053	0,089	0,209	0,247	0,145
0,10 a 0,15	0,092	0,108	0,190	0,210	0,149
Média	0,072 b	0,098 b	0,199 a	0,228 a	
	Microporosidade (m ³ m ⁻³)				
0,00 a 0,05	0,289 Ab	0,313 Aa	0,255 Ac	0,238 Ac	0,275
0,10 a 0,15	0,244 Bb	0,287 Ba	0,245 Ab	0,244 Ab	0,255
Média	0,266	0,300	0,250	0,241	
	Porosidade total (m ³ m ⁻³)				
0,00 a 0,05	0,341	0,402	0,464	0,485	0,420
0,10 a 0,15	0,335	0,395	0,435	0,454	0,404
Média	0,338 c	0,398 b	0,449 a	0,429 a	
	Densidade do solo (Mg m ⁻³)				
0,00 a 0,05	1,72	1,56	1,38	1,27	1,49
0,10 a 0,15	1,67	1,52	1,41	1,35	1,49
Média	1,69 a	1,54 b	1,39 c	1,31 c	
	Diâmetro médio ponderado de agregados (mm)				
0,00 a 0,05	3,11 Aa	3,12 Aa	2,21 Bb	2,19 Bb	2,76
0,10 a 0,15	2,18 Bb	3,29 Aa	2,94 Aa	2,64 Aab	2,66
Média	2,65	3,20	2,57	2,41	
	Condutividade hidráulica do solo saturado (mm h ⁻¹)				
0,00 a 0,05	8,50	19,62	74,97	117,95	54,72
0,10 a 0,15	5,52	33,35	70,04	77,98	46,48
Média	7,01 b	26,48 b	72,50 a	97,96 a	
	Água disponível estimada (m ³ m ⁻³)				
0,00 a 0,05	0,070	0,092	0,081	0,084	0,082
0,10 a 0,15	0,073	0,079	0,067	0,080	0,075
Média	0,071	0,085	0,074	0,082	

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.



A maior macroporosidade na linha e na copa pode estar associada à construção do camalhão, onde o solo pode ainda não estar consolidado, e pela presença de raízes do pessegueiro e da própria cobertura vegetal que é manejada com capina, sendo uma região livre de trânsito de máquinas. Por outro lado, na posição rodado, embora haja presença de cobertura vegetal, esta não foi suficiente para evitar a compactação, reduzindo a porosidade do solo, com consequente aumento da densidade e redução da condutividade hidráulica. Em um pomar de laranja, na posição do rodado houve redução da porosidade total e dos bioporos, e o surgimento de poros tipo vesículas, que são indicativos da degradação da estrutura do solo, enquanto a maior diversidade de poros foi encontrada na projeção da copa (LIMA *et al.*, 2005).

Ramos (2016) verificou em pomares comerciais de pêssego que o camalhão confeccionado na linha de plantio tem um efeito de longa duração em manter os atributos físicos, hídricos e da estrutura do solo adequados para o crescimento do sistema radicular do pessegueiro, por ser uma região onde não ocorre o tráfego de máquinas e devido ao crescimento das raízes do pessegueiro em concomitância com a consolidação natural do solo.

A densidade e a porosidade do solo são parâmetros relacionados com alterações no volume de solo, portanto, altamente relacionados com a compactação do solo. Geralmente, a redução da porosidade pela compactação ocorre principalmente com os poros maiores (macroporos), responsáveis pela infiltração de água e aeração do solo (REICHERT; SUZUKI; REINERT, 2007). Durante a compactação, os poros maiores, responsáveis pela aeração do solo, diminuem e são substituídos por poros menores, principalmente poros que retêm água. Esse decréscimo da porosidade de aeração pode ser 1,5 a 2 vezes maior que o decréscimo no espaço poroso total (BOONE; VEEN, 1994).

Para o desdobramento da interação entre posição no pomar e camada de solo para microporosidade, a camada superficial das posições rodado e entrelinha apresentou maior microporosidade e diferiu estatisticamente da camada de 0,10 a 0,15 m, fato que resultou em aumento da porosidade total e da densidade na camada superficial do solo, embora não significativo estatisticamente (Tabela 5). Em ambas as camadas de solo, a microporosidade foi maior e estatisticamente seguiu a seguinte sequência: entrelinha > rodado > linha = copa.

