

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE UM ARGISSOLO EM ÁREA DE
CITRICULTURA ORGÂNICA COM DIFERENTES MANEJOS DA
COBERTURA VEGETAL DO SOLO**

ROGÉRIO PIETRZACKA
Dissertação de Mestrado

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE UM ARGISSOLO EM ÁREA DE
CITRICULTURA ORGÂNICA COM DIFERENTES MANEJOS DA
COBERTURA VEGETAL DO SOLO**

ROGÉRIO PIETRZACKA
Engenheiro Agrônomo (UFSM)

Dissertação apresentada como
um dos requisitos à obtenção do
Grau de Mestre em Ciência do Solo

Porto Alegre (RS), Brasil.

Agosto de 2009

Homologação

AGRADECIMENTOS

À UFRGS, ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, professores e funcionários. Esta universidade só é referência em construir conhecimentos por possuir recursos humanos qualificados como vocês.

Obrigado professor Renato Levien e Carlos Ricardo Trein por toda ajuda e orientação: mental, braçal e emocional.

Ainda bem que família a gente não escolhe, porque eu teria grandes possibilidades de errar se tivesse que escolher. Pai, mãe, irmãos: Obrigado de todo coração!

Para meu grande amor, basta dizer: “eu lasanha de panqueca com muito orégano você”. As pessoas talvez não entendam, mas você sabe a importância e o significado que tem na minha vida.

Sei que o conhecimento não pode ser quantificado em cifras, mas aluguel, transporte, alimentação e material didático podem, portanto, obrigado CNPq, pela bolsa de estudos, sem ela não poderia nem ter sonhado na realização deste mestrado.

Aos donos da área na qual foi feito o experimento: Luis e Cláudio Laux, legítimos pesquisadores empíricos da fruticultura orgânica no RS.

Aos colegas e bolsistas Jean, Letícia, Bernardo, Karine, Marno, Rambo, Aramis. Se pudesse transformar a força que vocês me deram em kPa e aplicar tal força no solo, tenho muita pena da ‘reta virgem’... Com toda certeza faríamos uma deformação plástica.

À ‘equipe de apoio’: Davi, Anderson, Márcia, Charles. Que bom que vocês moram em Porto Alegre. Meu porto seguro na capital gaúcha. Para beber, conversar, rir, desabafar, juntar novas força e prosseguir.

Agradeço também os colegas de trabalho do DEAGRO/PR, que foram sempre acessíveis, entendendo o quanto é complicado estudar e trabalhar ao mesmo tempo.

Obrigado.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE UM ARGISSOLO EM ÁREA DE CITRICULTURA ORGÂNICA COM DIFERENTES MANEJOS DA COBERTURA VEGETAL DO SOLO ¹

Autor: Rogério Pietrzacka

Orientador: Prof. Renato Levien

RESUMO

A citricultura ocupa lugar de destaque no Brasil e no Estado do Rio Grande do Sul, sendo de grande importância econômica e social. O objetivo do trabalho foi avaliar atributos físicos e químicos de um Argissolo conduzido com diferentes manejos de vegetação espontânea nas entrelinhas de um pomar de tangerineiras (*Citrus reticulata*) da variedade Montenegrina, e seus possíveis reflexos na produtividade da cultura. O experimento foi feito em Montenegro (RS), em um pomar com 19 anos de idade e conduzido há 11 anos sob sistema orgânico de produção. Efetivaram-se quatro tratamentos (gradagem, roçada e acamamento, com rolo faca e arraste de tronco), sendo avaliados atributos físicos em dois locais (projeção da copa e área de tráfego de máquinas) e em duas profundidades (0 - 0,10 e 0,10 - 0,20m). A fertilidade química do solo foi determinada em três profundidades (0 - 0,10, 0,10 - 0,20 e 0,20 - 0,40m), e a produtividade de frutos estimada a partir das plantas centrais de cada parcela. Observou-se alta heterogeneidade espacial para os atributos físicos estudados, sendo que na região do tráfego dos rodados das máquinas ocorreram os menores valores de infiltração de água no solo, maior densidade, e maior resistência mecânica à penetração, em comparação com a região da projeção da copa. O sistema orgânico, baseado na adição de compostos orgânicos ao solo e no manejo da vegetação nas entrelinhas do pomar, sem revolvimento do solo, apontou incremento dos teores de matéria orgânica na camada de 0 - 0,10m e aumento dos valores de P, K, Ca, Mg, nas três profundidades analisadas. O tráfego de máquinas, apesar de afetar negativamente os atributos físicos do solo, não foi impeditivo para o desenvolvimento das tangerineiras. Entre os tratamentos avaliados, a gradagem promoveu aumento de produtividade de frutos em relação à roçada. Considerando as limitações físicas e de fertilidade natural do Argissolo neste estudo, a condução do pomar pelo sistema orgânico de produção foi eficiente, pois melhorou a infiltração de água no solo, aumentou a fertilidade e minimizou os efeitos negativos do tráfego de máquinas nas entrelinhas do pomar.

