

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**Centro de Desenvolvimento Tecnológico**  
**Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos**



**Dissertação**

**Variabilidade de características físicas e hídricas do solo em pomares de  
pêssego com diferentes idades no município de Pelotas - RS**

**Mariana Fernandes Ramos**

**Pelotas, 2016**

**Mariana Fernandes Ramos**

**Variabilidade de características físicas e hídricas do solo em pomares de  
pêssego com diferentes idades no município de Pelotas - RS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos do Centro de Desenvolvimento Tecnológico da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos.

Orientador: Luis Eduardo Akiyoshi Sanches Suzuki

Pelotas, 2016

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

R175v Ramos, Mariana Fernandes

Variabilidade de características físicas e hídricas do solo em pomares de pêsego com diferentes idades no município de Pelotas - RS / Mariana Fernandes Ramos ; Luis Eduardo Akiyoshi Sanches Suzuki, orientador. — Pelotas, 2016.

90 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, 2016.

1. Compactação do solo. 2. Água disponível. 3. Infiltração de água. 4. Grau de compactação. 5. Estrutura do solo. I. Suzuki, Luis Eduardo Akiyoshi Sanches, orient. II. Título.

CDD : 627

Mariana Fernandes Ramos

Variabilidade de características físicas e hídricas do solo em pomares de  
pêssego com diferentes idades no município de Pelotas - RS

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre  
em Recursos Hídricos, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos,  
Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 24 de fevereiro de 2016.

Banca examinadora:



Prof. Dr. Luis Eduardo Akiyoshi Sanches Suzuki (Orientador)

Doutor em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria



Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Cláudia Rodrigues de Lima

Doutora em Ciência do Solo pela Wageningen University, Holanda



Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Juliana Prevedello

Doutora em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria



Prof. Dr. Ezequiel César Carvalho Miola

Doutor em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Santa Maria

À minha família, sempre.

## **Agradecimentos**

Agradeço a minha família por todo o apoio, torcida, abraços, cafunés e palavras amáveis. Com vocês o caminho ficou muito mais leve.

Ao Professor e Orientador Luis Eduardo Akiyoshi Sanches Suzuki, pela parceria, por dividir seu conhecimento, e pela ajuda e orientação em cada etapa do Mestrado e da dissertação.

Aos estagiários do Laboratório de Solos e Hidrossedimentologia da Universidade Federal de Pelotas, em especial ao Rodrigo de Lima do Amaral e ao William Roger da Silva Almeida, que participaram desde o início da parte prática da dissertação, que sempre me ajudaram com muito carinho, presteza, dedicação e amizade (guris, muito obrigada!); à Luciana Shiguihara Lima e Henrique Leivas Teixeira por terem estendido a mão e oferecido ajuda.

Aos amigos e colegas de Mestrado, muito obrigada pela ajuda, pelo afeto, pelas conversas, pelo apoio, pelo incentivo!

Aos agricultores, pela gentileza em autorizar o uso de suas propriedades para a condução deste estudo.

À Fapergs - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul – pela concessão da bolsa de Mestrado.

À Emater/RS pelo apoio técnico, pela apresentação das propriedades rurais e por ter iniciado a discussão sobre a necessidade de estudos sobre este tema com os produtores de pêssego de Pelotas e região.

## Resumo

RAMOS, Mariana Fernandes. Variabilidade de características físicas e hídricas do solo em pomares de pêssego com diferentes idades no município de Pelotas – RS. 2016. 83f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

Especialmente para o Rio Grande do Sul, a cultura do pêssego apresenta relevância econômica e social. Após a temperatura, a água é o segundo fator limitante ao crescimento do pessegueiro. Dessa forma, a planta deve possuir um sistema radicular profundo e bem distribuído para suportar os períodos de déficit hídrico, sendo necessário um solo com boa estrutura física para permitir esse desenvolvimento, possibilitar os fluxos de ar e água e evitar o acúmulo de água no perfil, reduzindo o escoamento superficial. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade das características físicas e hídricas do solo de pomares de pêssego com diferentes idades. O trabalho foi realizado em propriedades rurais produtoras de pêssego em Pelotas, com pomares de 0, 2, 6, 8 e 12 anos de idade. Foram feitas coletas de solo em diferentes camadas (0-0,10m, 0,10-0,20m e 0,20-0,40m) e posições do pomar (na linha, na entrelinha e no rodado). Amostras de solo com estrutura não preservada foram coletadas para determinação da distribuição do tamanho de partículas do solo, argila dispersa em água, ponto de murcha permanente, densidade de partículas, e análise visual da estrutura do solo, enquanto que amostras com estrutura preservada foram coletadas para avaliação da macroporosidade (poros de diâmetro maior que 50  $\mu\text{m}$ , responsáveis pela aeração do solo e fluxo de água), da microporosidade (poros de diâmetro menor que 50  $\mu\text{m}$ , responsáveis pela retenção de água no solo), da porosidade total, da densidade do solo, da condutividade hidráulica do solo saturado em laboratório, da capacidade de campo e do grau de compactação. A análise de infiltração de água no solo foi realizada no campo. O aumento da densidade do solo afetou negativamente a porosidade, a condutividade hidráulica e a infiltração de água no solo, embora nenhum pomar apresentou valores de densidade do solo restritivos ao crescimento das plantas. A macroporosidade foi restritiva quanto a aeração em solo com menor teor de areia. O solo da linha de plantio exibe as melhores condições físicas e hídricas para o crescimento das plantas e meio ambiente. A prática de disposição dos resíduos da poda e o cultivo de aveia ou plantas espontâneas na entrelinha do pomar reduz o impacto das máquinas no solo. O tempo de implantação do pomar parece não ter influência significativa nas alterações do solo na posição entrelinha e rodado.

**Palavras-chave:** compactação do solo; água disponível; infiltração de água; grau de compactação, estrutura do solo.

## Abstract

RAMOS, Mariana Fernandes. Variability of physical and hydric characteristics of soil under peach orchards of different ages in Pelotas city - RS. 2016. 83f. Dissertation (Master Degree em Recursos Hídricos) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

Especially for Rio Grande do Sul, the peach culture has an economic and social relevance. After the temperature of the environment, the water is the second limiting factor to a peach tree's growth. So, the plant must have a deep and well distributed root system to bear the periods of drought, and a soil with good physical structure to allow this growth, to enable air and water flows and to avoid water accumulation in the soil profile, reducing runoff. Therefore, the present study aims to evaluate the variability of the physical and hydric characteristics of the soil, in peach orchards' with different ages. The study was performed in peach producing rural properties in Pelotas, in orchards with 0, 2, 6, 8 and 12 years of age. Soil samples were collected in different layers (0-0.10m, 0.10-0.20m and 0.20-0.40m), at the row, inter-row and at the strips of the machinery wheel tracks of the peach orchards. Soil samples with non-preserved structure were collected to determinate the soil particle size distribution, water dispersible clay, permanent wilting point, particle density, and visual evaluation of soil structure, while soil samples with preserved structure were collected to evaluate macroporosity (pores larger than 50 $\mu$ m, responsible for soil aeration and water flow), microporosity (pores smaller than 50 $\mu$ m, responsible for water retention), total porosity, bulk density, saturated hydraulic conductivity at the laboratory, field capacity and degree of compactness. Water infiltration analysis was performed at the field. Increased soil bulk density negatively affects porosity, hydraulic conductivity and water infiltration into the soil, although no orchard presented restrictive values of soil bulk density. Macroporosity was restrictive to aeration in soils with lower sand content. The soil in the row displays the best physical and hydric characteristics for plant growth and for the environment. The practice of disposal of waste from pruning and oat crops or weeds in the orchard inter-rows reduces the impact of the machines on the ground. The orchards' time of installation do not influence significantly the soil in the inter-row and in the strips under machinery wheel tracks.

**Key-words:** soil compaction; available water; water infiltration; degree of compactness, soil structure.



## Lista de Figuras

Figura 1 - Imagem das áreas de pêssego utilizadas no presente estudo na área rural de Pelotas. Imagem do Google Earth de 21/07/2015. Altitude do ponto de visão: 546m. ....	26
Figura 2 – Pomares de pêssego com 0, 2, 6, 8 e 12 anos de idade (imagens de 07/09/2015), e visão parcial dos pomares (imagem de 13/01/2016) utilizados no presente estudo, Pelotas, 2016. Fonte: Luis Eduardo A.S. Suzuki. ....	27
Figura 3 - Posições de amostragem no pomar de pêssego, Pelotas, 2016. Fonte: Luis Eduardo A.S. Suzuki. ....	29
Figura 4 – Croqui exemplificando os blocos de amostragem. Fonte: Luis Eduardo A.S. Suzuki. ....	29
Figura 5 – Perfil representativo dos pomares de pêssego com 0, 6, 8 e 12 anos de idade (figura a esquerda) e do pomar com 2 anos de idade (figura a direita), Pelotas, 2016. Fonte: Luis Eduardo A.S. Suzuki. ....	30
Figura 6 - Mesa agitadora pendular. Fonte: Mariana Fernandes Ramos. ....	31
Figura 7 - Peneiras de malha de 1,00mm, 0,500mm, 0,250mm e 0,125mm utilizadas na separação da areia. Fonte: Mariana Fernandes Ramos. ....	32
Figura 8 - Determinação da densidade de partículas. Fonte: Mariana Fernandes Ramos. ....	33
Figura 9 - Amostras preparadas e em estado de saturação por capilaridade para avaliação da condutividade hidráulica do solo saturado. Fonte: Mariana Fernandes Ramos. ....	35
Figura 10 - Permeâmetro de carga constante para determinação em laboratório da condutividade hidráulica do solo saturado. Fonte: Luis Eduardo A.S. Suzuki. ....	36
Figura 11 - Avaliação da infiltração de água no solo. Fonte: Luis Eduardo A.S. Suzuki. ....	37
Figura 12 - Regressão e significância para as variáveis físicas e hídricas do solo, considerando todo o conjunto de dados dos pomares de pêssego, Pelotas, 2016. **significativo a 1% de probabilidade. ....	44
Figura 13 - Relação entre o tempo para infiltrar 444 mL de água no solo, de acordo com metodologia indicada no “Soil Quality Test Kit Guide” (USDA, 1999), e variáveis físicas e hídrica do solo em pomares de pêssego, Pelotas, 2016. ....	46

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Distribuição do tamanho de areia do barranco de estrada representativo dos pomares de pêssego com 0, 6, 8 e 12 anos de idade, Pelotas, 2016. ....	39
Tabela 2 - Proporção de silte e argila, argila dispersa em água (ADA), grau de floculação (GF), densidade de partículas (Dp) e classe textural do solo do barranco de estrada representativo dos pomares de pêssego com 0, 6, 8 e 12 anos de idade, Pelotas, 2016. ....	40
Tabela 3 - Distribuição do tamanho de areia do barranco de estrada representativo do pomar de pêssego com 2 anos de idade, Pelotas, 2016.....	41
Tabela 4 - Proporção de silte e argila, argila dispersa em água (ADA), grau de floculação (GF), densidade de partículas (Dp) e classe textural do solo do barranco de estrada representativo dos pomares de pêssego com 2 anos de idade, Pelotas, 2016. ....	41
Tabela 5 - Coeficiente de correlação de Pearson e significância para as variáveis físicas e hídricas do solo, considerando todo o conjunto de dados dos pomares de pêssego, Pelotas, 2016.....	42
Tabela 6 - Distribuição do tamanho de areia do pomar de pêssego com 0 ano de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016. ....	47
Tabela 7 - Proporção de cascalho, silte e argila, densidade de partículas e classe textural do solo de um pomar de pêssego com 0 ano de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016. ....	48
Tabela 8 - Análise de variância e coeficiente de variação (CV) para as variáveis físicas e hídricas do pomar de pêssego com 0 ano de idade para posição de amostragem (linha, entrelinha, rodado) e camada do solo (0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40m), Pelotas, 2016. ....	49
Tabela 9 - Teste de médias para as variáveis físicas e hídricas do pomar de pêssego com 0 ano de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016. ....	51
Tabela 10 - Classes de infiltração (Soil Quality Test Kit Guide) de acordo com a posição de amostragem em um pomar de pêssego com 0 ano de idade, Pelotas, 2016. ....	53

Tabela 11 - Valores de “structure quality (Sq)” para as amostras de solo com estrutura não preservada de 0 ano de cultivo, Pelotas, 2016.....	53
Tabela 12 - Distribuição do tamanho de areia do pomar de pêsego com 2 anos de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016. ....	55
Tabela 13 - Proporção de cascalho, silte e argila, densidade de partículas e classe textural do solo de um pomar de pêsego com 2 anos de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016. ....	56
Tabela 14 - Análise de variância e coeficiente de variação (CV) para as variáveis físicas e hídricas do pomar de pêsego com 2 anos de idade para posição de amostragem (linha, entrelinha, rodado) e camada do solo (0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40m), Pelotas, 2016. ....	56
Tabela 15 - Teste de médias para as variáveis físicas e hídricas do pomar de pêsego com 2 anos de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016.....	57
Tabela 16 - Classes de infiltração (Soil Quality Test Kit Guide) de acordo com a posição de amostragem em um pomar de pêsego com 2 anos de idade, Pelotas, 2016. ....	59
Tabela 17 - Valores de “structure quality (Sq)” para as amostras de solo com estrutura não preservada de 2 anos de cultivo, Pelotas, 2016.....	59
Tabela 18 - Distribuição do tamanho de areia do pomar de pêsego com 6 anos de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016. ....	61
Tabela 19 - Proporção de cascalho, silte e argila, densidade de partículas e classe textural do solo de um pomar de pêsego com 6 anos de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016. ....	63
Tabela 20 - Análise de variância e coeficiente de variação (CV) para as variáveis físicas e hídricas do pomar de pêsego com 6 anos de idade para posição de amostragem (linha, entrelinha, rodado) e camada do solo (0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 m), Pelotas, 2016. ....	63
Tabela 21 - Teste de médias para as variáveis físicas e hídricas do pomar de pêsego com 6 anos de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016.....	64

Tabela 22 - Classes de infiltração (Soil Quality Test Kit Guide) de acordo com a posição de amostragem em um pomar de pêsego com 6 anos de idade, Pelotas, 2016. ....	65
Tabela 23 - Valores de “structure quality (Sq)” para as amostras de solo com estrutura não preservada de 6 anos de cultivo, Pelotas, 2016.....	65
Tabela 24 - Distribuição do tamanho de areia do pomar de pêsego com 8 anos de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016. ....	67
Tabela 25 - Proporção de cascalho, silte e argila, densidade de partículas e classe textural do solo de um pomar de pêsego com 8 anos de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016. ....	68
Tabela 26 - Análise de variância e coeficiente de variação (CV) para as variáveis físicas e hídricas do pomar de pêsego com 8 anos de idade para posição de amostragem (linha, entrelinha, rodado) e camada do solo (0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40m), Pelotas, 2016. ....	68
Tabela 27 - Teste de médias para as variáveis físicas e hídricas do pomar de pêsego com 8 anos de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016.....	69
Tabela 28 - Classes de infiltração (Soil Quality Test Kit Guide) de acordo com a posição de amostragem em um pomar de pêsego com 8 anos de idade, Pelotas, 2016. ....	70
Tabela 29 - Valores de “structure quality (Sq)” para as amostras de solo com estrutura não preservada de 8 anos de cultivo, Pelotas, 2016.....	71
Tabela 30 - Distribuição do tamanho de areia do pomar de pêsego com 12 anos de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada de solo, Pelotas, 2016. ....	72
Tabela 31 - Proporção de cascalho, silte e argila, densidade de partículas e classe textural do solo de um pomar de pêsego com 12 anos de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016. ....	73
Tabela 32 - Análise de variância e coeficiente de variação (CV) para as variáveis físicas e hídricas do pomar de pêsego com 12 anos de idade para posição de amostragem (linha, entrelinha, rodado) e camada do solo (0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 m), Pelotas, 2016. ....	73

Tabela 33 - Teste de médias para as variáveis físicas e hídricas do pomar de pêsego com 12 anos de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016. ....	75
Tabela 34 - Classes de infiltração (Soil Quality Test Kit Guide) de acordo com a posição de amostragem em um pomar de pêsego com 12 anos de idade, Pelotas, 2016. ....	76
Tabela 35 - Valores de “structure quality (Sq)” para as amostras de solo com estrutura não preservada de 12 anos de cultivo, Pelotas, 2016.....	77

## Sumário

1 Introdução .....	14
2 Objetivos .....	16
2.1 Geral .....	16
2.2 Específicos.....	16
3 Hipóteses .....	17
4 Revisão de Literatura .....	18
4.1 Produção de pêssego .....	18
4.2 Variáveis físicas para avaliação das alterações no solo .....	18
4.3 Compactação e alterações nas variáveis físicas e hídricas do solo .....	20
4.4 Compactação do solo e o crescimento de plantas.....	22
4.5 Impactos nos solos causados pelo tráfego de máquinas.....	23
5 Materiais e Métodos .....	26
5.1 Área de estudo.....	26
5.2 Coleta de amostras de solo .....	28
5.3 Avaliações.....	30
5.3.1 Descrição morfológica do solo .....	30
5.3.2 Distribuição do tamanho de partículas, argila dispersa em água, grau de floculação e classe textural .....	31
5.3.3 Densidade de partículas.....	33
5.3.4 Ponto de murcha permanente e água disponível.....	34
5.3.5 Porosidade, densidade e condutividade hidráulica do solo saturado .....	35
5.3.6 Teor de cascalho.....	36
5.3.7 Infiltração de água no solo .....	36

5.3.8 Avaliação visual da estrutura do solo ( <i>visual evaluation of soil structure – VESS</i> ) .....	37
5.3.9 Grau de compactação do solo .....	38
5.4 Análise estatística .....	38
6 Resultados e Discussão .....	39
6.1 Descrição morfológica.....	39
6.2 Correlação e regressão entre variáveis físicas e hídricas.....	41
6.3 Infiltração de água no solo e relações com variáveis físicas e hídrica .....	45
6.4 Características físicas e hídricas dos pomares de pêssego .....	47
6.4.1 Pêssego – 0 ano de idade.....	47
6.4.2 Pêssego – 2 anos de idade.....	54
6.4.3 Pêssego – 6 anos de idade.....	60
6.4.4 Pêssego – 8 anos de idade.....	66
6.4.5 Pêssego – 12 anos de idade.....	72
7 Considerações Finais.....	78
8 Referências .....	80

## 1 Introdução

Com mais de 2 milhões de hectares do seu território ocupados por plantas frutíferas, o Brasil possui a terceira posição no ranking de produção mundial de frutas. A produção de pêssego possui destaque no País, com aproximadamente 232.987 toneladas produzidas no ano de 2012. Mundialmente, a produção de pêssegos aumentou na última década, sendo que em 2012 no Brasil, o Estado do Rio Grande do Sul foi o que mais produziu, com 132.736 toneladas. Assim, o pêssego tem grande importância socioeconômica como consumo *in natura*, agroindústria ou agroturismo em várias regiões do Brasil, principalmente nos Estados do Rio Grande do Sul (RS), Santa Catarina (SC), Paraná (PR), São Paulo (SP), Minas Gerais (MG) e Vale do São Francisco. No RS, a região de Pelotas se destaca na produção de pêssego, com uma área destinada à colheita de 2.960 hectares e um número significativo de agroindústrias.

As propriedades físicas e hídricas do solo podem afetar o crescimento e desenvolvimento de árvores frutíferas, tendo em vista que a produção está relacionada com as condições climáticas e do próprio solo assim como é dependente de volumes adequados de água, de nutrientes, e de condições físicas do solo, que muitas vezes são prejudicadas pelo uso e manejo inadequado da área. É necessário avaliar variáveis de qualidade do solo para que haja sustentabilidade socioeconômica e ambiental a partir de melhorias do manejo solo.

Um dos principais problemas enfrentados em propriedades rurais é a compactação do solo comumente causada pelo tráfego de máquinas, sendo que as consequências que o solo geralmente apresenta frente a esta perturbação são o aumento da densidade, diminuição da macroporosidade, e, com isso, aumento do tempo de infiltração de água no solo e redução da condutividade hidráulica saturada. Estas alterações podem provocar baixa disponibilidade de água para plantas, assim como maior compactação do solo e menor aeração, podendo atingir limites críticos e afetar o rendimento das culturas e a qualidade do solo da propriedade rural.

Diante das adversidades climáticas, torna-se essencial manter ou melhorar a qualidade dos solos, principalmente no incremento da água disponível para as plantas, reduzindo assim os efeitos negativos do déficit hídrico, por exemplo.



A linha de cultivo é o ponto do pomar que pode exibir variáveis do solo com valores mais favoráveis para o crescimento e desenvolvimento das plantas, como densidade, macroporosidade, infiltração de água no solo e disponibilidade de água. Isto se deve, principalmente, a ação das raízes da cultura que contribui com a formação e manutenção de poros de maior diâmetro, e por ser uma área livre de tráfego de tratores. Em contrapartida, na entrelinha do pomar pode ocorrer um grande número de passadas de máquinas no mesmo local, em condições de umidade que favorecem a compactação e um solo sem cobertura vegetal suficiente para absorver a pressão causada pelas máquinas, ocasionando danos à estrutura, as propriedades físicas e hídricas e à qualidade destes solos, e com isso se fazem necessárias ações preventivas e/ou corretivas, a fim de evitar problemas como erosão e diminuição do rendimento dos cultivos, por exemplo.

## **2 Objetivos**

### **2.1 Geral**

Avaliar a variabilidade das características físicas e hídricas dos solos com pomares de pêsego com diferentes idades, em propriedades rurais de Pelotas, Estado do Rio Grande do Sul.

### **2.2 Específicos**

Avaliar a densidade, a porosidade, o grau de compactação, a água disponível, a infiltração de água, a condutividade hidráulica e a estrutura a partir da avaliação visual do solo de pomares de pêsego com diferentes idades.

Identificar restrições ao crescimento das plantas e degradação do solo a partir de variáveis relacionadas às características físicas, hídricas e estruturais do solo.

Verificar se há relação entre o tempo de implantação do pomar de pêsego e alterações em variáveis físicas, hídricas e estruturais do solo.

### **3 Hipóteses**

Quanto maior o tempo de implantação do pomar de pêssego mais degradado será o solo na posição do rodado das máquinas, enquanto o solo na linha e entrelinha de cultivo apresentarão características físicas, hídricas e estruturais satisfatórias para o crescimento de plantas e meio ambiente.

## **4 Revisão de Literatura**

### **4.1 Produção de pêssego**

Segundo o IBGE (2012) no ano de 2012 foram produzidas 232.987 toneladas de pêssego no Brasil, com um rendimento médio de 12.163kg ha<sup>-1</sup> e valor de produção de R\$ 293.858.000,00.