Na posição do rodado o DMP foi maior na camada de 0,00 a 0,05 m e diferiu significativamente da camada de 0,10 a 0,15 m (Tabela 5), podendo estar associado à compressão do solo causada pelo rodado das máquinas e equipamentos utilizados nos tratos culturais do pessegueiro, fato reforçado pela maior densidade e menor macroporosidade nesta camada. Carpenedo e Mielniczuk (1990) verificaram em área sob plantio direto aumento no diâmetro médio ponderado dos agregados estáveis em água na camada de 0,00 a 0,10 m devido às forças de compressão e não por ação biológica das raízes e microrganismos.

Nas posições linha e copa, o DMP foi menor na camada superficial (0,00 a 0,05 m). Na coleta de solo foi observado que nestas posições o solo apresentava-se pouco estruturado em relação às demais posições. O controle das plantas espontâneas realizado por capinas nas linhas pode ter contribuído para a redução do DMP





de agregados na camada superficial. Fazendo o desdobramento da posição no pomar na camada de 0,00 a 0,05 m, as posições rodado e entrelinha apresentaram maior DMP, e diferiram estatisticamente da posição linha e copa. Este maior DMP pode estar associado à compactação dos agregados causado pelo trânsito de máquinas e equipamentos para os tratos culturais do pessegueiro em condições de umidade inadequadas para o tráfego, especialmente na posição rodado.

Pelos resultados de porosidade, densidade e DMP, nota-se que o efeito do trânsito de máquinas e equipamentos na compactação do solo ocorre principalmente na camada superficial do solo e mais intensamente na posição rodado, indicando que a manutenção da cobertura vegetal (*P. notatum*), pode estar contribuindo para diminuir o efeito do tráfego de máquinas na estrutura do solo em subsuperfície, pois, seu sistema radicular fasciculado pode contribuir para a estruturação do solo através da aproximação e estabilização das partículas e agregados do solo. Nesse sentido, Ramos (2016) verificou que a prática de disposição dos resíduos da poda e o cultivo de aveia ou manutenção das plantas espontâneas na entrelinha do pomar minimiza o impacto do trânsito de máquinas na estrutura do solo. Reichert *et al.* (2007) indicam que as características da máquina e seu rodado, número de vezes em que o solo é trafegado e seu histórico de pressões, e o manejo, influenciam a profundidade de compactação. Wohlenberg *et al.* (2004) verificaram ação de plantas de cobertura na formação e estabilidade dos agregados de um Argissolo franco-arenoso, sendo a maior estabilidade obtida em sistemas que aportavam material orgânico e cobriam o solo durante o ano todo.

Petry (2014) verificou que houve maior densidade de raízes de pessegueiro na camada de 0,00 a 0,30 m de um Argissolo, diminuindo em profundidade pelo aumento da saturação por Al^{3+} e, lateralmente, pela compactação na camada de 0,05 a 0,25 m, entre 1,8 e 3,0 m de distância da linha de plantas, local de maior concentração de tráfego das máquinas.

Embora a microporosidade tenha sido sensível em identificar diferenças entre as posições no pomar, o volume de água disponível não diferiu entre as posições (Tabela 5) e não apresentaram correlação entre si (Tabela 6). O volume de água disponível, compreendida entre as tensões de 10 e 1.500 kPa, representa uma porção da água presente nos microporos.

O aumento da densidade do solo diminui a macroporosidade ($r = -0,88^{**}$) e a condutividade hidráulica ($r = -0,83^{**}$), aumenta a microporosidade ($r = 0,27^*$) e a porosidade total ($r = 0,91^{**}$) (Tabela 6). Por outro lado, o aumento da macroporosidade diminui o DMP ($r = -0,33^{**}$) e a microporosidade ($r = -0,54^{**}$), e aumenta a porosidade total ($r = 0,91^{**}$) e a condutividade hidráulica ($r = 0,77^{**}$). Estas observações corroboram com Reichert *et al.* (2007) e Suzuki *et al.* (2012). O fluxo de água em solo saturado ocorre preferencialmente nos macroporos (volume de poros de diâmetro maior que 50 μm), portanto, espera-se correlação entre a condutividade hidráulica do solo saturado e a macroporosidade (MESQUITA; MORAES, 2004). Contudo, segundo os autores, a presença de um “megaporo” numa amostra de solo afetará pouco a macroporosidade, mas muito sua condutividade.