Do total produzido no país, o Sul contribuiu com 175.159 toneladas produzidas em 2012, sendo que 132.736 foram produzidas no Rio Grande do Sul (IBGE, 2012). Os outros estados produtores de pêssego listados no IBGE (2012) são: São Paulo (37.633t), Minas Gerais (19.967t), Paraná (17.241t), Santa Catarina (25.182t) e Rio de Janeiro (228t). Pelotas (RS) produziu 29.900t de pêssego em 2014, com uma área colhida de 2.960ha e valor de produção de R\$ 23.920.000,00 (IBGE, 2014).

Com estes dados é possível perceber a importância socioeconômica que a produção de pêssego tem para o Brasil e para os estados do Sul, principalmente o Rio Grande do Sul. Porém, para que a produção se mantenha ou aumente, é fundamental que os solos dos pomares de pêssegos apresentem condições físicas e hídricas que estejam dentro de faixas consideradas adequadas e sejam periodicamente analisadas para que se saiba qual a sua condição atual e se alguma medida de melhoria é necessária. Com isso, a produção se dará com sustentabilidade ambiental e socioeconômica, uma vez que um solo com boa qualidade é capaz de infiltrar e disponibilizar mais água para as plantas, sofrer de forma menos intensa com os processos erosivos e permitir uma maior produção.

### **4.2 Variáveis físicas para avaliação das alterações no solo**

A escolha de variáveis físicas adequadas para avaliação das alterações do solo devido seu uso e manejo são importantes para um adequado diagnóstico do solo e recomendações.

A textura do solo é uma importante aliada na avaliação de diversos aspectos, como da densidade (CHAUDHARI et al., 2013), da porosidade (DING et al., 2016),

da infiltração de água no solo (GORDON; HALLETT, 2014; LI; CHANG; SALIFU, 2014), da condutividade hidráulica do solo saturado (JORDA et al., 2015; MESQUITA; MORAES, 2004; PACHEPSKY; PARK, 2015), da retenção de água (KLEIN et al., 2010), da dinâmica de elementos químicos no solo, como no estudo com potássio realizado por WERLE; GARCIA; ROSOLEM (2008) ou com nitrogênio, conduzido por SANGOI et al. (2003), da dinâmica de contaminantes no solo (ABDEL-MOGHNY et al., 2012; CHAKRABORTY et al., 2012; CONTE et al., 2005; FALCIGLIA et al., 2011; LEE et al., 2002), do crescimento de raízes (ROSOLEM et al., 1999), da população microbiana (HAMARASHID; OTHMAN; HUSSAIN, 2010), da densidade de partículas (KELLER; HÅKANSSON, 2010), da compactação do solo (RICHART et al., 2005), entre outros.

De acordo com Chaudhari et al. (2013) a porosidade do solo é a razão entre o volume dos poros e o volume total de solo. Esta propriedade é de fundamental importância para estudos ambientais, já que a água infiltra e é redistribuída no espaço poroso do solo, além do fato que diversos processos físicos e bioquímicos relacionados com qualidade ambiental acontecem nos poros do solo (PIRES; PEREIRA, 2014).

Não somente a diminuição da porosidade é resultado da compactação do solo, mas a distribuição do tamanho dos poros também é afetada de forma significativa (WHALLEY; DUMITRU; DEXTER, 1995). Como a geometria dos poros do solo no campo está sujeita a variação temporal, a porosidade reflete a condição em que o solo se encontra no momento da amostragem, em vez de uma condição permanente (CARTER, 1990). A porosidade está também associada ao crescimento de raízes e movimentação de ar, água e solutos no solo, logo, solos bem estruturados são muito importantes na manutenção adequada da transmissão de água e troca gasosa para que o sistema radicular se desenvolva e para uma boa produção dos cultivos com proteção ambiental (PIRES; PEREIRA, 2014).

A densidade de um solo tem relação inversa com a porosidade, sendo que solos argilosos geralmente apresentam menores densidades e maior porosidade total em relação a solos arenosos (CHAUDHARI et al., 2013), e em situações de campo depende do uso, do tráfego de veículos e processos naturais, como os ciclos de molhagem e secagem, de congelamento e descongelamento (CARTER, 1990).

A densidade é um indicador amplamente utilizado na avaliação da compactação do solo, porém esta é uma abordagem que limita a interpretação da

compactação, pois a macroporosidade de um solo aparentemente compactado com uma alta densidade pode não ser limitante, associada a um determinado conteúdo de areia (STOLF et al., 2011), então, a densidade pode representar um indicador de manejo, mas a macroporosidade pode permitir uma melhor comparação, a fim de se estabelecer padrões para descompactação (STOLF, 1987). A macroporosidade é considerada um excelente indicador da degradação do solo devido a sua relação com a compactação (STOLF et al., 2011). Segundo Håkansson; Lipiec (2000), vários estudos indicam que um valor de 10% (v/v) de macroporosidade é um limite crítico para a aeração do solo.

De acordo com Carter (1990), propriedades como resistência do solo à penetração, condutividade hidráulica, distribuição do tamanho de poros e retenção de água têm maior influência (de forma individual ou coletiva, direta ou indiretamente) no crescimento de plantas, ao invés de apenas a densidade do solo. Por exemplo, com baixos valores de densidade um grande volume de macroporos pode influenciar adversamente a capacidade do solo de reter água, enquanto que com altas densidades e valores limitantes de volume de macroporos, a resistência do solo à penetração, e a permeabilidade ao ar e a água podem reduzir o crescimento de raízes e a produtividade das plantas.

Com a pressão causada pela compactação do solo, alguns dos poros de maior diâmetro podem se tornar microporos, ou seja, poros com menor diâmetro. Esta teoria é sustentada pelo estudo de Kooistra; Tovey (1994), que avaliaram a porosidade de solos areno-argilosos, distinguindo macroporos (diâmetro médio  $>100\mu\text{m}$ ) e poros menores que foram considerados microporos. Mostraram que, no geral, os valores de macroporosidade decresceram mais do que a porosidade total, já que a microporosidade teria aumentado.

#### **4.3 Compactação e alterações nas variáveis físicas e hídricas do solo**

Richard et al. (2001) explicam de forma resumida que a compactação ocorre quando solos não saturados sofrem compressão, comentando que a porosidade do solo e as propriedades físicas relacionadas à ela como as propriedades mecânicas e o transporte de água e gases são afetados.

A compactação é a principal forma de degradação do solo, podendo influenciar processos químicos, físicos e biológicos de forma adversa (CARTER,

1990); leva a deterioração e a modificações na estrutura dos poros, com alteração nas suas formas e continuidade, e com redução em tamanho e número de macroporos (BENNIE; KRYNAUW, 1985). Para a maioria dos solos a compactação reduz o volume dos poros maiores, conseqüentemente afetando a retenção de água e a condutividade hidráulica (RICHARD et al, 2001). De acordo com Stolf et al. (2011), a macroporosidade do solo é tida como ótimo indicador do estado de degradação do solo, devido a sua relação com a compactação.

Segundo Melo et al. (2008) a compactação depende de fatores internos e externos. Dentre os fatores internos citam a textura, estrutura e teor de umidade, enquanto que os externos podem ser o impacto das gotas de chuva, o pisoteio de animais, de humanos ou a utilização de equipamentos agrícolas.

De acordo com Richart et al. (2005), algumas das principais alterações nas propriedades físicas do solo que podem acontecer como resultado da compactação por tráfego de máquinas são o aumento na densidade do solo e diminuição da macroporosidade, implicando na redução da condutividade e do acúmulo de água, limitando a infiltração de água e a penetração das raízes no perfil do solo, tornando-o, assim, mais suscetível à erosão.

Segundo Whalley; Dumitru; Dexter (1995), a compactação irreversível do solo não ocorrerá se forem aplicadas pressões menos intensas do que a pressão de preconsolidação. Então, de acordo com os mesmos autores, a compressão de um solo com um determinado conteúdo de água em resposta a uma pressão, não significa que este não sofrerá compactação resultante de uma pressão menor, quando estiver mais úmido.

A estrutura do solo é uma propriedade complexa, em parte devido a características inerentes do tamanho das partículas e mineralogia, e em parte por causa das influências antropogênicas, como uso e manejo do solo (BALL; BATEY; MUNKHOLM, 2007), que podem provocar a compactação do solo. A compactação e perturbação do solo podem ser severas em áreas de acesso temporárias ou permanentes, podendo tornar os solos destas áreas improdutivos a menos que uma reabilitação seja realizada (ZHAO et al., 2010). Em ambientes agrícolas a compactação do solo pode ocorrer, por exemplo, devido ao pisoteio animal, quando os animais passam sempre pelo mesmo caminho e principalmente se a vegetação for mais rasteira, porém o que mais comumente acontece é que a compactação se dê por conta do tráfego de máquinas. De acordo com Håkansson (2005), as rodas

dos tratores e de outras máquinas pesadas afetam a maioria dos solos aráveis de forma mais significativa do que as próprias ferramentas de manejo.

É reconhecido no Brasil que o manejo na cultura de citros quando mecanizada provoca disparidades nas propriedades físicas do solo (FIDALSKI; TORMENA; DA SILVA, 2007). Håkansson (2005) também afirma que o tráfego recorrente de máquinas frequentemente leva a compactação intensiva do solo nas camadas superficiais e algumas vezes nas camadas mais profundas. Com isso, a matriz do solo revela uma redução no tamanho e número de macroporos e uma mudança no formato e continuidade dos poros (BENNIE; KRYNAUW, 1985), podendo afetar os usos a que um solo foi destinado, da agricultura ao planejamento de cidades e bacias hidrográficas.

#### **4.4 Compactação do solo e o crescimento de plantas**

O sistema radicular das plantas é comumente afetado pela compactação do solo, e no caso de áreas rurais um dos fatores externos que colabora com a compactação dos solos é o tráfego das máquinas (MELO et al., 2008). De acordo com Fidalski; Tormena; Silva (2007), o tráfego de máquinas ocorre nas proximidades da zona de adubação, perto do limite externo da projeção da copa das plantas de citros, o que dificulta o crescimento de raízes já que as restrições físicas do solo ao crescimento das raízes aumenta.

A distribuição de raízes em horizontes fortemente compactados difere bastante dos não compactados, apesar de que o total de biomassa das raízes seja similar em ambos os casos, o perfil não compactado apresenta uma proporção maior de raízes profundas (WHALLEY; DUMITRU; DEXTER, 1995). Segundo os mesmos autores, dentre os organismos do solo as minhocas são provavelmente os seres mais importantes para a estrutura do solo, e com isso, é provável que a compactação causada por operações de cultivo cause danos a estrutura dos túneis formados por elas.

A citricultura começou a apresentar um intenso tráfego de máquinas, havendo lavouras que acumularam 300 passadas de máquinas ao longo do tempo (STOLF, 1987). A produtividade de citros depende de fatores como o clima e o solo do pomar, que irão determinar a qualidade e a produção dos frutos (MORENO; GASCON, 1994), sendo que a compactação é um fator que pode limitar a produtividade e



aumentar a erosão, dependendo do grau com que ocorre (SZYMCZAK et al., 2014). Estes relatos para a cultura de citros podem também ser aplicados na sua integralidade ou parcialmente para a cultura do pêssego e outras frutíferas.

As máquinas agrícolas são, no geral, o fator externo mais impactante em termos de compactação do solo. Diversos autores buscam avaliar os efeitos das máquinas na compactação do solo (MAZURANA et al., 2013), na sua resistência à penetração (FERNANDES et al., 2008) e sistema radicular de plantas (VALADÃO et al., 2015), produtividade de cultivos (VALICHESKI et al., 2012), encontrando, na maioria, impactos negativos. Outro fator importante é a quantidade de água no solo disponível para as plantas. Para que o solo seja capaz de armazenar água é fundamental que esteja em condições físicas para isto, tanto no contexto de qualidade do solo quanto em relação ao uso de água, já que de acordo com Sampaio et al. (2010) a agricultura irrigada faz uso de 69% da água consumida no mundo. Cury; Maria; Bolonhezi (2014) encontraram em seu estudo que a variação na quantidade de raízes da cana-de-açúcar sofreu maior influência da condição hídrica do solo do que do manejo. Isto provavelmente se deve porque diversas variáveis afetam o armazenamento de água no solo, como a densidade (GONZÁLEZ; ALVES, 2005), a porosidade (FIDALSKI et al., 2008) e a condutividade hidráulica do solo saturado (SILVA et al., 2005), por exemplo.

Neste contexto, uma alternativa que evita a compactação e melhora as condições físicas e hídricas das camadas mais superficiais do solo é a adoção da cobertura vegetal no pomar, sendo que, conforme Rufato et al. (2006), esta é uma alternativa ecológica e econômica que possibilita o equilíbrio entre as propriedades que fazem parte do sistema solo-planta. Rufato et al. (2007) encontraram resultados positivos quanto ao desenvolvimento de plantas de pessegueiro com coberturas vegetais. No estudo de Souza et al. (2014a) os valores acumulados de evapotranspiração do cultivo de figueira são menores com cobertura morta do que sem, sendo que houve redução de 96,81mm de lâmina irrigada e aumento na produtividade de figos verdes com a adoção da cobertura.

#### **4.5 Impactos nos solos causados pelo tráfego de máquinas**

As seções em uma propriedade rural que recebem distintos tratamentos como, por exemplo, a presença ou ausência de tráfego de máquinas em

determinados locais, tendem a apresentar diferentes condições físicas e hídricas resultantes destes manejos, que por vezes alteram as propriedades do solo de forma que as culturas encontram limitações ao seu crescimento e desenvolvimento.

Encontra-se na literatura autores que estudam esta possível variabilidade das variáveis de qualidade do solo, como Souza et al. (2014b), que encontraram maiores valores de porosidade total e macroporosidade e menores valores de densidade, resistência a penetração e grau de compactação na linha de plantio de cana-de-açúcar, que foram atribuídos a ausência de tráfego de máquinas neste ponto amostral ou em suas proximidades. Os mesmos autores comentam que as condições do solo são ideais para o crescimento do canavial onde o maquinário não passa, uma vez que não há obstáculos para o desenvolvimento do sistema radicular. Santos et al. (2014) explicam que quando o maquinário percorre os mesmos caminhos no pomar há a ocorrência de “zonas exclusivas” de contato entre o pneu e o solo, com conseqüente geração de heterogeneidade nas propriedades físico-hidráulicas do solo destes locais.

Souza et al. (2014b) não encontraram diferenças significativas para densidade, grau de compactação, porosidade total e macroporosidade entre as camadas de solo avaliadas em seu estudo com cana de açúcar, no entanto, a microporosidade e a resistência a penetração decresceram nas camadas mais profundas dos sistemas de manejo avaliados, e ainda comentam que o aumento na resistência a penetração na superfície reduziu a macroporosidade e aumentou a proporção de microporos.

Santos et al. (2014) encontraram valores de macroporosidade que consideraram como baixos na camada de solo mais superficial avaliada, sendo relacionados com a maior interferência do manejo sofrida neste ponto amostral. Na primeira camada subsuperficial os mesmos autores também encontraram valores baixos de macroporosidade, onde o solo do rodado e da entrelinha mostraram valores menores e próximos ao limitante para o desenvolvimento de raízes e aeração do solo. Também observaram os maiores valores de densidade nas áreas manejadas com grade de disco e roçadeira, especialmente no local de amostragem com tráfego de máquinas.

Gonçalves et al. (2014) encontraram diferenças significativas apenas para a variação do número de passadas do trator na camada mais superficial do solo; com isso notou-se que a densidade do solo, a porosidade, a macro e microporosidade

foram modificadas com o aumento de passadas do trator no solo. Observaram também que o intervalo hídrico ótimo decaiu para valores próximos a zero após 20 passadas de trator. Santos et al. (2014) encontraram que a intensidade do tráfego de máquinas associada com a distribuição de tamanho de partículas dos solos levou a uma baixa taxa de infiltração de água especialmente no rodado e na entrelinha.

Blum et al. (2014) encontraram resultados de porosidade e densidade do solo que demonstram melhores condições físicas na linha de cultivo. Os mesmos autores também encontraram maiores valores de condutividade hidráulica do solo saturado e de permeabilidade do ar nesta posição de amostragem.

## 5 Materiais e Métodos

### 5.1 Área de estudo

A área de estudo se deu dentro dos limites da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas, especificamente na área rural de Pelotas. Foram selecionadas cinco propriedades rurais produtoras de pêssigo com diferentes idades de pomar para a realização deste trabalho – zero (Latitude 31° 34' 11,76" S; Longitude 52° 30' 16,51" W; altitude 171m), variedade sensação e área de aproximadamente 0,7 hectares; dois (Latitude 31° 34' 10,56" S; Longitude 52° 30' 7,25" W; altitude 97m), variedade sensação e área de aproximadamente 0,4 hectares; seis (Latitude 31° 34' 11,43" S; Longitude 52° 30' 15,99" W; altitude 107m), variedade sensação e área de aproximadamente 1,3 hectares; oito (Latitude 31° 34' 13,35" S; Longitude 52° 30' 15,46" W; altitude 79m), variedade esmeralda e área de aproximadamente 2 hectares; e doze (Latitude 31° 34' 13,87" S; Longitude 52° 30' 18,76" W; altitude 127m) anos, variedade precocinho e área de aproximadamente 1,2 hectares. A Figura 1 mostra a localização dos pomares e a figura 2 os pomares.



Figura 1 - Imagem das áreas de pêssigo utilizadas no presente estudo na área rural de Pelotas. Imagem do Google Earth de 21/07/2015. Altitude do ponto de visão: 546m.



Figura 2 – Pomares de pêsego com 0, 2, 6, 8 e 12 anos de idade (imagens de 07/09/2015), e visão parcial dos pomares (imagem de 13/01/2016) utilizados no presente estudo, Pelotas, 2016. Fonte: Luis Eduardo A.S. Suzuki.

Nos pomares com 6 e 8 anos de idade, foi semeada aveia na entrelinha, no período do inverno, até o 4<sup>o</sup> e 6<sup>o</sup> ano de cultivo, respectivamente, enquanto que no pomar com 12 anos de idade esta semeadura ainda é praticada. Já no período do verão há a ocorrência de plantas espontâneas e resquícios do cultivo de inverno. Na implantação do pomar com 0 ano, foi feito o revolvimento do solo com aração e

gradagem e confecção do camaleão na linha de plantio. A altura do camaleão em relação a entrelinha do pomar é em torno de 0,40m. Em todas as áreas foi feito o camaleão na época de implantação do pomar, utilizando o solo da entrelinha de plantio.

Os galhos da poda realizada geralmente uma vez por ano no inverno, em todos os pomares, são destinados na entrelinha com o objetivo de proteger o solo desta posição dos processos erosivos e compactação. O controle de plantas espontâneas é feito com roçadeira acoplada no trator compacto, na entrelinha, e herbicida ou roçadeira manual na linha. Esse controle geralmente é feito próximo do período de colheita. A colheita é feita manualmente e os tratos fitossanitários do pomar são feitos com pulverizador acoplado em um trator compacto.

Não é feito um controle do número de passadas do trator na área, sua frequência de trânsito e umidade do solo nesse momento. O peso do trator compacto, que pode chegar entre duas a três toneladas, pode variar de acordo com a marca e modelo.

## **5.2 Coleta de amostras de solo**

O período de amostragem de solo ocorreu entre os meses de junho e setembro de 2015. Foram coletadas amostras com estrutura preservada e não preservada em todas as propriedades rurais, nas posições linha, entrelinha e rodado. Para um mesmo bloco experimental, a distância de coleta entre a linha, a entrelinha e o rodado se deu em torno de 2 metros. Foram consideradas como “linha” as linhas de plantio do pêssego, como “entrelinha” as entrelinhas das plantas de pêssego e como “rodado” onde se percebeu visualmente na entrelinha as marcas do rodado das máquinas, como mostra a Figura 3. Em cada posição de amostragem amostras foram coletadas nas camadas de 0-0,10m, 0,10-0,20m e 0,20-0,40m. Em cada propriedade rural foram definidos quatro blocos de amostragem, cada um consistindo de uma linha, uma entrelinha e um rodado (Figura 4). Os blocos seguiam a orientação do relevo, com o primeiro bloco estando posicionado na parte mais alta do pomar e o último bloco em uma parte mais baixa, contudo, no mesmo terço do relevo para que fosse reduzida a variabilidade de classes de solos no mesmo pomar.

Na linha de plantio é feito um camaleão com o solo da entrelinha na época de instalação do pomar de pêsego. Dessa forma, a profundidade do solo nas diferentes posições de amostragem pode variar, assim como as características morfológicas em relação ao solo em sua condição original.



Figura 3 - Posições de amostragem no pomar de pêsego, Pelotas, 2016. Fonte: Luis Eduardo A.S. Suzuki.

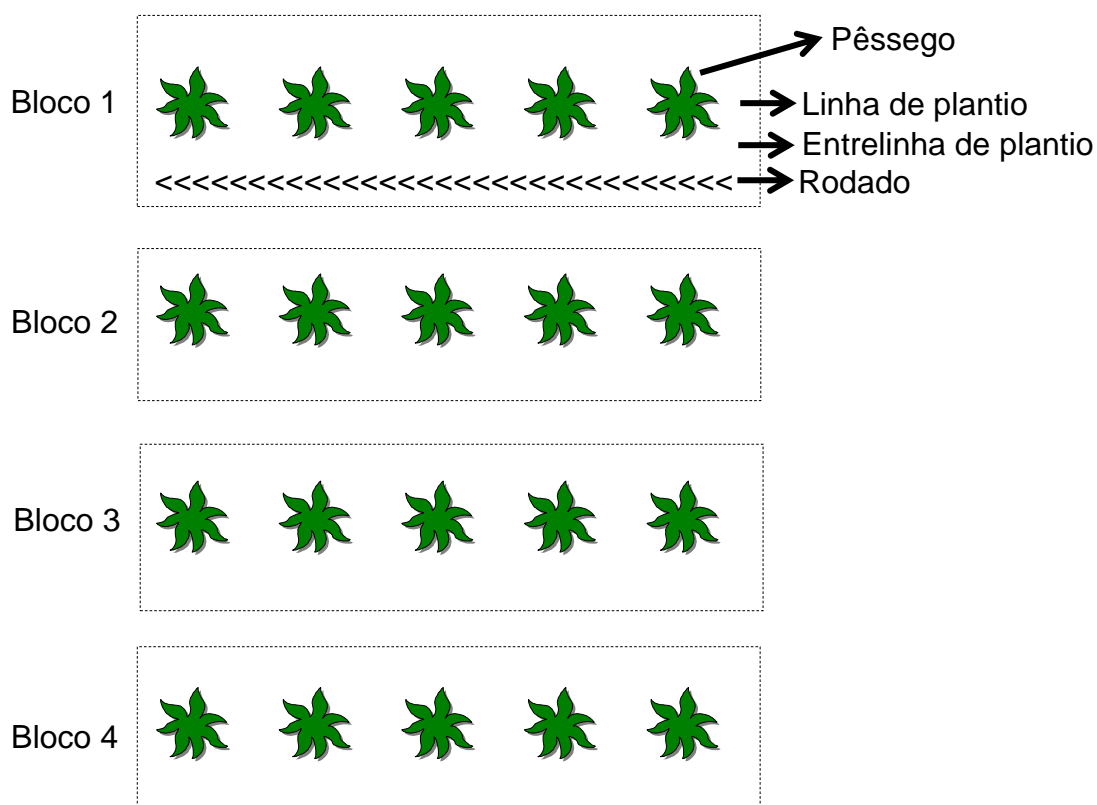


Figura 4 – Croqui exemplificando os blocos de amostragem. Fonte: Luis Eduardo A.S. Suzuki.