A matéria orgânica se mostrou importante na melhoria dos atributos físicos e hídricos do solo. Com





aumento da matéria orgânica houve aumento da microporosidade, porosidade total, grau de floculação, DMP e condutividade hidráulica, e diminuiu a densidade do solo (Tabela 6), ou seja, a matéria orgânica atuou na melhoria da estrutura do solo, contribuindo significativamente para os fluxos de ar e água no solo, concordando com outros trabalhos que evidenciaram contribuição positiva da matéria orgânica nos atributos físicos do solo (SOUZA; ALVES, 2003; FIGUEIREDO *et al.*, 2008).

Tabela 6. Correlação de Pearson entre os atributos físicos, hídricos e matéria orgânica do solo sob pomar de pêssego.

	ADA	GF	Macro	Micro	PT	DS	DMP	Ks	AD
AT ¹	-0,60**	ns	0,57**	-0,29*	0,52**	-0,51**	ns	0,36**	0,31*
AG	ns	ns	0,27*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
AF	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Silte	ns	ns	ns	ns	ns	0,30*	ns	ns	ns
Argila	0,74**	ns	-0,57**	0,26*	0,54**	0,46**	ns	-0,31*	-0,26*
MO	-0,35**	0,42**	ns	0,42**	0,48**	-0,45**	0,25*	0,40**	ns
ADA	-	-	-	-	-	-	-	-	ns
GF	-0,68**	-	-	-	-	-	-	-	ns
Macro	-0,45**	ns	-	-	-	-	-	-	ns
Micro	ns	ns	-0,54**	-	-	-	-	-	ns
PT	-0,51**	ns	0,91**	ns	-	-	-	-	ns
DS	0,40**	ns	-0,88**	0,27*	0,91**	-	-	-	ns
DMP	ns	ns	-0,33**	0,44**	ns	ns	-	-	ns
Ks	-0,32*	ns	0,77**	-0,34**	0,74**	-0,83**	ns	-	ns

¹AT: areia total; AG: areia grossa; AF: areia fina; MO: matéria orgânica; ADA: argila dispersa em água; GF: grau de floculação; Macro: macroporosidade; Micro: microporosidade; PT: porosidade total; DS: densidade do solo; DMP: Diâmetro Médio Ponderado de Agregados; Ks: condutividade hidráulica do solo saturado; AD: volume de água disponível estimada pelo modelo de van Genuchten (1980) (volume de água entre as tensões de 10 e 1500 kPa). **significativo a 1%; *significativo a 5%; ns: não significativo.

O aumento do teor de matéria orgânica reduz a densidade do solo e evita ou reduz a transmissão da compactação para o subsolo através da atenuação das forças externas agindo na superfície do solo (HAMZA; ANDERSON, 2005). Wohlenberg *et al.* (2004) verificaram em um Argissolo relação direta entre maiores teores de matéria orgânica e maior estabilidade e agregados maiores.

Vários autores consideram o valor de macroporosidade inferior a $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ como sendo crítico para o crescimento das plantas (BAVER, 1949; VOMOCIL; FLOCKER, 1961; GRABLE; SIEMER, 1968; GUPTA; ALLMARAS, 1987). A partir da análise de regressão entre a densidade e a macroporosidade, é possível definir a densidade correspondente a este valor de macroporosidade. A equação gerada considerando todo o conjunto de dados ($\text{Macro} = -0,3659 \text{ DS} + 0,6928$; $r^2 = 0,71$) possibilitou definir um valor de densidade de $1,62 \text{ Mg m}^{-3}$ correspondente à macroporosidade de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, o que representa a densidade crítica para a aeração do solo. Apenas a posição rodado apresentou valores de densidade superiores ao indicado, assim como a macroporosidade nesta posição foi menor que $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

A granulometria do solo apresenta influência sobre os atributos físicos do solo (Tabela 6). O aumento





da areia incrementa a macroporosidade ($r = 0,57^{**}$), a porosidade total ($r = 0,52^{**}$) e a condutividade hidráulica ($r = 0,36^{**}$) e, conseqüentemente, diminui a densidade do solo ($r = -0,51^{**}$). O efeito é verificado através da areia total, sem efeito específico das suas frações individuais areia grossa ou fina. Por outro lado, o incremento do teor de argila diminui a macroporosidade ($r = -0,57^{**}$) e a condutividade hidráulica ($r = -0,31^*$), e aumenta a microporosidade ($r = 0,26^*$), a porosidade total ($r = 0,54^{**}$) e a densidade do solo ($r = 0,46^{**}$).

O aumento da macroporosidade pela areia pode ser devido ao formato irregular da areia que, mesmo estando próximas, ainda assim permanecem espaços entre as partículas, enquanto o aumento da argila acaba ocupando estes espaços entre os grãos de areia, diminuindo a macroporosidade e aumentando a densidade do solo. Conforme Torres *et al.* (1993), solos que apresentam em sua constituição partículas de diferentes tamanhos, geralmente são mais facilmente compactados pelo fato das partículas menores ocuparem os espaços formados entre as partículas maiores.

A porosidade do solo é determinada pela forma como se arranjam suas partículas sólidas. Quando elas se arranjam em íntimo contato, ocorre predominância de sólidos na amostra de solo e a porosidade total é baixa; e se, ao contrário, as partículas se encontram arranjadas em agregados, há a predominância de vazios na amostra de solo e a porosidade é alta (RIBEIRO *et al.*, 2007).

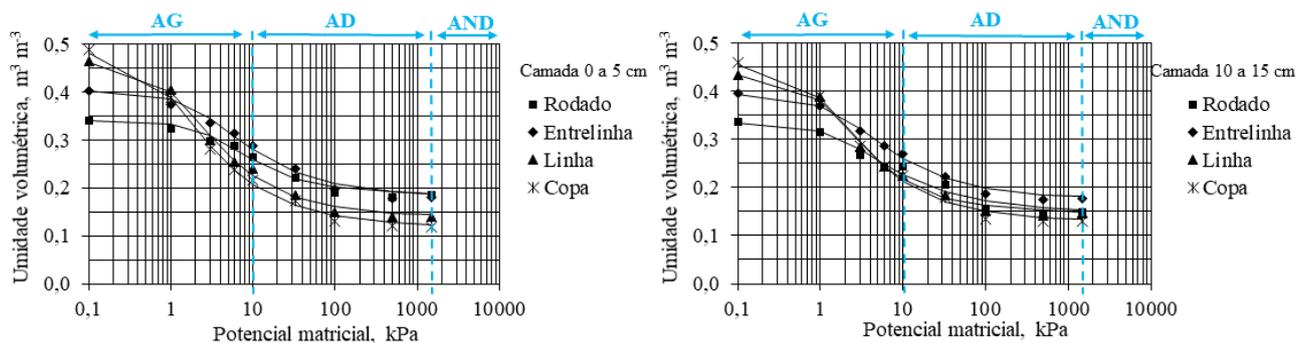


Figura 2. Curva de retenção de água com os valores de umidade volumétrica observados (símbolos) e estimados (linha cheia) pelo modelo de van Genuchten (1980) para os potenciais matriciais de 0,1; 1; 3; 6; 10; 33; 100; 500 e 1500 kPa. AG: água gravitacional; AD: água disponível; AND: água não disponível.

O volume de água disponível foi pouco sensível em identificar os efeitos da irrigação, camada de solo ou posição no pomar (Tabela 3), assim como das variações relacionadas à estrutura do solo (porosidade, densidade, DMP) (Tabela 6), porém, apresentou relação com a granulometria do solo, onde o aumento da argila diminui seu volume ($r = -0,26^*$), por outro lado, apresenta correlação positiva com a areia total ($r = 0,31^*$).

O volume de água não disponível (AND), representado por parte da água capilar (retida nos poros capilares) e pela água higroscópica (adsorvida às partículas do solo) e água de constituição (retida na rede



cristalina dos minerais) (MARENCO; LOPES, 2005) esteve entre 0,1 e 0,2 m³ m⁻³ (Figura 2). Este volume de água está presente no solo, mas, não disponível para as plantas. A água gravitacional (AG) variou entre 0,2 e 0,5 m³ m⁻³. A água gravitacional se movimenta pela influência da gravidade, sendo responsável pela recarga de aquíferos, e este movimento se dá principalmente nos macroporos do solo.

Embora as curvas de retenção de água tenham apresentado pequenas diferenças entre as posições de amostragem, a água disponível não foi influenciada pelos parâmetros avaliados (irrigado e não irrigado, posição no pomar e camada de solo) (Tabela 3). As maiores diferenças nas curvas de retenção de água foram observadas principalmente próximo à saturação, o que justifica a diferença significativa entre as posições no pomar para porosidade total (Tabela 3).