As amostras com estrutura não preservada foram coletadas com pá e colher de pedreiro e acondicionadas em sacos plásticos. Já as amostras com estrutura preservada foram coletadas em cilindros de metal com 0,030m de altura e 0,047m de diâmetro, sendo o “toalete” das amostras realizado no campo. Todas as amostras coletadas foram encaminhadas para o Laboratório de Solos e Hidrossedimentologia do curso de Graduação em Engenharia Hídrica/Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Pelotas.

Nas amostras com estrutura não preservada foram avaliadas a distribuição do tamanho de partículas, a argila dispersa em água, a densidade de partículas, a análise visual da estrutura do solo e o ponto de murcha permanente. Nas amostras com estrutura preservada foram determinadas a densidade do solo, a porosidade e a condutividade hidráulica do solo saturado em laboratório. Estas avaliações serão detalhadas a seguir.

### 5.3 Avaliações

#### 5.3.1 Descrição morfológica do solo

A descrição morfológica seguiu metodologia descrita em Santos et al. (2005) e foi feita em dois barrancos de estrada. Um deles era representativo das propriedades rurais com pêssego de 0, 6, 8 e 12 anos, e o outro barranco representativo da área com pêssego de 2 anos (Figura 5).



Figura 5 – Perfil representativo dos pomares de pêssego com 0, 6, 8 e 12 anos de idade (figura a esquerda) e do pomar com 2 anos de idade (figura a direita), Pelotas, 2016. Fonte: Luis Eduardo A.S. Suzuki.



Nestes barrancos coletaram-se amostras com estrutura não preservada para determinação da distribuição do tamanho de partículas, da argila dispersa em água e da densidade de partículas.

Segundo Streck et al. (2008) nesta região predominam os solos Neossolos, Chernossolos, Argissolos, Cambissolos, Plintossolos, Planossolos e Gleissolos.

### **5.3.2 Distribuição do tamanho de partículas, argila dispersa em água, grau de floculação e classe textural**

No laboratório as amostras com estrutura não preservada foram secas ao ar, destorroadas individual e manualmente e passadas em peneira com malha de 2mm. Em seguida as amostras foram encaminhadas para estufa a uma temperatura de 105°C para secagem e realização dos procedimentos para análise.

A análise da distribuição do tamanho de partículas do solo seguiu procedimentos indicados em Suzuki et al. (2015) e o método da pipeta EMBRAPA (1997). O preparo das amostras consistiu das seguintes etapas: 20g de cada amostra de solo previamente preparada foi pesada e juntamente com 10mL de dispersante químico (hidróxido de sódio a 6%), 50mL de água e duas esferas de nylon, foram depositados em vidros tipo “snap cap” com capacidade para 100mL, e deixados em repouso durante uma noite. No dia seguinte as amostras foram colocadas em mesa agitadora pendular para agitação durante 4 horas a 120 RPM (Figura 6).



Figura 6 - Mesa agitadora pendular. Fonte: Mariana Fernandes Ramos.

Após a agitação as amostras foram individualmente passadas para provetas de plástico de 500mL, sendo que o volume destas provetas foi completado com água. Logo após, foi feita manualmente a agitação vertical das amostras na proveta com auxílio de um bastão (agitação de 50 segundos por amostra). Duas provas em branco foram preparadas para cada bateria de análise.

A temperatura das amostras foi medida e o seu tempo de repouso foi calculado de acordo com a Lei de Stokes. Após o tempo de repouso a argila foi coletada com auxílio de pipeta graduada de 50mL e depositada em béqueres de vidro de 100mL. A solução remanescente das provetas foi passada em peneira de 0,0053mm de malha para coleta da areia, sendo que o material retido na peneira foi transferido para latas de alumínio. Os béqueres de vidro com a argila e as latas de alumínio com as areias foram colocados em estufa a temperatura de 105°C durante 48 horas. Após, os béqueres foram pesados, e as areias das latas foram passadas em peneiras com malha de 1,00mm, 0,500mm, 0,250mm e 0,125mm (Figura 7) para separação da areia muito grossa (partícula de diâmetro entre 2 a 1mm), areia grossa (partícula de diâmetro entre 1 a 0,5mm), areia média (partícula de diâmetro entre 0,5 a 0,25mm), areia fina (partícula de diâmetro entre 0,25 a 0,125mm) e areia muito fina (partícula de diâmetro entre 0,125 a 0,053mm).

A partir da diferença entre o somatório das frações areia e argila (partícula de diâmetro menor que 0,002mm), foi calculada a fração silte (partícula de diâmetro entre 0,053 a 0,002mm).



Figura 7 - Peneiras de malha de 1,00mm, 0,500mm, 0,250mm e 0,125mm utilizadas na separação da areia. Fonte: Mariana Fernandes Ramos.

Para determinação da argila dispersa em água seguiu-se o mesmo procedimento e método utilizado para a distribuição do tamanho de partículas, exceto pelo dispersante hidróxido de sódio, que não foi utilizado, e pelos teores de areia e silte que não foram determinados.

A partir dos teores de argila total e argila dispersa em água calculou-se o grau de floculação a partir da equação 1:

$$\text{Grau de floculação (\%)} = \frac{(\text{argila total} - \text{argila dispersa em água}) \times 100}{\text{argila total}} \quad (1)$$

Com os dados de distribuição do tamanho de partículas determinou-se a classe textural pelo triângulo textural disponível em Santos et al. (2005).

### 5.3.3 Densidade de partículas

A densidade de partículas foi determinada pelo método do balão volumétrico, de acordo com EMBRAPA (1997), utilizando as amostras com estrutura não preservada que haviam sido destorroadas e passadas em peneira de 2mm e secas em estufa a uma temperatura de 105°C. Para cada amostra de solo foram pesadas 20g e transferidas para balão volumétrico de 50mL. Em uma bureta de 50mL completou-se com álcool etílico 92,8° para realização dos procedimentos analíticos (Figura 8).



Figura 8 - Determinação da densidade de partículas. Fonte: Mariana Fernandes Ramos.

#### 5.3.4 Ponto de murcha permanente e água disponível

A umidade na tensão de 1.500kPa, referente ao ponto de murcha permanente, foi obtida em um psicrômetro de ponto de orvalho (“dew point potentiometer”) (Decagon, 2000), utilizando as amostras de solo com estrutura não preservada e secas em estufa. A umidade volumétrica foi obtida multiplicando-se a umidade gravimétrica pela densidade do solo.

A umidade volumétrica do solo com estrutura preservada coletado em cilindros, na tensão de 6kPa em mesa de tensão, foi considerada como a “capacidade de campo” e a partir dela calculou-se o que denominaremos de “água disponível”, que é o volume de água entre a capacidade de campo, considerada neste estudo como aquela na tensão de 6kPa, e o “ponto de murcha permanente”, obtido na tensão de 1.500 kPa.

Conceitualmente a água disponível às plantas é aquela que o solo poderia reter ou armazenar entre a “capacidade de campo” e o “ponto de murcha permanente”, pressupondo que a água do solo entre a saturação e a capacidade de campo não é disponível as plantas, infiltrando no solo por ação da gravidade (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006). No entanto, estes mesmos autores chamam a atenção que esta água erroneamente designada de gravitacional muitas vezes é absorvida pelas plantas.

Usualmente, em laboratório a capacidade de campo é considerada a umidade na tensão de 10kPa para solos de textura grosseira, e 33kPa para solos de textura fina (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006). No entanto, optou-se por considerar neste estudo a capacidade de campo obtida na tensão de 6kPa pela seguintes justificativas:

- dificuldades de obtenção das tensões de 10kPa e 33kPa devido a necessidade de equipamentos caros;
- o tempo necessário para o solo atingir as tensões de 10kPa e 33kPa geralmente são superiores em relação a 6kPa;
- parte da água gravitacional também é absorvida pelas plantas, segundo Bernardo; Soares; Mantovani (2006);
- Kiehl (1979) cita que a macroporosidade (porosidade não capilar) é encontrada no solo na capacidade de campo, depois do solo ter sido saturado com água e ter ocorrido a percolação da maior parte da água gravitacional;

- a microporosidade é a porosidade capilar, ou seja, aquela em que a água sofrerá menor percolação por ação gravitacional.

### 5.3.5 Porosidade, densidade e condutividade hidráulica do solo saturado

As amostras com estrutura preservada foram preparadas e saturadas por capilaridade por 48 horas (Figura 9). Em seguida foram pesadas e colocadas na mesa de tensão a 6kPa, onde permaneceram por 48 horas. Este procedimento foi realizado com a finalidade de quantificar a macroporosidade (poros de diâmetro maior que 50 $\mu$ m), a microporosidade (poros de diâmetro menor que 50 $\mu$ m) e a porosidade total, conforme EMBRAPA (1997).



Figura 9 - Amostras preparadas e em estado de saturação por capilaridade para avaliação da condutividade hidráulica do solo saturado. Fonte: Mariana Fernandes Ramos.

Após a determinação da macro, micro e porosidade total foi determinada a condutividade hidráulica do solo saturado nestas mesmas amostras, de acordo com Libardi (2005), e depois foram encaminhadas para a estufa, onde permaneceram por 48 horas a uma temperatura de 105°C, sendo em seguida pesadas a fim de determinar a densidade do solo (BLAKE; HARTGE, 1986).

Para determinação da condutividade hidráulica do solo saturado as amostras de solo foram posicionadas em um permeômetro de carga constante (Figura 10), de acordo com as indicações de Libardi (2005). Antes de iniciar as leituras, as amostras permaneciam por alguns minutos com a água sendo conduzida, a fim de atingir o equilíbrio e a constância. Foram realizadas cinco leituras por amostra e calculada a média destas leituras.



Figura 10 - Permeômetro de carga constante para determinação em laboratório da condutividade hidráulica do solo saturado. Fonte: Luis Eduardo A.S. Suzuki.

Foi utilizada a seguinte equação para cálculo da condutividade hidráulica do solo saturado:

$$KS = \frac{(V \times L)}{(A \times t(h+L))} \quad (2)$$

Onde: KS = condutividade hidráulica do solo saturado, mm h<sup>-1</sup>;

V = volume de água coletado na proveta, mm<sup>3</sup>;

L = comprimento da amostra, mm;

A = área da seção transversal da amostra, mm<sup>2</sup>;

t = tempo de leitura, h;

h = potencial de pressão (carga hidráulica) no topo da amostra, mm.

### 5.3.6 Teor de cascalho

Após as amostras com estrutura preservada que permaneceram na estufa serem pesadas, cada uma foi destorroada e a quantidade de cascalho presente no cilindro foi pesado.

### 5.3.7 Infiltração de água no solo

A análise de infiltração de água no solo foi realizada no campo no momento das coletas de amostras de solo, perfazendo uma análise por ponto de amostragem

em cada bloco. A metodologia utilizada foi a indicada no manual “Soil quality test kit guide” (USDA, 1999). Um cilindro de PVC com 0,15m de altura e 0,15m de diâmetro foi cravado no solo até sua metade, com auxílio de uma marreta (Figura 11). Após ser cravado, o cilindro foi coberto com plástico e 444mL de água eram adicionados sobre o plástico. Em seguida o saco plástico foi retirado e iniciava-se a contagem do tempo de infiltração com um cronômetro. Assim que toda a água era infiltrada no solo o cronômetro foi parado e o tempo anotado.



Figura 11 - Avaliação da infiltração de água no solo. Fonte: Luis Eduardo A.S. Suzuki.

Os resultados obtidos foram classificados de acordo com as classes indicadas no manual, para que os 444mL de água infiltrassem no solo: muito rápido (menor que 3 minutos), rápido (3 a 10 minutos), moderadamente rápido (10 a 30 minutos), moderado (30 a 100 minutos), moderadamente lento (100 a 300 minutos), lento (300 a 1.000 minutos), muito lento (1.000 a 40.000 minutos), impermeável (mais de 40.000 minutos).

#### **5.3.8 Avaliação visual da estrutura do solo (*visual evaluation of soil structure – VESS*)**

Todas as amostras de solo com estrutura não preservada foram avaliadas visualmente quanto a sua estrutura seguindo metodologia proposta por BALL; BATEY; MUNKHOLM (2007).

No laboratório as amostras foram espalhadas em um recipiente plástico a fim de se ter uma visão geral de cada uma, e fatores como tamanho e aparência de agregados, presença de raízes, vegetação e fauna, entre outros, foram anotados e levados em consideração no momento de atribuir notas às amostras. As notas

variam de 1 a 5 (“*Structure quality*” 1 – Sq1 – a “*Structure quality*” 5 – Sq5), onde o valor mais baixo representa um solo com melhor estrutura e o valor mais alto um solo com pior estrutura.

### 5.3.9 Grau de compactação do solo

O grau de compactação do solo (Håkansson, 1990) foi calculado pela seguinte equação:

$$\text{Grau de compactação(\%)} = \frac{\text{Densidade do solo}}{\text{Densidade referência do solo}} \times 100 \quad (3)$$

A densidade referência do solo foi calculada pela equação proposta por Reichert et al. (2009):

$$\text{Densidade referência (Mg m}^{-3}\text{)} = -0,00033 \times \text{argila} + 1,91655 \quad (4)$$

O teor de argila nesta equação é dado em  $\text{g kg}^{-1}$ .

O grau de compactação também foi calculado utilizando a densidade referência correspondente a uma macroporosidade de  $0,10\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ , obtida a partir de uma análise de regressão com todo o conjunto de dados de densidade e macroporosidade.

## 5.4 Análise estatística

A análise estatística constou de análise de variância e teste de médias por Tukey a 5% de significância, considerando o delineamento experimental em blocos casualizados. As causas de variação constaram de posição de amostragem (linha, entrelinha e rodado) e camada de solo (0-0,10m, 0,10-0,20m e 0,20-0,40m).

A análise de correlação de Pearson e análise de regressão também foram realizadas para as seguintes variáveis: densidade do solo, porosidade total, macroporosidade, microporosidade e condutividade hidráulica do solo saturado. Análise de regressão também foi feita entre as variáveis densidade, porosidade e condutividade hidráulica com a infiltração de água.



## 6 Resultados e Discussão

### 6.1 Descrição morfológica

A descrição morfológica dos perfis nos barrancos representativos dos pomares serve como uma referência das características originais do solo dos pomares, já que estes foram alterados para adequação para o plantio dos pêssegos, com a confecção de camaleões nas linhas de plantio utilizando o solo da entrelinha.

Nesse sentido, abaixo encontra-se uma descrição morfológica parcial do perfil representativo dos pomares com 0, 6, 8 e 12 anos de idade, que indicou estrutura colunar de tamanho médio para os dois horizontes avaliados, e consistência quando molhado plástica e ligeiramente pegajosa. Neste perfil havia uma linha de cascalho de aproximadamente um centímetro de espessura separando o horizonte Ap do horizonte A.

Ap 0-0,19 m; preto (10YR 2/1, úmida); franco-arenosa; média colunar; plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

A 0,19-0,42 m; preto (10YR 2/1, úmida); franco-arenosa; média colunar; plástica e ligeiramente pegajosa.

O perfil representativo dos pomares de pêssego com 0, 6, 8 e 12 anos de idade possui uma porcentagem de areia total superior a 50% (Tabela 1) e teor de argila inferior a 20%, com uma classe textural franco-arenosa em todo perfil (Tabela 2).

Tabela 1 - Distribuição do tamanho de areia do barranco de estrada representativo dos pomares de pêssego com 0, 6, 8 e 12 anos de idade, Pelotas, 2016.

Camada, M	Horizonte	Areia					
		Total	Muito grossa	Grossa	Média	Fina	Muito fina
		%					
0-0,19	Ap	53,70	10,38	12,43	10,30	12,26	8,34
0,19-0,42	A	52,15	9,90	11,69	10,01	12,11	8,44

Tabela 2 - Proporção de silte e argila, argila dispersa em água (ADA), grau de flocculação (GF), densidade de partículas (Dp) e classe textural do solo do barranco de estrada representativo dos pomares de pêssigo com 0, 6, 8 e 12 anos de idade, Pelotas, 2016.

Camada, M	Horizonte	%				Dp Mg m <sup>-3</sup>	Classe textural
		Silte	Argila	ADA	GF		
0-0,19	Ap	28,00	18,30	10,50	42,59	2,56	Franco-arenosa
0,19-0,42	A	29,44	18,41	6,89	62,56	2,47	Franco-arenosa

A descrição morfológica parcial do perfil representativo do pomar com 2 anos de idade, indicada abaixo, mostrou diferença principalmente dos dois horizontes superficiais em relação aos demais horizontes. Neste perfil havia presença de cascalho principalmente no horizonte A e B2.

- Ap 0-0,07 m; bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmida); franco-arenosa; blocos subangulares; ligeiramente plástica e não pegajosa; transição abrupta e ondulada.
- A 0,07-0,19 m; bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmida); franco-arenosa; blocos subangulares; não plástica e não pegajosa; transição clara e ondulada.
- B1 0,19-0,29 m; bruno-escuro (7,5YR 3/4, úmida); franco-argilo-arenosa; blocos subangulares; plástica e ligeiramente pegajosa; transição irregular e abrupta.
- B2 0,29-0,70 m+; bruno-forte (7,5YR 4/6, úmida); franco-argilo-arenosa; blocos angulares; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa

O perfil representativo do pomar de pêssigo com 2 anos de idade apresenta teor de areia total superior a 55% (Tabela 3) e teor de argila inferior a 20% (Tabela 4) nas duas camadas superficiais, com classe textural franco-arenosa, de modo semelhante ao perfil anterior. No entanto, este perfil é mais profundo, com dois horizontes subsuperficiais menos arenosos (teor de areia menor que 50%) (Tabela 3) e maior teor de argila (superior a 25%) (Tabela 4), e classe textural franco-argilo-arenosa.

Tabela 3 - Distribuição do tamanho de areia do barranco de estrada representativo do pomar de pêsego com 2 anos de idade, Pelotas, 2016.

Camada, M	Horizonte	Areia					
		Total	Muito grossa	Grossa	Média	Fina	Muito fina
		%					
0-0,07	Ap	55,68	11,20	10,55	8,96	15,81	9,15
0,07-0,19	A	63,38	26,80	8,08	6,30	11,77	10,43
0,19-0,29	B1	49,13	22,41	6,90	4,46	9,05	6,30
0,29-0,70+	B2	46,10	16,85	7,65	5,46	8,94	7,20

Tabela 4 - Proporção de silte e argila, argila dispersa em água (ADA), grau de floculação (GF), densidade de partículas (Dp) e classe textural do solo do barranco de estrada representativo dos pomares de pêsego com 2 anos de idade, Pelotas, 2016.

Camada, M	Horizonte	Silte	Argila	ADA	GF	Dp	Classe textural
		%				Mg m <sup>-3</sup>	
0-0,07	Ap	26,85	17,48	6,59	62,25	2,47	Franco-arenosa
0,07-0,19	A	20,40	16,22	9,92	39,09	2,67	Franco-arenosa
0,19-0,29	B1	17,98	32,90	22,06	32,92	2,57	Franco-argilo-arenosa
0,29-0,70+	B2	28,10	25,80	0,25	99,04	2,56	Franco-argilo-arenosa

Segundo Streck et al. (2008) nesta região predominam os solos Neossolos, Chernossolos, Argissolos, Cambissolos, Plintossolos, Planossolos e Gleissolos. Não foi feita a classificação dos solos do presente estudo, porém, o primeiro perfil pode ser representativo de um Cambissolo, enquanto o segundo perfil pode ser representativo de um Argissolo.

## 6.2 Correlação e regressão entre variáveis físicas e hídricas

O propósito da análise de correlação é medir e interpretar a força da relação linear ou não linear entre duas variáveis contínuas, enquanto que o objetivo da regressão simples é avaliar o impacto relativo de uma variável preditora em um determinado resultado (ZOU; TUNCALI; SILVERMAN, 2003). Os mesmos autores também comentam sobre o coeficiente de correlação de Pearson, explicando que este mede a relação linear entre duas variáveis.

Todas as correlações entre as variáveis físicas e hídricas foram significativas a 1% de probabilidade, com exceção da relação entre densidade do solo e microporosidade, que se mostrou não significativa a 5% (Tabela 5).

Tabela 5 - Coeficiente de correlação de Pearson e significância para as variáveis físicas e hídricas do solo, considerando todo o conjunto de dados dos pomares de pêssego, Pelotas, 2016.

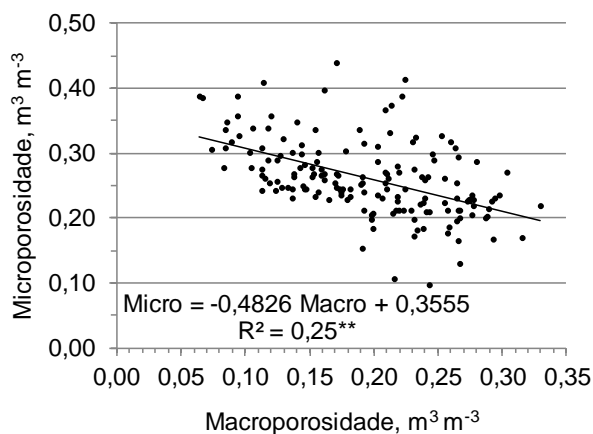
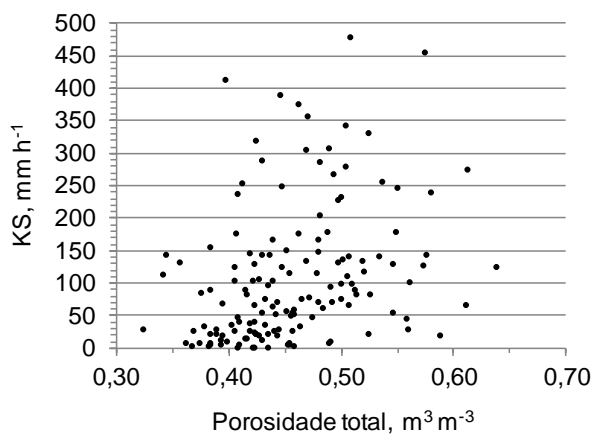
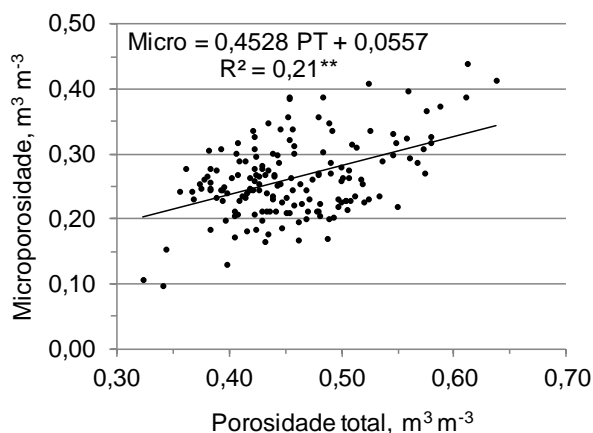
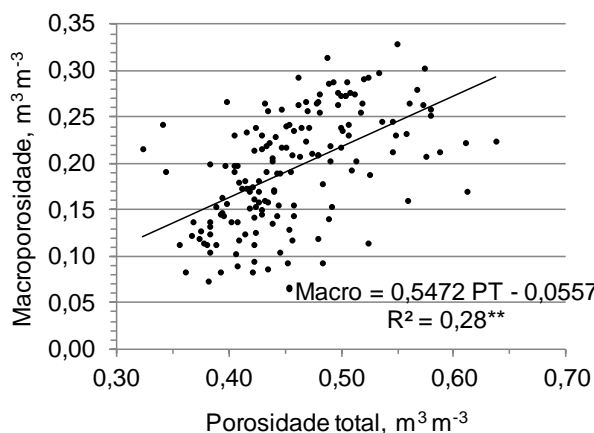
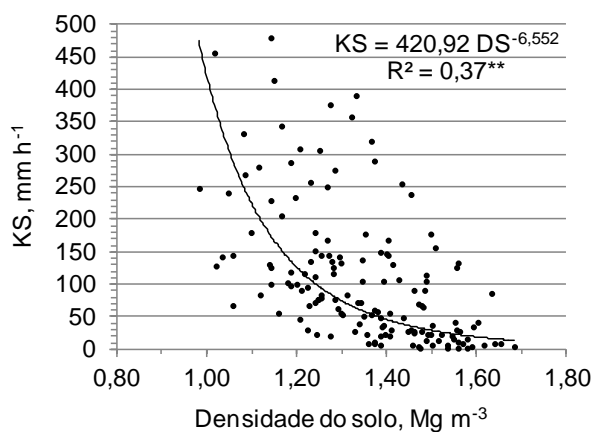
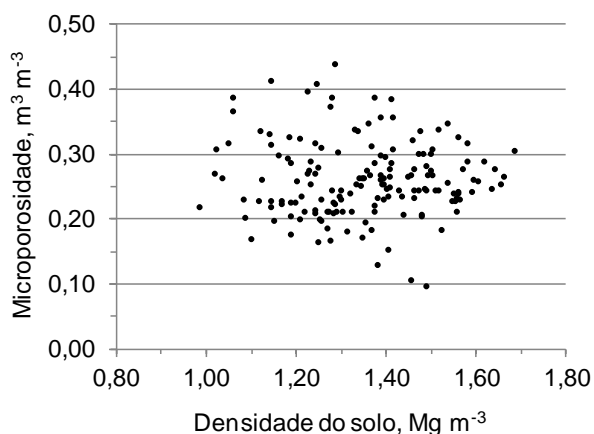
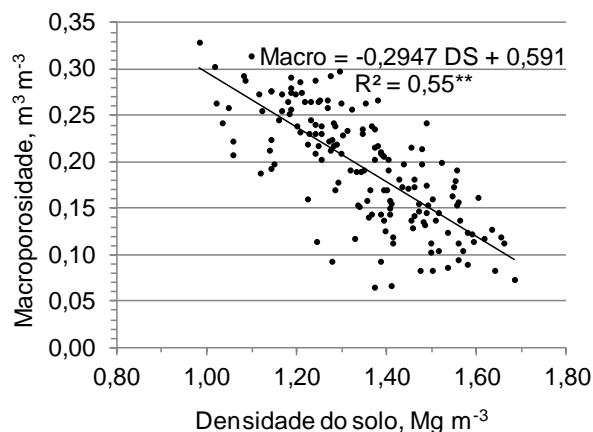
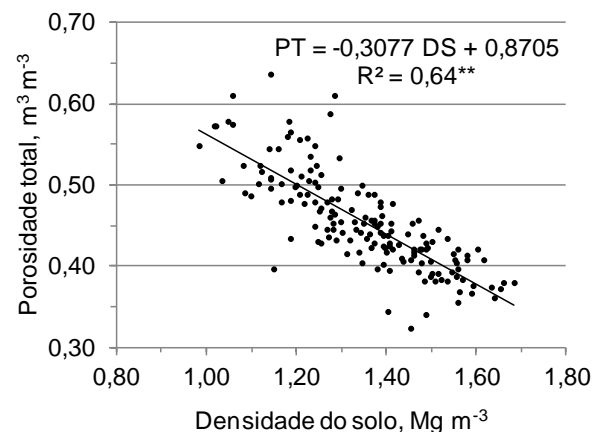
Variáveis	PT	Macro	Micro	KS
DS	-0,80**	-0,74**	-0,03ns	-0,55**
PT		0,53**	0,46**	0,32**
Macro			-0,50**	0,61**
Micro				-0,31**

ns: não significativo a 5% de probabilidade; \*\* significativo a 1% de probabilidade. DS: densidade do solo; PT: porosidade total; Macro: macroporosidade; Micro: microporosidade; KS: condutividade hidráulica do solo saturado.

A direção e força da correlação entre as associações, baseado no coeficiente de correlação (ZOU; TUNCALI; SILVERMAN, 2003) foram: porosidade total e macroporosidade (moderadamente positiva), porosidade total e microporosidade (fracamente positiva), porosidade total e condutividade hidráulica (fracamente positiva), e macroporosidade e condutividade hidráulica (moderadamente positiva), enquanto que densidade do solo e porosidade total (fortemente negativa), densidade e macroporosidade (fortemente negativa), densidade do solo e microporosidade (sem associação), densidade e condutividade hidráulica (moderadamente negativa), macroporosidade e microporosidade (moderadamente negativa), e microporosidade e condutividade hidráulica (fracamente negativa). A Figura 12 exibe a análise de regressão, considerada a representação gráfica das correlações.

A porosidade total e a densidade do solo apresentaram relação inversamente proporcional, sendo que a macroporosidade é a parcela porosa que mais contribuiu com este resultado, uma vez que possui associação fortemente negativa com a densidade. Quanto mais compacto o solo menor será o espaço poroso, principalmente de macroporos.

Considerando o valor de macroporosidade de  $0,10\text{m}^3\text{ m}^{-3}$  como crítico para o crescimento de plantas (VOMOCIL; FLOCKER, 1966) e a equação apresentada na análise de regressão entre densidade e macroporosidade, têm-se para este estudo que valores de densidade do solo iguais ou maiores que  $1,67\text{Mg m}^{-3}$  representam riscos ao desenvolvimento de culturas considerando a aeração do solo, devendo ser evitados.



continua...

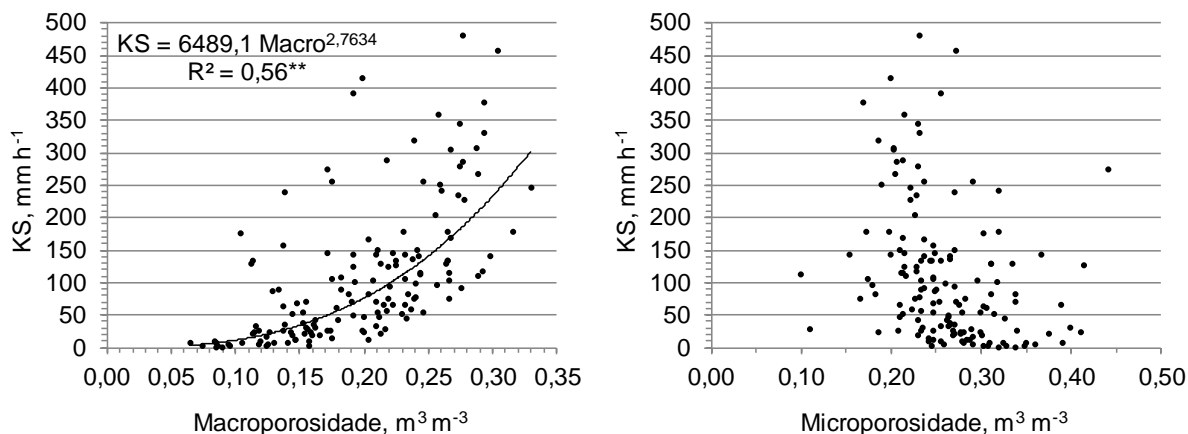


Figura 12 - Regressão e significância para as variáveis físicas e hídricas do solo, considerando todo o conjunto de dados dos pomares de pêsego, Pelotas, 2016. \*\*significativo a 1% de probabilidade.

A microporosidade não apresentou relação matemática com a densidade, dessa forma, o acréscimo gradual de densidade possivelmente não foi o suficiente para afetar a microporosidade de forma significativa. No estudo de Streck et al. (2004) o aumento da compactação fez diminuir a porosidade total e a macroporosidade, porém os valores de microporosidade não aumentaram. Já Silva; Barros; Costa (2006) encontraram em seu estudo um decréscimo da porosidade total ocasionado pela compactação, onde os valores de macroporosidade sofreram redução enquanto que os de microporosidade aumentaram, constatando também que a compactação modificou o espaço poroso, transformando macroporos em microporos, uma vez que a macroporosidade apresentou correlação significativa e negativa com a densidade e microporosidade..

No presente estudo houve correlação entre macroporosidade e microporosidade, considerando todo o conjunto de dados dos pomares de pêsego, porém, possivelmente de forma menos impactante do que no estudo de Silva; Barros; Costa (2006) já que a correlação entre densidade e microporosidade não foi significativa.

A condutividade hidráulica do solo saturado foi impactada significativamente pelo acréscimo da densidade, sofrendo diminuição dos seus valores. Com o aumento da densidade do solo a água tem maior dificuldade de ser conduzida ao longo do perfil principalmente devido à redução da macroporosidade. Isto se evidencia pela regressão e correlação significativa e positiva que a condutividade apresentou com a macroporosidade. Marsili et al. (1998) também encontraram este tipo de correlação entre condutividade hidráulica do solo saturado e

macroporosidade e chamaram a atenção para a importância da macroporosidade, mas mais precisamente de poros alongados e contínuos até a superfície.

Tanto a macro quanto a microporosidade têm correlação significativa e positiva com a porosidade total, sendo que a primeira tem maior participação (porosidade total e macroporosidade: correlação moderadamente positiva; porosidade total e microporosidade: correlação fracamente positiva), porém, entre si, macro e microporosidade exibem correlação significativa e negativa, ou seja, têm relação inversamente proporcional. Isto também reflete na associação entre condutividade hidráulica do solo saturado, porosidade total, macro e microporosidade. Como foi possível observar, a condutividade tem correlação significativa e positiva com a macroporosidade. De acordo com Vezzani (2015) os macroporos são os responsáveis por drenar a água e pela aeração do solo, logo, uma relação de direta proporcionalidade era esperada e é amplamente confirmada na literatura para condutividade hidráulica do solo saturado, como nos estudos de Mesquita; Moraes (2004), Ribeiro et al. (2007) e Silva; Barros; Costa (2006), por exemplo.

Os microporos, por sua vez, são responsáveis pela retenção de água no solo (VEZZANI, 2015), então, quanto maior sua proporção no espaço poroso menor o fluxo de água e conseqüentemente menor a condutividade hidráulica do solo saturado. Estas informações vão ao encontro das relações obtidas entre condutividade e microporosidade, e macro e microporosidade, pois para estas duas associações houve correlação significativa negativa.

### **6.3 Infiltração de água no solo e relações com variáveis físicas e hídrica**

O objetivo de fazer a relação entre o tempo para infiltrar os 444mL de água, de acordo com metodologia indicada no “Soil Quality Test Kit Guide” (USDA, 1999), e as variáveis físicas e hídrica do solo, foi procurar entender as variáveis que podem influenciar a infiltração de água de acordo com esta metodologia.

Houve uma relação matemática em potência entre as variáveis densidade do solo, porosidade total e macroporosidade com o tempo de infiltração de água, enquanto que quanto maior a densidade, maior é o tempo para infiltrar os 444mL de água (Figura 13). Estas associações eram esperadas, uma vez que o aumento na

densidade afetou negativamente a porosidade total, principalmente a macroporosidade, que são os poros responsáveis pela infiltração de água.

O mesmo vale para a condutividade hidráulica do solo saturado, que também é regida principalmente pelos macroporos e, com isso, apresentou relação matemática em potência com o tempo de infiltração.

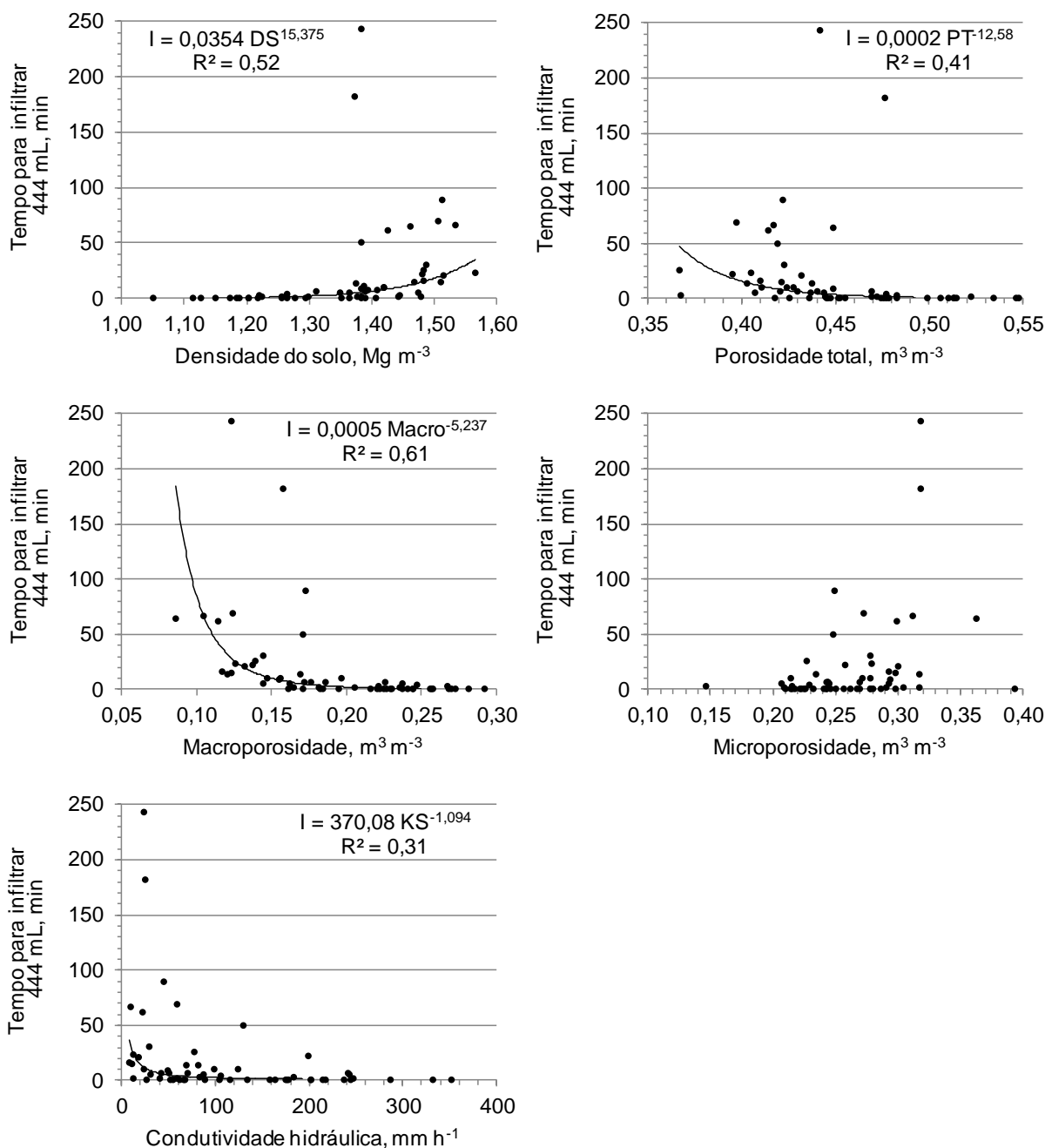


Figura 13 - Relação entre o tempo para infiltrar 444 mL de água no solo, de acordo com metodologia indicada no “Soil Quality Test Kit Guide” (USDA, 1999), e variáveis físicas e hídrica do solo em pomares de pêsego, Pelotas, 2016.



## 6.4 Características físicas e hídricas dos pomares de pêssego

### 6.4.1 Pêssego – 0 ano de idade

Todas as posições e camadas de amostragem apresentaram no mínimo 63% de areia total (Tabela 6), e menos de 14% de argila (

Tabela 7), resultando na classe textural franco-arenosa. A classe textural foi a mesma do perfil descrito no barranco representativo deste pomar de pêssego. Em termos de distribuição do tamanho de partículas, tanto as camadas quanto as posições de amostragem apresentaram valores muito próximos.

Tabela 6 - Distribuição do tamanho de areia do pomar de pêssego com 0 ano de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016.

Camada, M	Areia					
	Total	Muito grossa	Grossa	Média	Fina	Muito fina
	%					
	Linha					
0-0,10	63,34	11,99	11,44	11,79	16,83	11,30
0,10-0,20	64,10	13,16	11,74	11,31	17,58	10,31
0,20-0,40	63,71	12,41	11,55	11,56	17,70	10,49
	Entrelinha					
0-0,10	65,48	13,78	11,36	11,70	18,99	9,65
0,10-0,20	65,83	14,21	12,36	11,80	17,10	10,35
0,20-0,40	63,45	12,05	11,35	11,94	17,04	11,08
	Rodado					
0-0,10	66,53	15,75	11,46	14,83	14,31	10,18
0,10-0,20	64,93	13,29	11,84	12,25	16,50	11,05
0,20-0,40	65,09	13,74	11,59	11,34	16,08	12,35
D <sub>Pad</sub> , %	2,92	2,98	0,73	2,14	2,40	1,52
CV, %	4,52	22,29	6,26	17,79	14,22	14,21

D<sub>Pad</sub>: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

Em relação a argila total, a argila dispersa em água representa quase 50% desta fração, e isso influencia no grau de floculação e na suscetibilidade do solo à erosão. De acordo com Igwe; Udegbumam (2009), a erosão do solo tem sido

diretamente relacionada com a proporção de argila dispersa em água. A argila é um dos principais agentes de ligação na agregação do solo (BRONICK; LAL, 2005), então quanto maior o valor de argila dispersa em água maior é a possibilidade de ocorrer erosão hídrica, principalmente nas camadas mais superficiais do solo que estão mais suscetíveis aos efeitos do impacto da gota d'água e escoamento superficial. A argila dispersa em água pode diminuir a taxa de infiltração e favorecer o escoamento superficial ao obstruir os poros do solo (LUNARDI NETO et al., 2008).

Tabela 7 - Proporção de cascalho, silte e argila, densidade de partículas e classe textural do solo de um pomar de pêsego com 0 ano de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016.

Camada, m	Cascalho	Silte	Argila	ADA	Dp	Classe textural
					Mg m <sup>-3</sup>	
Linha						
0-0,10	0,00	23,58	13,08	8,94	2,56	Franco-arenosa
0,10-0,20	0,00	23,60	12,30	8,42	2,52	Franco-arenosa
0,20-0,40	0,00	23,72	12,57	8,92	2,54	Franco-arenosa
Entrelinha						
0-0,10	0,00	21,92	12,60	7,47	2,54	Franco-arenosa
0,10-0,20	0,00	22,97	11,20	7,28	2,55	Franco-arenosa
0,20-0,40	0,00	23,68	12,88	8,58	2,57	Franco-arenosa
Rodado						
0-0,10	0,00	20,24	13,24	7,45	2,58	Franco-arenosa
0,10-0,20	0,00	21,60	13,48	7,28	2,57	Franco-arenosa
0,20-0,40	0,00	21,15	13,76	8,01	2,52	Franco-arenosa
DPad, %	0,00	2,17	1,52	1,57	0,04	
CV, %	-	9,66	11,92	19,51	1,51	

ADA: argila dispersa em água; Dp: densidade de partículas; DPad: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

No estudo de Spera et al. (2008) o teor de argila dispersa em água e o grau de floculação apresentaram relação inversamente proporcional, o que ocorreu para apenas algumas posições e camadas de amostragem do pomar de pêsego com 0 ano, como na camada de 0,20-0,40m da entrelinha e todas as camadas do rodado.

Os valores de argila dispersa em água são relativamente altos quando comparados aos de outros autores (PARADELO; VAN OORT; CHENU, 2013; WOHLBERG et al., 2004), muito mais baixos quando comparados aos de Eltz;

Mehl; Reichert (2001), e se assemelham aos encontrados por Nascimento et al. (2005) para um solo com mesma classe textural. Estes valores de argila dispersa em água junto com o baixo teor de argila total podem indicar maior suscetibilidade do solo à erosão hídrica, entupimento dos poros superficiais e agregados mais facilmente desestabilizados pela água.