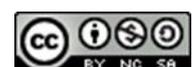
O volume de água disponível e sua manutenção no solo até a reposição, seja por irrigação ou chuva, é importante para o desenvolvimento e produtividade das plantas. Nava *et al.* (2011) verificaram para o pessegueiro “Granada” cultivado em Charqueadas/RS e Pelotas/RS, que o déficit hídrico foi responsável pela queda precoce das folhas das plantas, influenciando no menor acúmulo de reservas para o próximo ciclo e atraso no amadurecimento dos gametas sexuais masculinos e femininos.

A partir dos resultados do estudo realizado em um Argissolo Vermelho-Amarelo após quatro anos de instalação de um pomar de pêsego, onde foi avaliada a influência dos tratamentos (irrigado e não irrigado), posição no pomar (rodado, entrelinha, linha e copa) e camada do solo (0,00 a 0,05 m e 0,10 a 0,15 m) nos atributos físicos e hídricos do solo, pode-se concluir que a irrigação do pomar não influenciou os atributos físicos (porosidade, densidade, diâmetro médio ponderado de agregados) e hídricos (condutividade hidráulica do solo saturado e volume de água disponível) do solo.

As posições linha e copa no pomar apresentam maior macroporosidade e condutividade hidráulica, e menor densidade do solo. O aumento da densidade do solo pelo trânsito de máquinas para o manejo e tratamentos culturais do pomar na posição rodado, ocorre principalmente na camada superficial do solo, afetando negativamente a porosidade e a condutividade hidráulica do solo saturado.

O volume de água disponível foi pouco sensível em identificar diferenças em relação aos efeitos da irrigação, posição no pomar e camada de solo, e das variáveis relacionadas à estrutura do solo (porosidade, densidade, diâmetro médio ponderado de agregados). A matéria orgânica melhorou os atributos físicos e hídricos do solo, aumentando a microporosidade, a porosidade total, o grau de flocculação, o DMP e a condutividade hidráulica, e diminuindo a densidade do solo.

A granulometria do solo influencia os atributos físicos do solo. O aumento da areia e diminuição da argila aumenta a macroporosidade e a condutividade hidráulica, e diminui a densidade do solo. O incremento da areia e argila aumentam a porosidade total. Poucos trabalhos têm avaliado a variação física do solo sob fruticultura. Nesse sentido, este trabalho vem a contribuir com informações para um melhor manejo do pomar, especialmente para a cultura do pessegueiro, objeto deste estudo.





Agradecimentos

À Embrapa Clima Temperado pela disponibilização da área experimental e apoio na condução do experimento. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pelo apoio financeiro concedido ao projeto. Ao CNPq/PIBIC pela concessão de bolsa de iniciação científica vinculada ao projeto.

Conflito de interesses

Os autores declaram que a pesquisa foi conduzida na ausência de quaisquer potenciais conflitos de interesses.

Declarações éticas

Os autores confirmam que as diretrizes éticas adotadas pela revista foram seguidas por este trabalho, e todos os autores concordam com a submissão, conteúdo e transferência dos direitos de publicação do artigo para a Revista. Declaram ainda que o trabalho não foi publicado anteriormente nem está sendo considerado para publicação em outro periódico.

Os autores assumem total responsabilidade pela originalidade do artigo, podendo incidir sobre os mesmos eventuais encargos decorrentes de reivindicação, por parte de terceiros, em relação à autoria do artigo.

Acesso aberto

Este é um artigo de acesso aberto. A reprodução dos artigos da Revista em outros meios de comunicação eletrônicos de uso livre é permitida de acordo com a licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0).

ORCID

Luis Eduardo Akiyoshi Sanches Suzuki  <https://orcid.org/0000-0003-4149-5583>

Carlos Reisser Júnior  <https://orcid.org/0000-0002-4849-0489>

Ezequiel Cesar Carvalho Miola  <http://orcid.org/0000-0002-8029-041X>

Pablo Rostirolla  <https://orcid.org/0000-0002-6999-0714>

Vinícius Saldanha Scherer  <https://orcid.org/0000-0002-2393-6093>

Viviane Santos Silva Terra  <https://orcid.org/0000-0002-9020-3148>

Eloy Antonio Pauletto  <https://orcid.org/0000-0001-9679-3081>





Referências

- BAVER, L. D. Practical values from physical analyses of soils. **Soil Science**, v. 68, n. 1, p. 1-14, 1949.
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. *In*: KLUTE, A. **Methods of soil analysis: Physical and mineralogical methods**. 2nd ed. Madison: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986. p. 363-375.
- BOONE, F. R.; VEEN, B. W. Mechanisms of crop responses to soil compaction. *In*: SOANE, B. D.; van OUWERKWRK, C. **Soil compaction in crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1994. p. 237-264.
- BRASIL. **Decreto nº 9.841, de 18 de junho de 2019**. Dispõe sobre o Programa Nacional de Zoneamento Agrícola de Risco Climático. 2019. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9841.htm>. Acesso em: 22 maio 2021.
- CARPENEDO, V.; MILENICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolo Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, n. 1, p. 99-105, 1990.
- CFQS [COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC]. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBCS/CQFS, 2004. 400 p.
- CORTEZ, J. W. *et al.* Métodos multivariados na avaliação dos atributos físicos do solo na cafeicultura irrigada. **Engenharia na Agricultura**, v. 19, n. 2, p. 132-140, 2011. <https://doi.org/10.13083/reveng.v19i2.150>.
- DOURADO-NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPMANS, J. W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S.; LOPES, P. P. **Soil water retention curve**. version 3. Piracicaba, 2001.
- EMBRAPA/UFPEL/INMET [EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS – UFPEL. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET]. **Normais climatológicas período: 1971/2000 (mensal/anual)**. Disponível em: <<http://agromet.cpact.embrapa.br/estacao/mensal.html>>. Acesso em: 02 de junho de 2020.
- FIDALSKI, J.; TORMENA, C. A. Homogeneidade da qualidade física do solo nas entrelinhas de um pomar de laranja com sistemas de manejo da vegetação permanente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.





31, n. 4, p. 637-645, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000400004>.

FIGUEIREDO, C. C.; RAMOS, M. L. G.; TOSTES, R. Propriedades físicas e matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo e cerrado nativo. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 3, p. 24-30, 2008.

GEE, G. W.; OR, D. Particle-size analysis. In: DANE, J. H., TOPP, C. (Co-eds.). **Methods of soil analysis. Part IV: Physical methods**. 5nd ed. Madison: Soil Science Society of America, 2002. p. 255-293.

GONTIJO, I. *et al.* Atributos físico-hídricos de um Latossolo de Cerrado em diferentes posições de amostragem na lavoura cafeeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2227-2234, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000600002>.

GRABLE, A. R.; SIEMER, E. G. Effects of bulk density aggregate size, and soil water suction on oxygen diffusion, redox potential and elongation of corn roots. **Soil Science Society of America Proceedings**, v. 32, p. 180-186, 1968. <https://doi.org/10.2136/sssaj1968.03615995003200020011x>.

GUPTA, S. C.; ALLMARAS, R. R. Models to access the susceptibility of soil to excessive compaction. **Advances in Soil Science**, v. 6, p. 65-100, 1987. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4682-4_2.

HAMZA, M. A.; ANDERSON, W. K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil and Tillage Research**, v. 82, n. 2, p. 121-145, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.08.009>.

KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis, Part 1: Physical and mineralogical methods**. Madison: Soil Science Society of America, 1986. p. 425-442. <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.1.2ed.c17>.

KLUTE, A. Water retention: Laboratory methods. In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis, Part 1: physical and mineralogical methods**. 2nd ed. Madison: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986. p. 635-660.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005. 335 p.

LIMA, C. L. R. *et al.* Qualidade físico-hídrica e rendimento de soja (*Glycine max* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) de um Argissolo Vermelho distrófico sob diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, v. 36, n.





4, p. 1172-1178, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000400020>.

LIMA, C. L. R. *et al.* Heterogeneidade de compactação de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob pomar de laranja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 3, p. 409-414, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000300001>.

LIMA, H. V. *et al.* Tráfego de máquinas agrícolas e alterações de bioporos em área sob pomar de laranja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 5, p. 677-684, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000500003>.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: Editora UFV, 2005. 451 p.

MAYER, N. A. *et al.* Distribuição do sistema radicular do pessegueiro ‘Okinawa’ propagado por sementes e por estacas herbáceas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 699-704, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452007000300053>.

MAPA [MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA)]. SECRETARIA DE POLÍTICA AGRÍCOLA. DEPARTAMENTO DE GESTÃO DE RISCO RURAL. COORDENAÇÃO-GERAL DE ZONEAMENTO AGROPECUÁRIO. **Portaria nº 58, de 17 de fevereiro de 2011**. Aprovar o Zoneamento Agrícola para a cultura de pêssigo no Estado do Rio Grande do Sul, conforme anexo. 2011. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=825099735>>. Acesso em: 22 maio 2021.