A posição de amostragem foi significativa a 5 e 1% de probabilidade para todas as variáveis físicas e hídricas avaliadas, enquanto que a camada do solo foi significativa apenas para densidade e grau de compactação (Tabela 8). O coeficiente de variação foi classificado conforme Pimentel-Gomes (1985), e foi considerado baixo para densidade, porosidade total e grau de compactação, médio para macroporosidade e grau de flocculação, alto para microporosidade e água disponível, e muito alto apenas para condutividade hidráulica. Grego; Vieira (2005) e Souza; Queiroz; Gheyi (1999) também encontraram valores altos de coeficiente de variação para água disponível, enquanto valores muito altos foram verificados por Souza; Souza; Ledo (2004), em pomar de citros. Era esperado um coeficiente de variação muito alto para a condutividade hidráulica, pois alguns autores (GOMES et al., 2007; MESQUITA; MORAES, 2004; USDA, 1999) já comentaram a respeito da alta variabilidade desta variável. O coeficiente de variação encontrado para a condutividade é semelhante aos encontrados por Souza et al. (2006). Mesquita; Moraes; Corrente (2003) encontraram em seu estudo um coeficiente de variação para a condutividade de 75% e afirmaram que este coeficiente é um dos indicativos de grande variabilidade desta propriedade. De acordo com USDA (1993), os valores de condutividade medidos em amostras de solo coletadas a centímetros de distância uma da outra podem variar em dez vezes ou mais.

Tabela 8 - Análise de variância e coeficiente de variação (CV) para as variáveis físicas e hídricas do pomar de pêssigo com 0 ano de idade para posição de amostragem (linha, entrelinha, rodado) e camada do solo (0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40m), Pelotas, 2016.

Causa de variação	DS	PT	Macro	Micro	GC	GC <sup>1</sup>	GF	KS	AD
Posição	**	**	**	*	**	**	**	*	**
Camada	*	ns	ns	ns	**	**	ns	ns	ns
Posição x Camada	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV, %	4,92	9,42	14,58	25,20	4,97	4,98	12,88	58,22	29,36

ns: não significativo a 5%; \* significativo a 5% de probabilidade; \*\* significativo a 1% de probabilidade. DS: densidade do solo; PT: porosidade total; Macro: macroporosidade; Micro: microporosidade; GC: grau de compactação; GC<sup>1</sup>: grau de compactação calculado considerando a densidade referência

(DSref) de  $1,67\text{Mg m}^{-3}$ , valor de densidade correspondente a uma macroporosidade de  $0,10\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ; GF: grau de flocculação; KS: condutividade hidráulica do solo saturado; AD: água disponível.

O maior valor médio de densidade do solo e grau de compactação foi encontrado na posição rodado, o que pode ser explicado pelo tráfego de máquinas neste local, enquanto que o menor valor foi exibido na posição linha, possivelmente porque o camaleão havia sido confeccionado há pouco tempo e o solo ainda não estava consolidado, ou seja, o solo havia sido revolvido recentemente para plantio das mudas de pêssigo (Tabela 9). O inverso foi observado para a porosidade total e macroporosidade, o que está de acordo com as análises de correlação e regressão. A camada de 0,20-0,40m apresentou a maior densidade e diferiu significativamente das camadas superiores, possivelmente devido a ação de raízes e organismos na superfície do solo, que favorecem a melhor estruturação do solo. A maior densidade do solo provoca um estresse às raízes devido ao aumento da resistência do solo a penetração (FIDALSKI; TORMENA; da SILVA, 2007), contudo, a ação das raízes melhora a estrutura do solo na linha (CORRECHEL; SILVA; TORMENA, 1999).

Todos os valores de densidade estão abaixo do considerado limitante pela USDA (1999) para solos franco arenosos, de  $1,60\text{Mg m}^{-3}$ , assim como ficaram abaixo do valor de  $1,67\text{Mg m}^{-3}$  correspondente a uma macroporosidade de  $0,10\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ , conforme obtido no presente estudo a partir da análise de regressão entre estas duas variáveis. A macroporosidade ficou acima de  $0,10\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ , valor considerado crítico para o crescimento de plantas (VOMOCIL; FLOCKER, 1966). Os valores de grau de compactação ficaram abaixo de 89%, valor no qual Suzuki; Reichert; Reinert (2013) verificaram confinamento das raízes de soja até 0,10m de profundidade, assim como abaixo de 82%, valor no qual estes mesmos autores verificaram a maior produtividade de soja em Argissolos.

Segundo Betioli Júnior et al. (2012), o grau de compactação vem sendo utilizado como alternativa para tentar solucionar o problema de comparação de densidades entre solos com diferentes teores de matéria orgânica e características texturais e mineralógicas. Suzuki; Reichert; Reinert (2013) verificaram que o grau de compactação é independente da textura e é associado com alterações em variáveis físicas do solo, tendo uso potencial em estudos sobre respostas das culturas a estrutura do solo e compactação. Lipiec et al. (1991) encontraram em seu estudo que a produção de grãos de cevada decaiu rapidamente quando o grau de compactação excedeu 88%. Já para a cultura da soja, Suzuki et al. (2007)

consideraram um valor de grau de compactação de 86% como ótimo, enquanto Oliveira et al. (2016) encontraram que o crescimento e desenvolvimento da mesma cultura foram favorecidos em uma faixa de grau de compactação de 80 a 85%, independente da textura do solo (sendo que quatro texturas foram avaliadas).

Tabela 9 - Teste de médias para as variáveis físicas e hídricas do pomar de pêssego com 0 ano de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016.

Camada, m	Posição de amostragem			Média
	Linha	Entrelinha	Rodado	
Densidade do solo, Mg m <sup>-3</sup>				
0-0,10	1,05	1,23	1,30	1,19 B
0,10-0,20	1,12	1,28	1,35	1,25 B
0,20-0,40	1,20	1,33	1,42	1,32 A
Média	1,12 c	1,28 b	1,36 a	
Porosidade total, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>				
0-0,10	0,593	0,492	0,494	0,526 A
0,10-0,20	0,538	0,504	0,416	0,486 A
0,20-0,40	0,548	0,485	0,408	0,481 A
Média	0,560 a	0,494 b	0,439 c	
Macroporosidade, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>				
0-0,10	0,259	0,236	0,216	0,237 A
0,10-0,20	0,276	0,194	0,203	0,224 A
0,20-0,40	0,231	0,215	0,212	0,219 A
Média	0,255 a	0,215 b	0,210 b	
Microporosidade, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>				
0-0,10	0,333	0,256	0,278	0,289 A
0,10-0,20	0,262	0,310	0,213	0,262 A
0,20-0,40	0,318	0,269	0,196	0,261 A
Média	0,304 a	0,278 ab	0,229 b	
Grau de compactação, %				
0-0,10	56,07	65,55	69,57	63,73 C
0,10-0,20	59,55	68,16	72,06	66,59 B
0,20-0,40	64,19	71,06	75,81	70,35 A
Média	59,94 c	68,26 b	72,48 a	
Grau de compactação-DSref = 1,67Mg m <sup>-3</sup> , %				
0-0,10	62,90	73,59	78,02	71,50 B
0,10-0,20	66,89	76,71	80,78	74,80 B
0,20-0,40	72,07	79,74	84,94	78,92 A
Média	67,29 c	76,68 b	81,25 a	
Grau de flocculação, %				
0-0,10	31,95	40,98	44,04	38,99 A
0,10-0,20	31,84	35,05	46,41	37,77 A
0,20-0,40	29,46	33,52	42,51	35,16 A
Média	31,08c	36,52 b	44,32 a	
Condutividade hidráulica do solo saturado, mm h <sup>-1</sup>				
0-0,10	142,71	66,23	123,53	110,82 A
0,10-0,20	300,58	95,77	66,60	154,32 A
0,20-0,40	148,86	143,25	128,41	140,17 A
Média	197,38 a	101,75 b	106,18 b	
Água disponível, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>				
0-0,10	0,182	0,139	0,111	0,144 A
0,10-0,20	0,202	0,104	0,072	0,126 A
0,20-0,40	0,132	0,109	0,087	0,109 A

Média	0,172 a	0,118 b	0,090 b
-------	---------	---------	---------

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha para cada variável, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O grau de flocculação é menor na linha e vai aumentando progressivamente até o rodado, que exhibe os maiores valores. Seria ideal que a linha também apresentasse maiores valores de grau de flocculação, já que esta variável reflete na agregação do solo (VICENTE et al., 2012), e conseqüentemente em sua qualidade estrutural e suscetibilidade à erosão e compactação. A condutividade hidráulica do solo saturado foi elevada em todas as posições de amostragem, sendo significativamente maior na linha em relação a entrelinha e rodado. Assim como o revolvimento do solo para instalação do pomar influenciou a densidade e porosidade, a condutividade hidráulica também foi afetada. Como a condutividade hidráulica e a macroporosidade são oriundas do mesmo espaço poroso espera-se que exista uma correlação entre elas (MESQUITA; MORAES, 2004), no entanto se houver um “megaporo” em uma amostra a macroporosidade não será muito afetada, enquanto que afetará muito a condutividade (MESQUITA; MORAES, 2004).

A linha apresentou o maior volume médio de água disponível, diferindo das demais posições de amostragem, que vai ao encontro dos valores de microporosidade, responsáveis pela retenção de água no solo. Todos os valores encontrados na entrelinha e rodado ficaram fora da faixa de capacidade ideal de armazenamento de água no solo (0,15 a 0,20m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>) proposto por Reynolds et al. (2002), indicando ser as posições de coleta com maior restrição hídrica as plantas. Embora estas posições sejam críticas em termos de armazenamento de água, cabe salientar que as raízes do pêssigo tendem a se concentrar na linha de plantio, onde são feitos os camaleões.

A infiltração de água foi muito rápida para o solo da linha e entrelinha, diferindo apenas o Bloco 3 do solo da entrelinha que foi rápida, enquanto que a infiltração na posição rodado variou demoderadamente lento, rápido e muito rápido (Tabela 10). A infiltração rápida e muito rápida no solo do rodado pode ser explicada pela pouca idade do pomar e ainda pouco tráfego de máquinas. Observou-se alguma variação nas classes de infiltração entre os blocos para a mesma posição de amostragem, isso pode ser devido a variabilidade do solo na área até mesmo para uma mesma posição de amostragem.

Tabela 10 - Classes de infiltração (Soil Quality Test Kit Guide) de acordo com a posição de amostragem em um pomar de pêssogo com 0 ano de idade, Pelotas, 2016.

Posição	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4
Linha	Muito rápido	Muito rápido	Muito rápido	Muito rápido
Entrelinha	Muito rápido	Muito rápido	Rápido	Muito rápido
Rodado	Moderadamente lento	Rápido	Muito rápido	Muito rápido

A análise visual da estrutura do solo indicou valores variando de Sq1 a Sq3 para o solo da linha, Sq2 a Sq4 para a entrelinha e Sq2 a Sq5 para o rodado (Tabela 11). De acordo com BALL; BATEY; MUNKHOLM (2007), valores Sq1 a Sq3 são aceitáveis, enquanto valores Sq4 e Sq5 requerem mudança do manejo.

Tabela 11 - Valores de "structure quality (Sq)" para as amostras de solo com estrutura não preservada de 0 ano de cultivo, Pelotas, 2016.

Camada (m)	Posição	Bloco	Sq
0-0,10	Linha	1	2
0-0,10	Linha	2	3
0-0,10	Linha	3	2
0-0,10	Linha	4	1
0,10-0,20	Linha	1	2
0,10-0,20	Linha	2	2
0,10-0,20	Linha	3	3
0,10-0,20	Linha	4	2
0,20-0,40	Linha	1	2
0,20-0,40	Linha	2	3
0,20-0,40	Linha	3	2
0,20-0,40	Linha	4	2
0-0,10	Entrelinha	1	3
0-0,10	Entrelinha	2	2
0-0,10	Entrelinha	3	2
0-0,10	Entrelinha	4	2
0,10-0,20	Entrelinha	1	3
0,10-0,20	Entrelinha	2	3
0,10-0,20	Entrelinha	3	2
0,10-0,20	Entrelinha	4	2
0,20-0,40	Entrelinha	1	3
0,20-0,40	Entrelinha	2	4
0,20-0,40	Entrelinha	3	3
0,20-0,40	Entrelinha	4	4
0-0,10	Rodado	1	3
0-0,10	Rodado	2	2

continua...

0-0,10	Rodado	3	2
0-0,10	Rodado	4	3
0,10-0,20	Rodado	1	4
0,10-0,20	Rodado	2	2
0,10-0,20	Rodado	3	2
0,10-0,20	Rodado	4	2
0,20-0,40	Rodado	1	5
0,20-0,40	Rodado	2	3
0,20-0,40	Rodado	3	3
0,20-0,40	Rodado	4	1

Apesar da posição de amostragem rodado apresentar piores condições físicas e hídricas em relação a linha e entrelinha, convergindo para o verificado na análise visual, seus valores de densidade e macroporosidade não foram considerados limitantes para o crescimento das plantas.

#### 6.4.2 Pêssego – 2 anos de idade

A linha é a posição de coleta com maior porcentagem de areia total (Tabela 12), seguida da posição entrelinha e do rodado, o que influenciou na classificação textural das mesmas, resultando em uma classe mais arenosa para o solo da linha, semelhante ao perfil do barranco em sua condição original, havendo incremento gradual de argila na entrelinha e no rodado (Tabela 13). Chama a atenção o fato das posições entrelinha e rodado apresentarem uma classe textural diferente da linha. Isso pode ter ocorrido pois o horizonte A da entrelinha pode ter sido utilizado na confecção do camaleão na linha de plantio, permanecendo a entrelinha no horizonte B.

Na camada superficial o teor de argila dispersa em água foi praticamente 50% do teor de argila total, contudo, para a camada de 0,20-0,40m da posição entrelinha e rodado essa diferença foi maior.

A interação entre posição de amostragem e camada de solo foi significativa para as variáveis densidade, microporosidade e grau de flocculação, enquanto para as variáveis macroporosidade e água disponível foi significativa a posição de amostragem e camada de solo (

Tabela 14). O coeficiente de variação foi considerado baixo para densidade, porosidade total e grau de compactação, médio para microporosidade, alto para



macroporosidade, grau de flocculação e água disponível, e muito alto para condutividade hidráulica (PIMENTEL-GOMES, 1985).

Tabela 12 - Distribuição do tamanho de areia do pomar de pêsegueo com 2 anos de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016.

Camada, m	Areia					
	Total	Muito grossa	Grossa	Média	Fina	Muito fina
	%					
	Linha					
0-0,10	63,48	21,33	9,21	8,13	15,31	9,50
0,10-0,20	61,99	18,16	8,78	8,11	16,70	10,24
0,20-0,40	63,71	19,29	9,21	8,68	16,19	10,35
	Entrelinha					
0-0,10	60,09	19,23	8,35	8,66	16,34	7,51
0,10-0,20	61,24	21,09	7,59	7,55	16,50	8,51
0,20-0,40	40,34	12,39	5,56	5,21	10,03	7,15
	Rodado					
0-0,10	56,99	15,08	8,30	10,88	15,09	7,65
0,10-0,20	44,80	13,76	6,35	6,85	10,01	7,83
0,20-0,40	27,98	8,90	3,93	3,85	5,90	5,40
D <sub>Pad</sub> , %	12,95	5,66	2,02	2,73	5,38	2,00
CV, %	23,92	33,72	26,65	35,74	39,01	24,08

D<sub>Pad</sub>: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

Apenas a camada de 0-0,10m apresentou diferença significativa para a densidade, sendo na posição linha o menor valor e no rodado o maior (Tabela 15). Todos os valores de densidade estão abaixo do considerado limitante pela USDA (1999), e pelo presente estudo com base na macroporosidade ( $1,67\text{Mg m}^{-3}$ ). As diferenças nos valores de densidade, embora não significativas em algumas situações, podem estar relacionadas às diferenças de classe textural, pois, de acordo com USDA (1993), solos arenosos normalmente têm densidades maiores que solos argilosos.

Os menores valores de densidade e maiores de macroporosidade na linha eram esperados por causa da confecção do camaleão e da ação das raízes do pessegueiro, que auxiliam na manutenção da porosidade, principalmente da macroporosidade. De acordo com Beulter; Centurion (2004) a melhor distribuição

das raízes em solo solto está ligada ao menor impedimento mecânico e maior porosidade.

O solo da linha apresentou maior macroporosidade e água disponível, e menor grau de compactação, diferindo estatisticamente do solo da entrelinha e rodado, que não diferiram entre si. Em profundidade a macroporosidade diminuiu e diferiu significativamente.

Tabela 13 - Proporção de cascalho, silte e argila, densidade de partículas e classe textural do solo de um pomar de pêssigo com 2 anos de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016.

Camada, m	Cascalho	Silte	Argila	ADA	Dp	Classe textural
Linha						
0-0,10	24,07	19,49	17,03	9,03	2,53	Franco-arenosa
0,10-0,20	26,63	20,21	17,80	9,46	2,55	Franco-arenosa
0,20-0,40	21,66	19,28	17,01	10,66	2,55	Franco-arenosa
Entrelinha						
0-0,10	24,31	18,78	21,13	8,58	2,44	Franco-argilo-arenosa
0,10-0,20	21,38	17,16	21,61	13,37	2,57	Franco-argilo-arenosa
0,20-0,40	23,51	15,92	43,74	7,80	2,54	Argilo-arenosa
Rodado						
0-0,10	23,73	18,68	24,33	13,07	2,51	Franco-argilo-arenosa
0,10-0,20	20,39	14,98	40,22	10,33	2,52	Argilo-arenosa
0,20-0,40	26,41	16,65	55,36	12,62	2,57	Argila
D <sub>pad</sub> , %	7,95	2,79	14,21	8,83	0,06	
CV, %	33,73	15,54	50,89	83,69	2,20	

ADA: argila dispersa em água; Dp: densidade de partículas; D<sub>pad</sub>: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

Tabela 14 - Análise de variância e coeficiente de variação (CV) para as variáveis físicas e hídricas do pomar de pêssigo com 2 anos de idade para posição de amostragem (linha, entrelinha, rodado) e camada do solo (0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40m), Pelotas, 2016.

Causa de variação	DS	PT	Macro	Micro	GC	GC <sup>1</sup>	GF	KS	AD
Posição	**	ns	**	**	**	**	**	ns	**
Camada	ns	ns	*	*	ns	ns	**	ns	*
Posição x Camada	**	ns	ns	**	ns	**	**	ns	ns
CV, %	7,18	8,56	26,20	13,32	7,37	7,19	27,92	119,68	29,91

ns: não significativo a 5%; \* significativo a 5% de probabilidade; \*\* significativo a 1% de probabilidade. DS: densidade do solo; PT: porosidade total; Macro: macroporosidade; Micro: microporosidade; GC: grau de compactação; GC<sup>1</sup>: grau de compactação calculado considerando a densidade referência

(DSref) de  $1,67\text{Mg m}^{-3}$ , valor de densidade correspondente a uma macroporosidade de  $0,10\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ; GF: grau de flocculação; KS: condutividade hidráulica do solo saturado; AD: água disponível.

Tabela 15 - Teste de médias para as variáveis físicas e hídricas do pomar de pêssgo com 2 anos de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016.

Camada, m	Posição de amostragem			Média
	Linha	Entrelinha	Rodado	
Densidade do solo, $\text{Mg m}^{-3}$				
0-0,10	1,16 Bb	1,36 Aab	1,53 Aa	1,35
0,10-0,20	1,32ABa	1,49 Aa	1,47 Aa	1,43
0,20-0,40	1,45 Aa	1,53 Aa	1,39 Aa	1,46
Média	1,31	1,46	1,46	
Porosidade total, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$				
0-0,10	0,471	0,471	0,408	0,450 A
0,10-0,20	0,453	0,406	0,427	0,429 A
0,20-0,40	0,419	0,421	0,438	0,426 A
Média	0,448 a	0,432 a	0,424 a	
Macroporosidade, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$				
0-0,10	0,249	0,175	0,135	0,186 A
0,10-0,20	0,243	0,177	0,095	0,172 AB
0,20-0,40	0,203	0,087	0,088	0,126 B
Média	0,231 a	0,146 b	0,106 b	
Microporosidade, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$				
0-0,10	0,223 Ab	0,296 Ba	0,272 Aab	0,264
0,10-0,20	0,210 Ab	0,228 Cb	0,332 Aa	0,257
0,20-0,40	0,216 Ab	0,334 Aa	0,349 Aa	0,300
Média	0,216	0,286	0,318	
Grau de compactação, %				
0-0,10	62,35	73,66	83,38	73,13 A
0,10-0,20	70,81	80,78	82,39	77,99 A
0,20-0,40	77,69	85,54	78,27	80,50 A
Média	70,28 b	79,99 a	81,35 a	
Grau de compactação-DSref = $1,67\text{Mg m}^{-3}$ , %				
0-0,10	69,46 Bb	81,45 Aab	91,68 Aa	80,87
0,10-0,20	78,77 ABa	89,30 Aa	88,10 Aa	85,39
0,20-0,40	86,57 Aa	91,53 Aa	83,37 Aa	87,16
Média	78,27	87,43	87,72	
Grau de flocculação, %				
0-0,10	47,19 Aab	58,19 ABa	45,25 Bb	50,21
0,10-0,20	47,45 Aa	38,26 Ba	65,76 ABa	50,49
0,20-0,40	37,24 Ab	79,23Ab	99,31 Aa	71,93
Média	43,96	58,56	70,11	
Condutividade hidráulica do solo saturado, $\text{mm h}^{-1}$				
0-0,10	196,22	125,39	39,54	120,38 A
0,10-0,20	114,84	45,62	8,21	56,23 A
0,20-0,40	104,25	1,85	69,33	58,47 A
Média	138,44 a	57,62 a	39,02 a	
Água disponível, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$				
0-0,10	0,229	0,087	0,090	0,135 A
0,10-0,20	0,215	0,136	0,038	0,130 A
0,20-0,40	0,168	0,025	0,045	0,079 B
Média	0,204 a	0,083 b	0,058 b	

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha para cada variável, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores de macroporosidade na camada de 0,20-0,40m do solo da entrelinha, e 0,10-0,20m e 0,20-0,40m do solo do rodado foram inferiores a  $0,10\text{m}^3\text{m}^{-3}$  e, portanto, são restritivos ao crescimento e desenvolvimento de plantas, segundo Vomocil; Flocker (1966), contudo, na linha de plantio onde há maior concentração do crescimento das raízes do pessegueiro as condições de aeração do solo são adequadas.

De forma semelhante, o grau de compactação na camada de 0,20-0,40m da posição entrelinha e 0-0,10m e 0,10-0,20m do rodado ficaram acima de 82%, valor no qual Suzuki; Reichert; Reinert (2013) verificaram a maior produtividade de soja em Argissolos, mas abaixo de 89%, valor no qual estes mesmos autores observaram confinamento das raízes de soja até 0,10m de profundidade.

Com exceção da linha todos os demais valores de água disponível estão fora da faixa de capacidade ideal de armazenamento de água no solo ( $0,15$  a  $0,20\text{m}^3\text{m}^{-3}$ ) proposto Reynolds et al. (2002), sendo que o rodado foi a posição de coleta com os menores valores, de modo geral. Apesar do volume de solo explorado pelas raízes do pessegueiro ser predominante na linha, as condições físicas e hídricas na posição entrelinha e rodado podem prejudicar o crescimento de plantas utilizadas como cobertura vegetal, sejam elas implantadas ou espontâneas, e ainda deixar o solo mais suscetível à erosão.

Os maiores valores de densidade na camada de 0-0,20m do solo do rodado indicam uma possível compactação do solo devido ao tráfego de máquinas nesta posição de amostragem, porém como esta camada é franco-argilo-arenosa não houve alterações significativas na macroporosidade devido à maior presença de areia em relação às camadas mais profundas. Na posição linha o grau de compactação foi menor e a água disponível foi maior, e diferiu das demais posições. O maior volume de microporosidade resultou em mais água disponível.

O grau de flocculação pareceu ter relação com o teor de argila, de modo que o incremento do teor de argila resultou em maior grau de flocculação. Menor grau de flocculação pode resultar em menor capacidade de agregação do solo prejudicando o cultivo e deixando o solo mais suscetível à erosão. Embora não houve diferença estatística, a condutividade hidráulica mostrou associação com a densidade, a macroporosidade e o grau de compactação. Uma vez que a densidade e o grau de

compactação aumentando afetam negativamente a macroporosidade e a condutividade hidráulica do solo saturado, já que a proporção de poros de maior diâmetro são reduzidos com o incremento da densidade e do grau de compactação e com isso o fluxo vertical de água no perfil também.

A linha apresentou melhor desempenho quanto a infiltração de água, seguido da entrelinha e a menor quantidade de água infiltrada por minuto ocorreu no rodado (Tabela 16), o que parece ter relação com a densidade, macroporosidade e grau de compactação, que influenciam o espaço poroso responsável pela infiltração de água no solo.

Tabela 16 - Classes de infiltração (Soil Quality Test Kit Guide) de acordo com a posição de amostragem em um pomar de pêsegue com 2 anos de idade, Pelotas, 2016.

Posição	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4
Linha	Muito rápido	Muito rápido	Muito rápido	Muito rápido
Entrelinha	Muito rápido	Moderadamente rápido	Moderadamente rápido	Moderadamente rápido
Rodado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderadamente rápido

Em todas as posições de amostragem a estrutura do solo variou de Sq2 a Sq4, contudo, a maior frequência de Sq4 foi no solo do rodado, enquanto a menor frequência foi na posição linha, com apenas uma referência (Tabela 17). Estes resultados estão de acordo com as demais avaliações físicas e hídricas.

Tabela 17 - Valores de "structure quality (Sq)" para as amostras de solo com estrutura não preservada de 2 anos de cultivo, Pelotas, 2016.

Camada (m)	Posição	Bloco	Sq
0-0,10	Linha	1	1
0-0,10	Linha	2	2
0-0,10	Linha	3	2
0-0,10	Linha	4	3
0,10-0,20	Linha	1	2
0,10-0,20	Linha	2	2
0,10-0,20	Linha	3	3
0,10-0,20	Linha	4	2
0,20-0,40	Linha	1	2
0,20-0,40	Linha	2	4
0,20-0,40	Linha	3	3
0,20-0,40	Linha	4	3

0-0,10	Entrelinha	1	2
0-0,10	Entrelinha	2	3
			continua...
0-0,10	Entrelinha	3	3
0-0,10	Entrelinha	4	3
0,10-0,20	Entrelinha	1	3
0,10-0,20	Entrelinha	2	2
0,10-0,20	Entrelinha	3	4
0,10-0,20	Entrelinha	4	4
0,20-0,40	Entrelinha	1	2
0,20-0,40	Entrelinha	2	2
0,20-0,40	Entrelinha	3	3
0,20-0,40	Entrelinha	4	3
0-0,10	Rodado	1	4
0-0,10	Rodado	2	3
0-0,10	Rodado	3	2
0-0,10	Rodado	4	3
0,10-0,20	Rodado	1	4
0,10-0,20	Rodado	2	3
0,10-0,20	Rodado	3	3
0,10-0,20	Rodado	4	4
0,20-0,40	Rodado	1	3
0,20-0,40	Rodado	2	2
0,20-0,40	Rodado	3	4
0,20-0,40	Rodado	4	3

#### 6.4.3 Pêssego – 6 anos de idade

O teor de areia total no pomar de pêssego com 6 anos de idade é superior a 50% (Tabela 18), enquanto o teor de argila é inferior a 18% (Tabela 19), e classe textural franco-arenosa, semelhante ao perfil original do barranco. Chama a atenção a espessura do solo ser inferior a 0,40m na posição entrelinha e rodado, devido a retirada do solo da entrelinha para confecção do camaleão na linha de plantio.

A densidade, a porosidade total e a macroporosidade apresentaram significância para posição e amostragem, enquanto o grau de flocculação apresentou significância também para a camada de amostragem (

Tabela 20). O CV foi considerado, de acordo com Pimentel-Gomes (1985), baixo para densidade e porosidade total, médio para macro e microporosidade, alto para grau de compactação e grau de flocculação e muito alto para condutividade hidráulica.

A linha apresentou menor densidade e maior porosidade total e macroporosidade, e diferiu significativamente da posição entrelinha e rodado, que foram estatisticamente iguais (Tabela 21). Todos os valores de densidade estão abaixo do considerado limitante pelo USDA (1999) e pelo valor de  $1,67\text{Mg m}^{-3}$  considerado crítico no presente estudo com base na macroporosidade.

Tabela 18 - Distribuição do tamanho de areia do pomar de pêsego com 6 anos de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016.

Camada, m	Areia					
	Total	Muito grossa	Grossa	Média	Fina	Muito fina
	%					
	Linha					
0-0,10	59,49	10,54	12,19	11,78	15,28	9,71
0,10-0,20	59,15	9,91	11,46	11,90	15,43	10,45
0,20-0,40	60,16	11,16	11,78	12,44	16,69	8,10
	Entrelinha					
0-0,10	57,66	10,70	11,20	11,08	14,15	10,54
0,10-0,20	56,94	10,29	11,38	11,78	13,30	10,20
0,20-0,40	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Rodado					
0-0,10	52,82	11,79	11,95	12,00	14,84	7,91
0,10-0,20	51,94	12,53	10,72	12,88	13,90	5,70
0,20-0,40	nd	nd	nd	nd	nd	nd
DPad, %	3,58	2,15	0,81	1,21	1,85	2,05
CV, %	6,25	19,86	7,03	10,20	12,55	22,09

nd: não determinado pelo fato do solo não ter profundidade suficiente para amostragem. DPad: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

De forma semelhante, a macroporosidade apresentou valores superiores a  $0,10\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ , valor considerado crítico para o crescimento das plantas segundo Vomocil; Flocker (1966), pois limita sua aeração. Os valores de grau de compactação ficaram abaixo daqueles considerados restritivos por Suzuki; Reichert; Reinert (2013) quanto ao crescimento de raízes e produtividade de soja em Argissolos.

Os solos da linha são mais arenosos e com menor grau de flocculação, então são mais frágeis em relação a desestabilização de agregados, perdas de argila e de solo ao longo do tempo.

A condutividade hidráulica apresentou valores extremamente altos, possivelmente associado a não restrições quanto à densidade e à porosidade do solo, especialmente à macroporosidade.

O solo da linha apresentou a melhor classificação de infiltração de água, enquanto que a entrelinha mostrou um desempenho intermediário e por fim, o solo do rodado (

Camada, m	Posição de amostragem			Média
	Linha	Entrelinha	Rodado	
Densidade do solo, Mg m <sup>-3</sup>				
0-0,10	1,18	1,47	1,37	1,34 A
0,10-0,20	1,17	1,39	1,47	1,34 A
0,20-0,40	1,29	nd	nd	1,29 A
Média	1,21 b	1,43 a	1,42 a	
Porosidade total, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>				
0-0,10	0,507	0,417	0,443	0,456 A
0,10-0,20	0,507	0,428	0,387	0,441 A
0,20-0,40	0,475	nd	nd	0,475 A
Média	0,496 a	0,423 b	0,415 b	
Macroporosidade, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>				
0-0,10	0,280	0,144	0,160	0,195 A
0,10-0,20	0,283	0,183	0,176	0,214 A
0,20-0,40	0,253	nd	nd	0,253 A
Média	0,272 a	0,163 b	0,168 b	
Microporosidade, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>				
0-0,10	0,228	0,274	0,283	0,261 A
0,10-0,20	0,224	0,245	0,211	0,227 A
0,20-0,40	0,221	nd	nd	0,221 A
Média	0,224 a	0,260 a	0,247 a	
Grau de compactação, %				
0-0,10	62,89	78,63	73,23	71,58 A
0,10-0,20	62,38	74,42	79,30	72,03 A
0,20-0,40	68,63	nd	nd	68,63 A
Média	64,63 a	76,53 a	76,27 a	
Grau de compactação-DSref = 1,67Mg m <sup>-3</sup> , %				
0-0,10	70,41	87,91	81,77	80,03 A
0,10-0,20	69,87	83,10	88,27	80,42 A
0,20-0,40	76,95	nd	nd	76,95 A
Média	72,41 a	85,51 a	85,02 a	
Grau de floculação, %				
0-0,10	27,32	33,96	46,65	35,98 A
0,10-0,20	16,81	29,02	33,19	26,34 B
0,20-0,40	8,96	nd	nd	8,96 C
Média	17,70 b	31,49 b	39,92 a	
Condutividade hidráulica do solo saturado, mm h <sup>-1</sup>				
0-0,10	196,17	149,90	113,37	153,16 A
0,10-0,20	288,23	97,39	81,71	155,77 A
0,20-0,40	194,92	nd	nd	194,92 A
Média	226,44 a	123,66 a	97,54 a	
Água disponível, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>				
0-0,10	0,149	nd	nd	0,149
0,10-0,20	0,182	0,054	nd	0,118



0,20-0,40	0,145	nd	nd	0,145
Média	0,159	0,054	nd	

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha para cada variável, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. nd: não determinado nas camada de 0,20-0,40m pelo fato do solo não ter profundidade suficiente para amostragem.

**Tabela 22).** Estes resultados concordam com os resultados de densidade e porosidade.

Tabela 19 - Proporção de cascalho, silte e argila, densidade de partículas e classe textural do solo de um pomar de pêssego com 6 anos de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016.

Camada, m	Cascalho	Silte	Argila	ADA	Dp	Classe
	%				Mg m <sup>-3</sup>	Textural
Linha						
0-0,10	16,72	26,39	14,12	10,24	2,47	Franco-arenosa
0,10-0,20	18,19	26,97	13,88	11,52	2,49	Franco-arenosa
0,20-0,40	17,57	26,46	13,38	12,18	2,53	Franco-arenosa
Entrelinha						
0-0,10	23,36	27,19	15,15	9,81	2,44	Franco-arenosa
0,10-0,20	16,94	27,45	15,62	11,10	2,44	Franco-arenosa
0,20-0,40	nd	nd	nd	nd	nd	
Rodado						
0-0,10	16,45	31,33	15,85	8,43	2,44	Franco-arenosa
0,10-0,20	33,77	30,59	17,47	11,71	2,51	Franco-arenosa
0,20-0,40	nd	nd	nd	nd	nd	
D <sub>Pad</sub> , %	10,12	2,15	1,87	1,66	0,06	
CV, %	51,25	7,75	12,48	15,45	2,27	

ADA: argila dispersa em água; Dp: densidade de partículas.nd: não determinado pelo fato do solo não ter profundidade suficiente para amostragem; D<sub>Pad</sub>: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

Tabela 20 - Análise de variância e coeficiente de variação (CV) para as variáveis físicas e hídricas do pomar de pêssego com 6 anos de idade para posição de amostragem (linha, entrelinha, rodado) e camada do solo (0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 m), Pelotas, 2016.

Causa de variação	DS	PT	Macro	Micro	GC	GC <sup>1</sup>	GF	KS	AD
Posição	**	**	**	ns	ns	ns	**	ns	nd
Camada	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	nd
Posição x Camada	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	nd
CV, %	7,24	7,41	17,82	13,71	21,31	21,45	27,18	65,65	nd

ns: não significativo a 5%; \*\* significativo a 1% de probabilidade. DS: densidade do solo; PT: porosidade total; Macro: macroporosidade; Micro: microporosidade; GC: grau de compactação; GC<sup>1</sup>: grau de compactação calculado considerando a densidade referência (DS<sub>ref</sub>) de 1,67Mg m<sup>-3</sup>, valor de

densidade correspondente a uma macroporosidade de  $0,10\text{m}^3\text{ m}^{-3}$ ; GF: grau de floculação; KS: condutividade hidráulica do solo saturado; AD: água disponível. nd: não determinado.

Tabela 21 - Teste de médias para as variáveis físicas e hídricas do pomar de pêssigo com 6 anos de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016.

Camada, m	Posição de amostragem			Média
	Linha	Entrelinha	Rodado	
Densidade do solo, $\text{Mg m}^{-3}$				
0-0,10	1,18	1,47	1,37	1,34 A
0,10-0,20	1,17	1,39	1,47	1,34 A
0,20-0,40	1,29	nd	nd	1,29 A
Média	1,21 b	1,43 a	1,42 a	
Porosidade total, $\text{m}^3\text{ m}^{-3}$				
0-0,10	0,507	0,417	0,443	0,456 A
0,10-0,20	0,507	0,428	0,387	0,441 A
0,20-0,40	0,475	nd	nd	0,475 A
Média	0,496 a	0,423 b	0,415 b	
Macroporosidade, $\text{m}^3\text{ m}^{-3}$				
0-0,10	0,280	0,144	0,160	0,195 A
0,10-0,20	0,283	0,183	0,176	0,214 A
0,20-0,40	0,253	nd	nd	0,253 A
Média	0,272 a	0,163 b	0,168 b	
Microporosidade, $\text{m}^3\text{ m}^{-3}$				
0-0,10	0,228	0,274	0,283	0,261 A
0,10-0,20	0,224	0,245	0,211	0,227 A
0,20-0,40	0,221	nd	nd	0,221 A
Média	0,224 a	0,260 a	0,247 a	
Grau de compactação, %				
0-0,10	62,89	78,63	73,23	71,58 A
0,10-0,20	62,38	74,42	79,30	72,03 A
0,20-0,40	68,63	nd	nd	68,63 A
Média	64,63 a	76,53 a	76,27 a	
Grau de compactação-DSref = $1,67\text{Mg m}^{-3}$ , %				
0-0,10	70,41	87,91	81,77	80,03 A
0,10-0,20	69,87	83,10	88,27	80,42 A
0,20-0,40	76,95	nd	nd	76,95 A
Média	72,41 a	85,51 a	85,02 a	
Grau de floculação, %				
0-0,10	27,32	33,96	46,65	35,98 A
0,10-0,20	16,81	29,02	33,19	26,34 B
0,20-0,40	8,96	nd	nd	8,96 C
Média	17,70 b	31,49 b	39,92 a	
Condutividade hidráulica do solo saturado, $\text{mm h}^{-1}$				
0-0,10	196,17	149,90	113,37	153,16 A
0,10-0,20	288,23	97,39	81,71	155,77 A
0,20-0,40	194,92	nd	nd	194,92 A
Média	226,44 a	123,66 a	97,54 a	
Água disponível, $\text{m}^3\text{ m}^{-3}$				
0-0,10	0,149	nd	nd	0,149
0,10-0,20	0,182	0,054	nd	0,118
0,20-0,40	0,145	nd	nd	0,145
Média	0,159	0,054	nd	

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha para cada variável, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. nd: não determinado nas camadas de 0,20-0,40m pelo fato do solo não ter profundidade suficiente para amostragem.

Tabela 22 - Classes de infiltração (Soil Quality Test Kit Guide) de acordo com a posição de amostragem em um pomar de pêssogo com 6 anos de idade, Pelotas, 2016.

Posição	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4
Linha	Muito rápido	Muito rápido	Muito rápido	Muito rápido
Entrelinha	Muito rápido	Rápido	Rápido	Rápido
Rodado	Muito rápido	Moderadamente rápido	Moderadamente rápido	Rápido

A posição linha apresentou o melhor desempenho em relação à estrutura do solo, com pontuação entre Sq2 e Sq3 (Tabela 23). Já na posição entrelinha e no rodado houve predomínio de Sq3 e Sq4, indicando maior compactação e estrutura mais pobre em relação à linha, o que converge com as demais variáveis físicas e hídricas.

Tabela 23 - Valores de "structure quality (Sq)" para as amostras de solo com estrutura não preservada de 6 anos de cultivo, Pelotas, 2016.

Camada (m)	Posição	Bloco	Sq
0-0,10	Linha	1	2
0-0,10	Linha	2	2
0-0,10	Linha	3	2
0-0,10	Linha	4	3
0,10-0,20	Linha	1	2
0,10-0,20	Linha	2	2
0,10-0,20	Linha	3	2
0,10-0,20	Linha	4	3
0,20-0,40	Linha	1	2
0,20-0,40	Linha	2	3
0,20-0,40	Linha	3	2
0,20-0,40	Linha	4	3
0-0,10	Entrelinha	1	3
0-0,10	Entrelinha	2	4
0-0,10	Entrelinha	3	2
0-0,10	Entrelinha	4	2
0,10-0,20	Entrelinha	1	3
0,10-0,20	Entrelinha	2	3
0,10-0,20	Entrelinha	3	4
0,10-0,20	Entrelinha	4	4
0,20-0,40	Entrelinha	1	nd
0,20-0,40	Entrelinha	2	nd

0,20-0,40	Entrelinha	3	nd
0,20-0,40	Entrelinha	4	nd
			continua...
0-0,10	Rodado	1	3
0-0,10	Rodado	2	3
0-0,10	Rodado	3	4
0-0,10	Rodado	4	3
0,10-0,20	Rodado	1	3
0,10-0,20	Rodado	2	3
0,10-0,20	Rodado	3	3
0,10-0,20	Rodado	4	4
0,20-0,40	Rodado	1	nd
0,20-0,40	Rodado	2	nd
0,20-0,40	Rodado	3	nd
0,20-0,40	Rodado	4	nd

nd: não determinado pelo fato do solo não ter profundidade suficiente para amostragem.

#### 6.4.4 Pêssego – 8 anos de idade

O teor de areia total do solo nas diferentes posições de amostragem foi superior a 53% (Tabela 24), enquanto o teor de argila foi menor que 16% (Tabela 25), com uma classe textural franco-arenosa em todas as posições, igualmente ao perfil original descrito no barranco.

A análise de variância indicou significância para macroporosidade na posição de amostragem, para porosidade total, microporosidade e grau de flocculação na camada de solo e interação entre posição de amostragem e camada de solo para grau de flocculação (Tabela 26).

O coeficiente de variação foi considerado baixo para densidade do solo, porosidade total, microporosidade e grau de compactação, alto para macroporosidade e grau de flocculação, e muito alto para condutividade hidráulica e água disponível, de acordo com classificação proposta por Pimentel-Gomes (1985).

Não houve diferença estatística significativa para densidade do solo, grau de compactação, condutividade hidráulica e água disponível (Tabela 27). Todos os valores de densidade estão abaixo do considerado limitante pelo USDA (1999) e são menores que  $1,67 \text{Mg m}^{-3}$ , valor verificado no presente estudo como crítico em relação a aeração do solo.

Tabela 24 - Distribuição do tamanho de areia do pomar de pêsegue com 8 anos de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016.

Camada, m	Areia					
	Total	Muito grossa	Grossa	Média	Fina	Muito fina
	%					
	Linha					
0-0,10	55,35	10,26	11,05	12,43	17,19	4,43
0,10-0,20	55,49	9,63	10,86	11,76	18,08	5,16
0,20-0,40	54,17	9,47	10,92	12,62	16,77	4,40
	Entrelinha					
0-0,10	55,10	8,38	11,51	16,49	15,35	3,38
0,10-0,20	56,29	10,48	11,26	14,08	14,10	6,38
0,20-0,40	53,13	10,18	10,38	10,25	13,23	9,08
	Rodado					
0-0,10	54,51	8,31	11,00	11,45	14,40	9,35
0,10-0,20	55,60	10,01	11,23	11,01	13,63	9,73
0,20-0,40	54,34	7,23	10,38	11,64	15,53	9,58
DPad, %	2,63	2,68	0,77	3,12	2,59	3,05
CV, %	4,79	28,86	7,05	25,02	16,81	44,65

DPad: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

A porosidade total e a microporosidade diminuíram com aumento da profundidade do solo, e a camada superficial diferiu significativamente das duas camadas subsuperficiais, semelhante ao verificado para o grau de flocluação. A macroporosidade foi maior no solo da linha e diferiu significativamente da posição entrelinha e rodado, e todos os valores ficaram muito acima de  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , considerado crítico para a aeração do solo. De modo geral os valores de grau de compactação ficaram abaixo de 89% ou no limite de 82%, valores encontrados por Suzuki; Reichert; Reinert (2013) que respectivamente restringiram o crescimento das raízes de soja até 0,10m de profundidade, e onde obteve-se a maior produtividade de soja em Argissolos.

Da mesma forma que verificado no pomar de 6 anos de idade, a condutividade hidráulica é elevada em todas as posições de amostragem, possivelmente por não haver restrições de densidade e macroporosidade. Por favorecer a formação de poros contínuos, a ação de raízes e o alto teor de areia

presente no solo podem contribuir com a porosidade e densidade do solo, resultando em maior condutividade e infiltração de água no solo.

Tabela 25 - Proporção de cascalho, silte e argila, densidade de partículas e classe textural do solo de um pomar de pêssigo com 8 anos de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016.

Camada, m	Cascalho	Silte	Argila	ADA	Dp	Classe Textural
Linha						
0-0,10	8,36	30,12	14,53	8,50	2,42	Franco-arenosa
0,10-0,20	10,17	29,62	14,89	10,69	2,48	Franco-arenosa
0,20-0,40	8,40	30,58	15,26	11,66	2,53	Franco-arenosa
Entrelinha						
0-0,10	10,94	30,05	14,85	7,14	2,44	Franco-arenosa
0,10-0,20	8,80	29,55	14,16	11,64	2,53	Franco-arenosa
0,20-0,40	7,19	32,27	14,60	13,65	2,52	Franco-arenosa
Rodado						
0-0,10	14,18	30,45	15,04	10,50	2,44	Franco-arenosa
0,10-0,20	20,94	30,15	14,25	12,40	2,50	Franco-arenosa
0,20-0,40	32,67	30,10	15,57	12,53	2,50	Franco-arenosa
D <sub>Pad</sub> , %	8,60	1,98	1,20	2,37	0,06	
CV, %	71,43	6,54	8,08	21,79	2,35	

ADA: argila dispersa em água; Dp: densidade de partículas; D<sub>Pad</sub>: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

Tabela 26 - Análise de variância e coeficiente de variação (CV) para as variáveis físicas e hídricas do pomar de pêssigo com 8 anos de idade para posição de amostragem (linha, entrelinha, rodado) e camada do solo (0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40m), Pelotas, 2016.