MESQUITA, M. G. B. F.; MORAES, S. O. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. **Ciência Rural**, v. 34, n. 3, p. 963-969, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000300052>.

NAVA, G. A. *et al.* Desenvolvimento floral e produção de pessegueiros ‘Granada’ sob distintas condições climáticas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 2, p. 472-481, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011005000065>.

PETRY, H. B. **Distribuição de raízes de porta-enxertos de pessegueiros afetada pela acidez e compactação do solo**. Porto Alegre: UFRGS, 2014. 90p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Programa de Pós-





Graduação em Fitotecnia. Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: Exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

RAMOS, M. F. **Variabilidade de características físicas e hídricas do solo em pomares de pêssego com diferentes idades no município de Pelotas – RS**. Pelotas: UFPel, 2016. 90 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos. Centro de Desenvolvimento Tecnológico. Universidade Federal de Pelotas.

REICHERT, J. M. *et al.* Estimation of water retention and availability in soils of Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 6, p. 1547-1560, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000600004>.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. *In*: CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. **Tópicos em Ciência do Solo**. volume v. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 49-134.

RIBEIRO, K. D. *et al.* Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras-MG. **Ciências Agroveterinárias**, v. 31, n. 4, p. 1167-1175, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000400033>.

SANTOS, E. E. F.; RIBEIRO, M. R. Influência da irrigação e do cultivo nas propriedades de um Latossolo e um Argissolo da região do submédio São Francisco: atributos morfológicos e físicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, p. 875-884, 2000. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832000000400019>.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p. (E-book: il. color.)

SOUZA, Z. M.; ALVEZ, M. C. Propriedades físicas e teor de matéria orgânica em um Latossolo Vermelho de cerrado sob diferentes usos e manejos. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v. 25, n. 1, p. 27-34, 2003. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v25i1.2339>.

SUZUKI, L. E. A. S. *et al.* Capacidade de uso e aptidão agrícola das terras de propriedades rurais localizadas





na bacia hidrográfica do Arroio Pelotas. **ForScience**, v. 9, n. 1, e00873, 2021. <https://doi.org/10.29069/forscience.2021v9n1.e873>.

SUZUKI, L. E. A. S. *et al.* Condição estrutural de um Argissolo no Rio Grande do Sul, em floresta nativa, em pastagem cultivada e em povoamento com eucalipto. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 4, p. 833-843, 2012. <http://dx.doi.org/10.5902/198050987564>.

SUZUKI, L. E. A. S. *et al.* Dispersion and flocculation of Vertisols, Alfisols and Oxisols in Southern Brazil. **Geoderma Regional**, v. 5, p. 64-70, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2015.03.005>.

SUZUKI, L. E. A. S. *et al.* Estimativa da suscetibilidade à compactação e do suporte de carga do solo com base em propriedades físicas de solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 963-973, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000300006>.

TEDESCO, M. J. *et al.* **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174 p. (Boletim Técnico 5).

TORRES, E.; ODILON, F. S.; GALERANI, P. R. **Manejo do solo para a cultura da soja**. Londrina: Embrapa-CNPSo, 1993. 71 p. (Circular Técnica, 12).

TORRES, J. L. R.; RODRIGUES JUNIOR, D. J.; VIEIRA, D. M. S. Alterações nos atributos físicos do solo em função da irrigação e do pastejo rotacionado. **Irriga**, v. 18, n. 3, p. 558-571, 2013. <https://doi.org/10.15809/irriga.2013v18n3p558>.

van GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, n. 5, p. 892-898, 1980. <https://doi.org/10.2136/sssaj1980.03615995004400050002x>.

VOMOCIL, J. A., FLOCKER, W. J. Effect of soil compaction on storage and movement of soil, air and water. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v. 4, n. 2, p. 242-246, 1961. <https://doi.org/10.13031/2013.41066>.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. *In*: HILLEL, D. **Applications of soil physics**. New York: Academic, 1980. p. 319- 344.





WOHLENBERG, E. V. *et al.* Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 5, p. 891-900, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000500011>.

YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal American Society of Agronomy**, v. 28., n. 5, p. 337-351, 1936. <https://doi.org/10.2134/agronj1936.00021962002800050001x>.