Causa de variação	DS	PT	Macro	Micro	GC	GC <sup>1</sup>	GF	KS	AD
Posição	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Camada	ns	**	ns	**	ns	ns	**	ns	ns
Posição x Camada	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns
CV, %	9,41	8,84	21,15	9,28	9,44	9,37	28,36	69,96	44,14

ns: não significativo a 5%; \* significativo a 5% de probabilidade; \*\* significativo a 1% de probabilidade. DS: densidade do solo; PT: porosidade total; Macro: macroporosidade; Micro: microporosidade; GC: grau de compactação; GC<sup>1</sup>: grau de compactação calculado considerando a densidade referência (DS<sub>ref</sub>) de 1,67Mg m<sup>-3</sup>, valor de densidade correspondente a uma macroporosidade de 0,10m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>; GF: grau de flocculação; KS: condutividade hidráulica do solo saturado; AD: água disponível.

Tabela 27 - Teste de médias para as variáveis físicas e hídricas do pomar de pêssigo com 8 anos de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016.

Camada, m	Posição de amostragem			Média
	Linha	Entrelinha	Rodado	
Densidade do solo, Mg m <sup>-3</sup>				
0-0,10	1,20	1,37	1,33	1,30 A
0,10-0,20	1,36	1,41	1,42	1,40 A
0,20-0,40	1,43	1,54	1,52	1,50 A
Média	1,33 a	1,44 a	1,42 a	
Porosidade total, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>				
0-0,10	0,510	0,462	0,464	0,479 A
0,10-0,20	0,443	0,428	0,426	0,432 B
0,20-0,40	0,419	0,379	0,383	0,394 B
Média	0,457 a	0,423 a	0,424 a	
Macroporosidade, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>				
0-0,10	0,274	0,184	0,170	0,209 A
0,10-0,20	0,202	0,170	0,195	0,189 A
0,20-0,40	0,198	0,147	0,199	0,181 A
Média	0,225 a	0,167 b	0,188 b	
Microporosidade, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>				
0-0,10	0,236	0,279	0,294	0,269 A
0,10-0,20	0,241	0,259	0,231	0,243 B
0,20-0,40	0,221	0,233	0,184	0,213 B
Média	0,232 a	0,257 a	0,236 a	
Grau de compactação, %				
0-0,10	64,26	73,50	71,24	69,67 A
0,10-0,20	72,78	75,63	75,93	74,78 A
0,20-0,40	76,62	82,57	81,47	80,22 A
Média	71,22 a	77,23 a	76,21 a	
Grau de compactação-DSref = 1,67Mg m <sup>-3</sup> , %				
0-0,10	71,91	82,20	79,64	77,92 A
0,10-0,20	81,38	84,69	85,00	83,69 A
0,20-0,40	85,62	92,36	91,04	89,67 A
Média	79,64 a	86,41 a	85,22 a	
Grau de floculação, %				
0-0,10	41,40Aab	51,89 Aa	29,66Ab	40,98
0,10-0,20	28,29Ba	17,31Ba	12,70 Aa	19,43
0,20-0,40	23,34Ba	5,96Ba	25,70 Aa	18,33
Média	31,01	25,05	22,69	
Condutividade hidráulica do solo saturado, mm h <sup>-1</sup>				
0-0,10	209,14	72,28	117,54	132,99 A
0,10-0,20	86,31	59,10	128,42	91,28 A
0,20-0,40	144,59	89,74	23,62	85,98 A
Média	146,68 a	73,71 a	89,86 a	
Água disponível, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>				
0-0,10	0,168	0,063	0,107	0,113 A
0,10-0,20	0,088	0,135	0,091	0,104 A
0,20-0,40	0,090	0,106	nd	0,098 A
Média	0,115 a	0,101 a	0,099 a	

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha para cada variável, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. nd: não determinado.

Todos os valores de água disponível estão abaixo da faixa proposta por Reynolds et al. (2002) de capacidade ideal de armazenamento de água no solo (0,15 a 0,20m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>), com exceção apenas da camada mais superficial do solo da linha. Isto resulta em uma menor disponibilidade de água para as plantas, o que para a linha é preocupante uma vez que o pessegueiro está fixado nesta posição de amostragem.

A elevada macroporosidade e baixa densidade provocam efeitos antagônicos em relação a questões hídricas do solo. Da mesma forma que estas condições favorecem o fluxo de água, elas podem limitar seu armazenamento no solo, diminuindo a quantidade de água disponível para as plantas e conseqüentemente deixando-as mais sujeitas a um déficit hídrico. Esta observação foi verificada para todos os pomares anteriores (0, 2 e 6 anos de idade), sendo poucas as situações onde o solo da linha apresentava elevada macroporosidade, condutividade e infiltração de água e ainda água disponível dentro do limite indicado como adequado para as plantas.

A infiltração de água foi elevada em todas as posições de amostragem, variando de muito rápido, moderadamente rápido e rápido (Tabela 28). Este comportamento se deve à questões já abordadas anteriormente como porosidade e densidade do solo.

Tabela 28 - Classes de infiltração (Soil Quality Test Kit Guide) de acordo com a posição de amostragem em um pomar de pêssego com 8 anos de idade, Pelotas, 2016.

Posição	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4
Linha	Muito rápido	Muito rápido	Muito rápido	Muito rápido
Entrelinha	Moderadamente rápido	Muito rápido	Moderadamente rápido	Muito rápido
Rodado	Rápido	Rápido	Moderadamente rápido	Muito rápido

No solo da linha houve predomínio de pontuação Sq2 e algumas Sq3, enquanto na entrelinha houve ocorrência de Sq2 e Sq3, e Sq4 na camada de 0,20-0,40m. No solo do rodado também houve predomínio de Sq2 e Sq3, embora houvesse a ocorrência de um bloco com Sq4 e a dificuldade de avaliação em vários blocos (Tabela 29). A partir desta análise, pode-se inferir que a posição linha possui melhor estrutura, agregados que não mostram sinais de compactação, e solo mais



solto, enquanto que a entrelinha e o rodado apresentam uma estrutura degradada em algumas profundidades.

Tabela 29 - Valores de “structure quality (Sq)” para as amostras de solo com estrutura não preservada de 8 anos de cultivo, Pelotas, 2016.

Camada (m)	Posição	Bloco	Sq
0-0,10	Linha	1	3
0-0,10	Linha	2	2
0-0,10	Linha	3	2
0-0,10	Linha	4	2
0,10-0,20	Linha	1	2
0,10-0,20	Linha	2	2
0,10-0,20	Linha	3	2
0,10-0,20	Linha	4	2
0,20-0,40	Linha	1	3
0,20-0,40	Linha	2	nd
0,20-0,40	Linha	3	3
0,20-0,40	Linha	4	3
0-0,10	Entrelinha	1	2
0-0,10	Entrelinha	2	2
0-0,10	Entrelinha	3	2
0-0,10	Entrelinha	4	2
0,10-0,20	Entrelinha	1	3
0,10-0,20	Entrelinha	2	2
0,10-0,20	Entrelinha	3	2
0,10-0,20	Entrelinha	4	3
0,20-0,40	Entrelinha	1	3
0,20-0,40	Entrelinha	2	nd
0,20-0,40	Entrelinha	3	4
0,20-0,40	Entrelinha	4	4
0,10-0,20	Rodado	4	3
0-0,10	Rodado	1	2
0-0,10	Rodado	2	4
0-0,10	Rodado	3	3
0-0,10	Rodado	4	3
0,10-0,20	Rodado	1	3
0,10-0,20	Rodado	2	nd
0,10-0,20	Rodado	3	2
0,10-0,20	Rodado	4	nd
0,20-0,40	Rodado	1	3
0,20-0,40	Rodado	2	nd
0,20-0,40	Rodado	3	nd
0,20-0,40	Rodado	4	nd

nd: não determinado por não haver solo suficiente e possibilidade de coleta de forma adequada para este tipo de análise, devido a pouca espessura da camada.

#### 6.4.5 Pêssego – 12 anos de idade

O teor de areia total foi superior a 54% em todas as posições de amostragem (Tabela 30), e o teor de argila foi inferior a 16% (Tabela 31), resultando em classe textural franco-arenosa para todas as condições. A classe textural foi semelhante ao perfil original do barranco, utilizado para descrição morfológica e considerado representativo dos pomares de 0, 6, 8 e 12 anos de idade.

Tabela 30 - Distribuição do tamanho de areia do pomar de pêssego com 12 anos de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada de solo, Pelotas, 2016.

Camada, m	Areia					
	Total	Muito grossa	Grossa	Média	Fina	Muito fina
	%					
	Linha					
0-0,10	60,11	11,41	12,64	11,20	13,80	11,06
0,10-0,20	56,65	9,03	10,99	11,43	13,95	11,26
0,20-0,40	56,14	8,86	10,99	11,04	14,66	10,59
	Entrelinha					
0-0,10	57,28	10,73	12,21	11,38	13,25	9,71
0,10-0,20	56,19	10,49	11,89	10,88	13,20	9,74
0,20-0,40	57,93	15,40	11,54	10,04	11,89	9,06
	Rodado					
0-0,10	58,60	11,04	12,04	11,46	13,93	10,14
0,10-0,20	55,80	9,88	11,30	10,95	13,94	9,74
0,20-0,40	54,96	12,11	10,75	10,20	13,83	8,08
D <sub>pad</sub> , %	2,61	3,10	1,17	0,81	1,53	1,61
CV, %	4,57	28,18	10,13	7,37	11,27	16,26

D<sub>pad</sub>: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

A análise de variância indicou significância para posição de amostragem para as variáveis densidade, porosidade total, macroporosidade, grau de compactação, grau de floculação, condutividade hidráulica e água disponível, significância para camada de solo para porosidade total, microporosidade e grau de floculação, e para a interação posição de amostragem e camada do solo nenhuma variável mostrou significância (Tabela 32). O coeficiente de variação foi considerado baixo para

densidade, porosidade total e grau de compactação, médio para microporosidade e grau de floculação, alto para macroporosidade e muito alto para condutividade e água disponível, conforme classificação proposta por Pimentel-Gomes (1985).

Tabela 31 - Proporção de cascalho, silte e argila, densidade de partículas e classe textural do solo de um pomar de pêsego com 12 anos de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016.

Camada, m	Cascalho	Silte	Argila	ADA	Dp	Classe Textural
	%				Mg m <sup>-3</sup>	
Linha						
0-0,10	0,00	28,20	11,69	6,56	2,49	Franco-arenosa
0,10-0,20	0,00	30,12	13,23	9,30	2,47	Franco-arenosa
0,20-0,40	0,00	29,89	13,97	10,12	2,55	Franco-arenosa
Entrelinha						
0-0,10	0,00	30,87	11,85	6,41	2,39	Franco-arenosa
0,10-0,20	0,00	30,29	13,52	8,73	2,49	Franco-arenosa
0,20-0,40	0,00	28,46	13,62	10,08	2,55	Franco-arenosa
Rodado						
0-0,10	0,00	28,87	12,53	5,85	2,47	Franco-arenosa
0,10-0,20	0,00	29,10	15,10	9,33	2,51	Franco-arenosa
0,20-0,40	0,00	29,24	15,80	10,39	2,52	Franco-arenosa
D <sub>Pad</sub> , %	0,00	2,18	1,68	1,94	0,07	
CV, %	-	7,42	12,44	22,77	2,84	

ADA: argila dispersa em água; Dp: densidade de partículas; D<sub>Pad</sub>: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

Tabela 32 - Análise de variância e coeficiente de variação (CV) para as variáveis físicas e hídricas do pomar de pêsego com 12 anos de idade para posição de amostragem (linha, entrelinha, rodado) e camada do solo (0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 m), Pelotas, 2016.

Causa de variação	DS	PT	Macro	Micro	GC	GC <sup>1</sup>	GF	KS	AD
Posição	**	**	**	ns	**	**	**	**	*
Camada	ns	**	ns	**	ns	ns	**	ns	ns
Posição x Camada	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV, %	8,58	7,62	21,20	13,35	8,58	8,61	15,56	86,93	79,11

ns: não significativo a 5%; \*\* significativo a 1% de probabilidade; \* significativo a 5% de probabilidade. DS: densidade do solo; PT: porosidade total; Macro: macroporosidade; Micro: microporosidade; GC: grau de compactação; GC<sup>1</sup>: grau de compactação calculado considerando a densidade referência (DS<sub>ref</sub>) de 1,67Mg m<sup>-3</sup>, valor de densidade correspondente a uma macroporosidade de 0,10m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>; GF: grau de floculação; KS: condutividade hidráulica do solo saturado; AD: água disponível.

A densidade e o grau de compactação foram menores na posição linha, enquanto a porosidade total e a macroporosidade foram superiores, e em todas estas situações diferiram significativamente da posição entrelinha e rodado (Tabela 33). Esta relação entre densidade e porosidade está de acordo com o verificado nas análises de correlação e regressão apresentadas no início deste estudo. Todos os valores de densidade estão abaixo do considerado limitante pela USDA (1999) e pelo valor proposto neste trabalho. Da mesma forma, a macroporosidade foi superior ao valor considerado limitante para a aeração. O grau de compactação ficou abaixo ou no limite de 82%, valor encontrado por Suzuki; Reichert; Reinert (2013) onde obteve-se a maior produtividade de soja em Argissolos.

A porosidade total, a microporosidade e o grau de flocculação foram superiores na camada superficial do solo e diferiram significativamente das demais camadas. Estes resultados podem ter sido favorecidos por haver maior ação de raízes e aporte de matéria orgânica na superfície do solo. O maior grau de flocculação na camada mais superficial pode ser considerado como positivo, uma vez que a camada mais superficial é a mais vulnerável ao impacto da gota da chuva e conseqüente desagregação do solo, e com maior grau de flocculação e menor porcentagem de argila dispersa em água a capacidade de agregação do solo é maior.

Todos os pomares apresentaram menor média de grau de flocculação na posição linha e maior no rodado, com exceção do pomar de 8 anos, onde ocorreu o contrário. Os valores médios de grau de flocculação mostraram relação inversamente proporcional com a argila dispersa em água em todos os pomares exceto o de 2 anos, que também foi o único pomar que não exibiu maior média para a camada de 0-0,10m. Possivelmente outros fatores como, por exemplo, pH (FERREIRA et al., 2010) e cátions trocáveis na CTC do solo, principalmente  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$ (OLIVEIRA et al., 2012), podem ter influenciado mais o grau de flocculação do que somente a argila dispersa em água neste pomar. De acordo com Calero; Barrón; Torrent (2008), a argila dispersa em água é um bom indicador do risco de erosão hídrica e conseqüentes perdas de nutrientes e contaminantes. Segundo Paradelo; Van Oort; Chenu (2013), uma forma de estudar a estabilidade dos agregados do solo é através da determinação da fração de argila dispersa em água, que se refere às argilas que podem ser facilmente dispersas em água, e comentam que, como representa a fração de sólidos suspensa transportada a grandes

distâncias pelo escoamento superficial, é um critério chave na avaliação do risco do encrostamento e selagem superficial do solo.

Tabela 33 - Teste de médias para as variáveis físicas e hídricas do pomar de pêsego com 12 anos de idade de acordo com a posição de amostragem e a camada do solo, Pelotas, 2016.

Camada, m	Posição de amostragem			Média
	Linha	Entrelinha	Rodado	
Densidade do solo, Mg m <sup>-3</sup>				
0-0,10	1,17	1,37	1,41	1,32 A
0,10-0,20	1,23	1,50	1,54	1,42 A
0,20-0,40	1,33	1,43	1,42	1,39 A
Média	1,24 b	1,43 a	1,46 a	
Porosidade total, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>				
0-0,10	0,531	0,447	0,455	0,478 A
0,10-0,20	0,483	0,405	0,404	0,431 B
0,20-0,40	0,463	0,397	0,415	0,425 B
Média	0,492 a	0,417 b	0,425 b	
Macroporosidade, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>				
0-0,10	0,205	0,147	0,111	0,154 A
0,10-0,20	0,243	0,123	0,130	0,165 A
0,20-0,40	0,203	0,182	0,159	0,181 A
Média	0,217 a	0,151 b	0,134 b	
Microporosidade, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>				
0-0,10	0,326	0,300	0,344	0,324 A
0,10-0,20	0,239	0,283	0,274	0,265 B
0,20-0,40	0,260	0,216	0,256	0,244 B
Média	0,275 a	0,266 a	0,291 a	
Grau de compactação, %				
0-0,10	62,57	72,90	75,31	70,26 A
0,10-0,20	65,42	80,03	82,76	76,07 A
0,20-0,40	70,99	76,46	76,03	74,49 A
Média	66,33 b	76,46 a	78,03 a	
Grau de compactação-DSref = 1,67Mg m <sup>-3</sup> , %				
0-0,10	70,35	81,96	84,58	78,96 A
0,10-0,20	73,36	89,71	92,50	85,19 A
0,20-0,40	79,51	85,17	84,88	83,37 A
Média	74,41 b	85,79 a	87,32 a	
Grau de floculação, %				
0-0,10	44,05	45,82	52,64	47,50 A
0,10-0,20	29,61	35,33	38,33	34,42 B
0,20-0,40	27,23	25,92	34,33	29,16 B
Média	33,63 b	35,69 b	41,77 a	
Condutividade hidráulica do solo saturado, mm h <sup>-1</sup>				
0-0,10	126,81	61,89	14,40	67,70 A
0,10-0,20	164,05	24,95	23,67	70,89 A
0,20-0,40	83,18	106,40	38,03	75,87 A
Média	124,68 a	64,41 ab	25,37 b	
Água disponível, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>				
0-0,10	0,060	0,022	0,043	0,042 A
0,10-0,20	0,173	0,081	0,008	0,087 A
0,20-0,40	0,111	0,091	0,037	0,080 A
Média	0,115 a	0,065ab	0,029 b	

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha para cada variável, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A posição linha mostrou a maior média para condutividade hidráulica do solo saturado e água disponível, diferindo estatisticamente do rodado, que exibiu a menor média, porém, não houve diferença estatística entre as camadas do solo. O maior valor de condutividade na linha e menores na entrelinha e rodado apresentam coerência com o observado para a macroporosidade. Todos os valores de água disponível, com exceção da camada 0,10-0,20m do solo da linha, ficaram abaixo da capacidade ideal de armazenamento de água no solo (REYNOLDS et al., 2002), sendo prejudicial principalmente para a posição linha, pois o déficit hídrico e a menor disponibilidade de água para a planta pode afetar a produtividade e o crescimento do pessegueiro.

A posição linha apresentou a melhor classificação para infiltração de água em todos os blocos, devido os menores valores médios de densidade e grau de compactação e maior macroporosidade (Tabela 34). Já a posição entrelinha mostrou um comportamento intermediário tanto para a infiltração como para densidade, grau de compactação e macroporosidade, enquanto que o rodado é a posição de coleta cuja infiltração foi a mais lenta, e que também se deve aos valores médios e inferiores de macroporosidade e superiores de densidade e grau de compactação, que afetam o processo de infiltração de água no solo. Houve maior variação da infiltração entre os blocos na posição entrelinha e rodado, fato também observado nos demais pomares de pêssego. Conforme Marchini et al. (2015) uma distribuição de poros onde há maior concentração de poros maiores viabiliza maior velocidade de infiltração de água e boa distribuição de gases no solo.

Tabela 34 - Classes de infiltração (Soil Quality Test Kit Guide) de acordo com a posição de amostragem em um pomar de pêssego com 12 anos de idade, Pelotas, 2016.

Posição	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4
Linha	Muito rápido	Muito rápido	Muito rápido	Muito rápido
Entrelinha	Rápido	Moderado	Moderado	Moderadamente rápido
Rodado	Moderado	Moderadamente rápido	Moderado	Moderadamente lento

A posição linha apresentou predomínio de Sq2, mas também ocorrência de Sq1 e Sq3, enquanto que a entrelinha e o rodado mostraram a ocorrência de Sq2 e

Sq3, mas também Sq4 nas camadas de 0,10-0,20m e 0,20-0,40m (Tabela 35). Isto significa que no geral, o solo da linha tem melhor estrutura, com agregados que não sinalizam compactação. Já as demais posições de amostragem têm o solo com estrutura degradada, com sinais de compactação, exigindo mudança no manejo.

Tabela 35 - Valores de "structure quality (Sq)" para as amostras de solo com estrutura não preservada de 12 anos de cultivo, Pelotas, 2016.

Camada (m)	Posição	Bloco	Sq
0-0,10	Linha	1	1
0-0,10	Linha	2	2
0-0,10	Linha	3	2
0-0,10	Linha	4	2
0,10-0,20	Linha	1	2
0,10-0,20	Linha	2	2
0,10-0,20	Linha	3	3
0,10-0,20	Linha	4	3
0,20-0,40	Linha	1	2
0,20-0,40	Linha	2	2
0,20-0,40	Linha	3	3
0,20-0,40	Linha	4	3
0-0,10	Entrelinha	1	2
0-0,10	Entrelinha	2	3
0-0,10	Entrelinha	3	3
0-0,10	Entrelinha	4	3
0,10-0,20	Entrelinha	1	3
0,10-0,20	Entrelinha	2	3
0,10-0,20	Entrelinha	3	4
0,10-0,20	Entrelinha	4	4
0,20-0,40	Entrelinha	1	2
0,20-0,40	Entrelinha	2	3
0,20-0,40	Entrelinha	3	4
0,20-0,40	Entrelinha	4	4
0-0,10	Rodado	1	2
0-0,10	Rodado	2	2
0-0,10	Rodado	3	3
0-0,10	Rodado	4	3
0,10-0,20	Rodado	1	2
0,10-0,20	Rodado	2	3
0,10-0,20	Rodado	3	4
0,10-0,20	Rodado	4	4
0,20-0,40	Rodado	1	2
0,20-0,40	Rodado	2	4
0,20-0,40	Rodado	3	4
0,20-0,40	Rodado	4	5

## 7 Considerações Finais

O aumento da densidade do solo diminui linearmente a porosidade total, especialmente a macroporosidade, com conseqüente redução da condutividade hidráulica e aumento do tempo para infiltração de toda água no solo.

Todas as posições de amostragem (linha, entrelinha e rodado) e camadas de solo (0-0,10m, 0,10-0,20m e 0,20-0,40m), em todos os pomares, apresentam valores de densidade inferiores a  $1,67 \text{ Mg m}^{-3}$ , valor onde a macroporosidade corresponde a  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , obtido a partir da relação entre densidade e macroporosidade com dados do presente estudo. Este resultado é importante pois valores superiores a este podem indicar compactação excessiva, podendo comprometer o crescimento de raízes e o fluxo de ar e água no solo.

O camaleão confeccionado na linha de plantio parece ter um efeito de longa duração em manter as características físicas, hídricas e da estrutura do solo adequadas para o crescimento do sistema radicular do pessegueiro. Este efeito pode estar relacionado ao crescimento das raízes conforme vai ocorrendo a consolidação natural do solo, e a não ocorrência do tráfego de máquinas na linha de plantio.

O tráfego de máquinas no pomar causa compactação, especialmente para solos com classe textural menos arenosa como no pomar de 2 anos, porém, a prática de disposição dos resíduos da poda e o cultivo de aveia ou plantas espontâneas na entrelinha do pomar minimiza o impacto das máquinas. No entanto, em algumas situações, especialmente em solos menos arenosos, a compactação pode atingir valores críticos ao crescimento das plantas e ao ambiente.

A linha de plantio apresenta maior volume de água disponível em relação a entrelinha e rodado, no entanto, faz-se necessário o aumento deste volume disponível a partir do incremento da matéria orgânica e permanente cobertura vegetal de modo que o pessegueiro tenha mais tempo de água disponível em períodos de déficit hídrico, por exemplo.

O tempo de implantação dos pomares parece não ter influência significativa nas alterações das variáveis físicas e hídricas do solo na posição entrelinha e rodado, considerando o manejo utilizado nos pomares. A variável que parece ter



maior influência nas alterações do solo é a sua textura, quanto mais argiloso maior a compactação.

## 8 Referências

- ABDEL-MOGHNY, T.; MOHAMED, R. S. A.; EL-SAYED, E.; MOHAMMED ALY, S.; SNOUSY, M. G. Effect of Soil Texture on Remediation of Hydrocarbons-Contaminated Soil at El-Minia District, Upper Egypt. **ISRN Chemical Engineering**, v. 2012, p. 1–13, 2012.
- BALL, B. C.; BATEY, T.; MUNKHOLM, L. J. Field assessment of soil structural quality - a development of the Peerdklamp test. **Soil Use and Management**, v. 23, n. 4, p. 329–337, 2007.
- BENNIE, A. T. P.; KRYNAUW, G. N. Causes, adverse effects and control of soil compaction. **South African Journal of Plant and Soil**, v. 2, n. 3, p. 109–114, 1985.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. Editora UFV, Viçosa-MG, 625p., 2006.
- BETIOLI JÚNIOR, E.; MOREIRA, W. H.; TORMENA, C. A.; FERREIRA, C. J. B.; SILVA, Á. P.; GIAROLA, N. F. B. Intervalo hídrico ótimo e grau de compactação de um Latossolo Vermelho após 30 anos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 971-982, 2012.
- BEULTER, A. N.; CENTURION, J. F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 39, n. 6, p. 581–588, 2004.
- BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. **Methods of soil analysis: Physical and mineralogical methods**. 2nd. Madison, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986. p.363-375.
- BLUM, J.; GIAROLA, N. F. B.; SILVA, Á. P. da; GUEDES FILHO, O.; SILVA, S. G. C.; EBERHARDT, D. N.; ARAÚJO, S. R. Assessment of soil physical attributes at sowing row and inter-row under no-till system. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 5 (Especial), p. 888-895, 2014.

BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure and management: A review. **Geoderma**, v. 124, p. 3–22, 2005.

CALERO, N.; BARRÓN, V.; TORRENT, J. Water dispersible clay in calcareous soils of southwestern Spain. **Catena**, v. 74, n. 1, p. 22–30, 2008.

CARTER, M. R. Relative measures of soil bulk density to characterize compaction in tillage studies on fine sandy loams. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 70, p. 425–433, 1990.

CHAKRABORTY, S.; WEINDORF, D. C.; ZHU, Y.; LI, B.; MORGAN, C. L. S.; GE, Y.; GALBRAITH, J. Spectral reflectance variability from soil physicochemical properties in oil contaminated soils. **Geoderma**, v. 177-178, p. 80-89, 2012.

CHAUDHARI, P. R.; AHIRE, D. V.; AHIRE, V. D.; CHKRAVARTY, M.; MAITY, S. Soil bulk density as related to soil texture, organic matter content and available total nutrients of coimbatore soil. **International Journal of Scientific and Research Publications**, v. 3, n. 2, 2013.

CONTE, P.; AGRETTO, A.; SPACCINI, R.; PICCOLO, A. Soil remediation: humic acids as natural surfactants in the washings of highly contaminated soils. **Environmental Pollution**, v. 135, n. 3, p. 515–522, 2005.

CORRECHEL, V.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. Influência da posição relativa à linha de cultivo sobre a densidade do solo em dois sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 1, p. 165–173, 1999.

CURY, T. N.; MARIA, I. C. de; BOLONHEZI, D. Biomassa radicular da cultura de cana-de-açúcar em sistema convencional e plantio direto com e sem calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1929–1938, 2014.

DECAGON DEVICES. Operator's manual version 1.3 WP4 dewpointmeter. USA: Decagon Devices, 2000. 70p.

DING, D.; ZHAO, Y.; FENG, H.; PENG, X.; SI, B. Using the double-exponential water retention equation to determine how soil pore-size distribution is linked to soil texture. **Soil and Tillage Research**, v. 156, p. 119–130, 2016.

ELTZ, F. L. F.; MEHL, H. U.; REICHERT, J. M. Perdas de solo e água em entressulcos em um argissolo vermelho-amarelo submetido a quatro padrões de chuva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 485–493, 2001.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FALCIGLIA, P. P.; GIUSTRA, M. G.; VAGLIASINDI, F.G.A. Low-temperature thermal desorption of diesel polluted soil: Influence of temperature and soil texture on contaminant removal kinetics. **Journal of Hazardous Materials**, v. 185, n. 1, p. 392–400, 2011.

FERNANDES, H. C.; LOPES, S. E.; MODOLO, A. J.; SILVEIRA, J. C. M. da; RINALDI, P. C. N. Avaliação da resistência do solo à penetração em razão de cargas aplicadas pelos rodados de duas máquinas florestais e pelo arraste de madeira. **Revista Ceres**, v. 55, n. 1, p. 21–27, 2008.

FERREIRA, R. R. M.; FILHO, J. T.; FERREIRA, V. M.; RALISCH, R. Estabilidade física de solo sob diferentes manejos de pastagem extensiva em cambissolo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, p. 531–538, 2010.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C. A.; CECATO, U.; BARBERO, L. M.; LUGÃO, S. M. B.; COSTA, M. A. T. Qualidade física do solo em pastagem adubada e sob pastejo contínuo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 11, p. 1583–1590, 2008.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C. A.; DA SILVA, Á. P. Qualidade física do solo em pomar de laranjeira no noroeste do paraná com manejo da cobertura permanente na entrelinha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 3, p. 423–433, 2007.

GOMES, N. M.; SILVA, A. M. da; MELLO, C. R. de; FARIA, M. A. de; OLIVEIRA, P. M. Métodos de ajuste e modelos de semivariograma aplicados ao estudo da variabilidade espacial de atributos físico-hídricos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** v. 31, n. 1, p. 435–443, 2007.

GONÇALVES, W. G.; SEVERIANO, E. C.; SILVA, F. G.; COSTA, K. A. P.; JUNNYOR, W. S. G.; MELO, G. B. Least Limiting water range in assessing

compaction in a Brazilian Cerrado latosol growing sugarcane. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 432-443, 2014.

GONZÁLEZ, A. P.; ALVES, M. C. Armazenamento de água e densidade do solo sob três condições de superfície, em um Cambissol gleico de Lugo, Espanha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 45–50, 2005.

GORDON, D. C.; HALLETT, P. D. An automated microinfiltrometer to measure small-scale soil water infiltration properties. **Journal of Hydrology and Hydromechanics**, v. 62, n. 3, p. 248–252, 2014.

GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 169-177, 2005.

HÅKANSSON, I. A method for characterizing the state of compactness of the plough layer. **Soil & Tillage Research**, v.16, p.105-120, 1990.

HÅKANSSON, I. **Machinery-induced compaction of arable soils - incidence - consequences - counter-measures**. [s.l.] Swedish University of Agricultural Sciences - Department of Soil Sciences, 2005.

HÅKANSSON, I.; LIPIEC, J. A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. **Soil and Tillage Research**, v. 53, n. 2, p. 71-85, 2000.

HAMARASHID, N. H.; OTHMAN, M. A.; HUSSAIN, M.-A. H. Effects of soil texture on chemical compositions, microbial populations and carbon mineralization in soil. **The Egyptian Journal of Experimental Biology (Botany)**, v. 6, n. 1, p. 59–64, 2010.

IBGE. **Produção agrícola municipal - culturas temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012. v. 39.

IBGE. Pelotas - Produção agrícola municipal – lavoura permanente 2014. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2014. Disponível em:  
<<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=431440&idtema=1>

48&search=rio-grande-do-sul|pelotas|producao-agricola-municipal-lavoura-permanente-2014>. Acesso em: 12 jan. 2016.

IGWE, C. a.; UDEGBUNAM, O. N. Soil properties influencing water-dispersible clay and silt in an Ultisol in southern Nigeria. **International Agrophysics**, v. 22, p. 319–325, 2009.

JORDA, H.; BECHTOLD, M.; JARVIS, N.; KOESTEL, J. Using boosted regression trees to explore key factors controlling saturated and near-saturated hydraulic conductivity. **European Journal of Soil Science**, v. 66, n. 4, p. 744–756, 2015.

KELLER, T.; HÅKANSSON, I. Estimation of reference bulk density from soil particle size distribution and soil organic matter content. **Geoderma**, v. 154, p. 398–406, 2010.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. Editora Agronômica "Ceres" Ltda, São Paulo-SP, 262p., 1979.

KLEIN, V. A.; BASEGGIO, M.; MADALOSSO, T.; MARCOLIN, C. D. Textura do solo e a estimativa do teor de água no ponto de murcha permanente com psicrômetro. **Ciência Rural**, v. 40, n. 7, p. 1550–1556, 2010.

KOOISTRA, M. J.; TOVEY, N. K. Effects of compaction on soil microstructure. In: SOANE, B.D.; VAN OUWERKERK, C. (Eds.). **Soil Compaction in Crop Production**. Amsterdam: Elsevier, 1994. p. 91-111.

LEE, D.; CODY, R. D.; KIM, D.; CHOI, S. Effect of soil texture on surfactant-based remediation of hydrophobic organic-contaminated soil. **Environment International**, v. 27, n. 8, p. 681-688, 2002.

LI, X.; CHANG, S. X.; SALIFU, K. F. Soil texture and layering effects on water and salt dynamics in the presence of a water table : a review. **Environmental Reviews**, v. 22, p. 41–50, 2014.

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

LIPIEC, J.; HÅKANSSON, I.; TARKIEWICZ, S.; KOSSOWSKI, J. Soil physical properties and growth of spring barley as related to the degree of compactness of two soils. **Soil and Tillage Research**, v. 19, n. 2-3, p. 307-317, 1991.

LUNARDI NETO, A.; ALBUQUERQUE, J. A.; DE ALMEIDA, J. A.; MAFRA, Á. L.; MEDEIROS, J. C.; ALBERTON, A. Atributos físicos do solo em área de mineração de carvão influenciados pela correção da acidez, adubação orgânica e revegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1379–1388, 2008.

MARCHINI, D. C.; LING, T. C.; ALVES, M. C.; CRESTANA, S.; SOUTO FILHO, S. N.; ARRUDA, O. G. de. Matéria orgânica, infiltração e imagens tomográficas de Latossolo em recuperação sob diferentes tipos de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 6, p. 574–580, 2015.

MARSILI, A.; SERVADIO, P.; PAGLIAI, M.; VIGNOZZI, N. Changes of some physical properties of a clay soil following passage of rubber- and metal-tracked tractors. **Soil and Tillage Research**, v. 49, n. 3, p. 185–199, 1998.

MAZURANA, M.; FINK, J. R.; SILVEIRA, V. H. da; LEVIEN, R.; ZULPO, L.; BREZOLIN, D. Propriedades físicas do solo e crescimento de raízes de milho em um argissolo vermelho sob tráfego controlado de máquinas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 5, p. 1185–1195, 2013.

MELO, R. O.; PACHECO, E. P.; MENEZES, J. de C.; CANTALICE, J. R. B. Susceptibilidade à compactação e correlação entre as propriedades físicas de um neossolo sob vegetação de Caatinga. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 5, p. 12–17, 2008.

MESQUITA, M. da G. B. de F.; MORAES, S. O.; CORRENTE, J. E. Caracterização estatística de variáveis físicas do solo. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v. 25, n. 1, p. 35–44, 2003.

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.

- MORENO, J.H.N.; GASCON, B.V. Effect of soil condition on orange trees. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 25, n. 9-10, p. 1747-1753, 1994
- NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. D. F. da; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. D. F. da. Efeito de leguminosas nos atributos físicos e carbono orgânico de um Luvissole. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, p. 825–831, 2005.
- OLIVEIRA, F. P. de; BUARQUE, D. C.; VIERO, A. C.; MERTEN, G. H.; CASSOL, E. A.; MINELLA, J. P. G. Fatores relacionados à suscetibilidade da erosão em entressulcos sob condições de uso e manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 4, p. 337–346, 2012.
- OLIVEIRA, P. D.; SATO, M. K.; LIMA, H. V.; RODRIGUES, S.; SILVA, A. P. Critical limits of the degree of compactness and soil penetration resistance for the soybean crop in N Brazil. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 000, p. 1-10, 2016.
- PACHEPSKY, Y.; PARK, Y. Saturated hydraulic conductivity of US soils grouped according to textural class and bulk density. **Soil Science Society of America Journal**, v. 79, p. 1094–1100, 2015.
- PARADELO, R.; VAN OORT, F.; CHENU, C. Water-dispersible clay in bare fallow soils after 80 years of continuous fertilizer addition. **Geoderma**, v. 200-201, p. 40–44, 2013.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. São Paulo: Nobel, 1985. 467 p.
- PIRES, L. F.; PEREIRA, A. B. Gamma-ray attenuation to evaluate soil porosity: an analysis of methods. **The Scientific World Journal**, v. 2014, p. 10, 2014.
- REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J.; HORN, R.; HÅKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil & Tillage Research**, v.102, p. 242-254, 2009.



REYNOLDS, W. D.; BOWMAN, B. T.; DRURY, C. F.; TAN, C. S.; LU, X. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. **Geoderma**, v. 110, p. 131–146, 2002.

RIBEIRO, K. D.; MENEZES, S. M.; MESQUITA, M. D. G. B. D. F.; SAMPAIO, F. D. M. T. Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1167–1175, 2007.

RICHARD, G.; COUSIN, I.; SILLON, J. F.; BRUAND, A.; GUEÂRIF, J. Effect of compaction on the porosity of a silty soil: influence on unsaturated hydraulic properties. **European Journal of Soil Science**, v. 52, n. 1, p. 49-58, 2001.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; LLANILLO, R. F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 3, p. 321–344, 2005.

ROSOLEM, C. A.; FERNANDEZ, E. M.; ANDREOTTI, M.; COSTA, A. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 5, p. 821–828, 1999.

RUFATO, L.; DE ROSSI, A.; PICOLOTTO, L.; FACHINELLO, J. C. Plantas de cobertura de solo em pomar de pessegueiro (*Prunus persica* L. Batsch) conduzido no sistema de produção integrada. **Ciência Rural**, v. 36, n. 3, p. 814–821, 2006.

RUFATO, L.; RUFATO, A. D.; KRETZSCHMAR, A.A.; PICOLOTTO, L.; FACHINELLO, J. C. Crop covers in the vegetative development of peach trees. **Revista Brasileira De Fruticultura**, v. 29, n. 1, p. 107–109, 2007.

SAMPAIO, A. H. R.; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; DANIEL, R.; MACHADO, V. V.; CARVALHO, G. C.; SANTANA JÚNIOR, E. B. Deficit hídrico e secamento parcial do sistema radicular em pomar de lima ácida. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 10, p. 1141–1148, 2010.

SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C. Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da uréia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. **Ciência Rural**, v. 33, n. 1, p. 65–70, 2003.

SANTOS, C. V.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, S. F.; MAZURANA, M.; PETRY, H. B.; ZULPO, L.; FINK, J. A. Physical-hydraulic properties of a sandy loam typic paleudalf soil under organic cultivation of 'Montenegrina' mandarin (*Citrus deliciosa* Tenore).

**Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 6, p. 1882-1889, 2014.

SANTOS, R. D. dos; LEMOS, R. C. de; SANTOS, H. G. dos; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100 p.

SILVA, M. A. S. da; MAFRA, Á. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 544–552, 2005.

SILVA, S. R.; BARROS, N. F.; COSTA, L. M. Atributos físicos de dois Latossolos afetados pela compactação do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 842–847, 2006.

SOIL SURVEY DIVISION STAFF. 1993. Soil survey manual. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18.

SOUZA, A. P. de; SILVA, A. C. da; LEONEL, S.; SOUZA, M. E. de; TANAKA, A. A. Evapotranspiração e eficiência do uso da água no primeiro ciclo produtivo da figueira “ Roxo de Valinhos ” submetida a cobertura morta. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 4, p. 1127–1138, 2014a.

SOUZA, G. S. de; SOUZA, Z. M. de; SILVA, R. B. da; BARBOSA, R. S.; ARAÚJO, F. S. Effects of traffic control on the soil physical quality and the cultivation of sugarcane. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 1, p. 135-146, 2014b.

SOUZA, J. R.; QUEIROZ, J. E.; GHEYI, H. R. Variabilidade espacial de características físico-hídricas e de água disponível em um solo aluvial no semi-árido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 2, p. 140-144, 1999.

SOUZA, L. D.; SOUZA, L. S.; LEDO, C. A. S. Disponibilidade de água em pomar de citros submetido a poda e subsolagem em Latossolo Amarelo dos tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 69-73, 2004.

SOUZA, Z. M. De; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; MONTANARI, R.; CAMPOS, M. C. C. Amostragem de solo para determinação de atributos químicos e físicos em área com variação nas formas do relevo. **Científica**, v. 34, n. 2, p. 249–256, 2006.

SPERA, S. T.; DENARDIN, J. E.; ESCOSTEGUY, P. A. V.; SANTOS, H. P. dos; FIGUEROA, E. A. Dispersão de argila em microagregados de solo incubado com calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. especial, p. 2613–2620, 2008.

STOLF, R. A compactação do solo e perspectivas de subsolagem em citros. **Laranja**, v. 2, n. 8, p. 283–308, 1987.

STOLF, R.; THURLER, Á. D. M.; BACCHI, O. O. S.; REICHARDT, K. Method to estimate soil macroporosity and microporosity based on sand content and bulk density. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 447–459, 2011.

STRECK, C. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**, v. 34, n. 3, p. 755–760, 2004.

STRECK, Edeimar Valdir et al. (Org.). **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER, 2008. 222 p. ISBN 9788598842042.

SUZUKI, L. E. A. S.; REICHERT, J. M.; ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; KAISER, D. R. Dispersion and flocculation of Vertisols, Alfisols and Oxisols in Southern Brazil. **Geoderma Regional**, v. 5, p. 64-70, 2015.

SUZUKI, L. E. A. S.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Degree of compactness, soil physical properties and yield of soybean in six soils under no-tillage. **Soil Research**, v. 51, p. 311-321, 2013.

SUZUKI, L. E. A. S.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; LIMA, C. L. R. Grau de compactação, propriedades físicas e rendimento de culturas em Latossolo e Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1159-1167, 2007.

SZYMCZAK, D. A.; BRUN, E. J.; REINERT, D. J.; FRIGOTTO, T.; MAZZALIRA, C. C.; DAL'COL LÚCIO, A.; MARAFIGA, J. Compactação do solo causada por tratores florestais na colheita de *Pinus taeda* L. na região sudoeste do Paraná. **Revista Árvore**, v. 38, n. 4, p. 641–648, 2014.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE.  
AGRICULTURALRESEARCH SERVICE NATURAL RESOURCES.  
CONSERVATION SERVICE. SOIL QUALITY INSTITUTE. Soil quality test kit guide.  
1999. 82p

VALADÃO, F. C. D. A.; WEBER, O. L. D. S.; VALADÃO JÚNIOR, D. D.;  
SCAPINELLI, A.; DEINA, F. R.; BIANCHINI, A. Adubação fosfatada e compactação do solo: sistema radicular da soja e do milho e atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 1, p. 243–255, 2015.

VALICHESKI, R. R.; GROSSKLAUS, F.; STÜRMER, S. L. K.; TRAMONTIN, A. L.;  
BAADE, E. S. A. S. Desenvolvimento de plantas de cobertura e produtividade da soja conforme atributos físicos em solo compactado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 9, p. 969–977, 2012.

VEZZANI, F. M. Solos e os serviços ecossistêmicos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 08, p. 673–684, 2015.

VICENTE, T. F. da S. .; PEDROSA, E. M. R.; ROLIM, M. M.; OLIVEIRA, V. S.;  
OLIVEIRA, A. K. S.; SOUZA, A. M. P. L. Relações de atributos do solo e estabilidade de agregados em canaviais com e sem vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 11, p. 1215–1222, 2012.

VOMOCIL, J. A.; FLOCKER, W. J. Effect of soil compaction storage and movement of soil, air and water. **American Society of Agricultural Engineering**, v. 4, p. 242-246, 1966.

WERLE, R.; GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2297–2305, 2008.

WHALLEY, W. R.; DUMITRU, E.; DEXTER, A. R. Biological effects of soil compaction. **Soil and Tillage Research**, v. 35, p. 53–68, 1995.

WOHLENBERG, E. V.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BLUME, E. 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.

ZHAO, Y.; KRZIC, M.; BULMER, C. E.; SCHMIDT, M. G.; SIMARD, S. W. Relative bulk density as a measure of compaction and its influence on tree height. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 40, p. 1724–1735, 2010.

ZOU, K. H.; TUNCALI, K.; SILVERMAN, S. G. Correlation and simple linear regression. **Radiology**, v. 227, n. 3, p. 617–622, 2003.