¹ Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. (95 p.) Agosto de 2009. Trabalho realizado com apoio financeiro do CNPq.

PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERIZATION OF A PALEUDULT IN AN AREA OF ORGANIC CITRUS ORCHARD WITH DIFFERENT GROUND COVER MANAGERMENTS ²

Author: Rogério Pietrzacka

Adviser: Prof. Renato Levien

ABSTRACT

Citrus production plays an important role in Brazil and in the state of Rio Grande do Sul, having a great economic and social importance. The aim of the work was to evaluate physical and chemical attributes of a Paleudult under different management of spontaneous vegetation in inter-rows of Montenegrina tangerines and consequences on productivity. The experiment was conducted in Montenegro (RS), in an orchard 19 years old and under organic production system last 11 years. Four treatments (disking, mowing and rolling with rollers and pulling a log), and physical attributes evaluated in two places (crown projection and tracked interrows) and two layers (0 to 0,10 and 0,10 to 0,20m). The fertility was diagnosed at three depths (0 - 0,10; 0,10 - 0,20 and 0,20 - 0,40m), while the central plants of each plot were used to assess the productivity of tangerines. There was high spatial variation in the physical attributes, but the interrows with traffic showed lower water infiltration rate, higher density, and higher mechanical resistance to penetration in comparison with the soil at the projection of the canopy under the trees. The organic system based on the addition of organic compounds to the soil and management of vegetation in no tillage inter-rows of the orchard, showed increased levels of organic matter in the layer 0 to 0,10m, and higher levels of P, K, Ca, Mg, in the three examined depths. The tractor traffic in inter-rows affected soil physical attributes but was not impeditive for the development of the tangerine trees. With regards of soil cover management, the use of harrow promoted increase of productivity compared to mowing. Considering the physical limitations and natural fertility of the studied Paleudult, orchard organic production system was efficient because it improved soil water infiltration, increased soil fertility and minimized the negative effects of machinery traffic in the orchard.

² M. Sc. Dissertation in Soil Science. Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. (95 p.) August, 2009. Financial support by CNPq.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Aspectos econômicos da citricultura.....	4
2.1.1 Sistemas de cultivo – convencional x orgânico.....	5
2.2 Técnicas de manejo de solo em pomares.....	7
2.2.1 Cobertura vegetal.....	9
2.2.2 Uso de plantas de cobertura do solo em pomares.....	10
2.3 Física do solo: compactação e seus reflexos em áreas de pomares.....	12
2.3.1 Tráfego de máquinas em pomares.....	14
2.3.2 Água no solo.....	15
2.3.3 Métodos para medir a compactação do solo.....	17
2.4 Química do solo: fertilidade.....	19
3. ESTUDO I: ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM POMAR ORGÂNICO DE CITROS COM DIVERSOS MANEJOS DE VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA.....	22
3.1 Introdução.....	22
3.2 Material e métodos.....	23
3.2.1 Localização da área experimental.....	23
3.2.2 Histórico da área experimental.....	24
3.2.3 Tratamentos.....	25
3.2.4 Atributos físicos avaliados.....	27
3.2.4.1 Análise granulométrica.....	27
3.2.4.2 Infiltração de água no solo.....	27
3.2.4.3 Resistência mecânica à penetração.....	28
3.2.4.4 Densidade do solo, macro, micro e porosidade total.....	30
3.2.5 Análise estatística.....	31

3.3 Resultados e discussão.....	31
3.3.1 Análise granulométrica.....	31
3.3.2 Infiltração de água no solo.....	32
3.3.3 Resistência mecânica à penetração.....	36
3.3.4 Densidade do solo, macro, micro e porosidade total.....	46
3.4 Conclusões.....	52
4. ESTUDO II: CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE FRUTOS EM POMAR ORGÂNICO DE CITROS MANEJADO COM VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA.....	54
4.1 Introdução.....	54
4.2 Material e métodos.....	55
4.2.1 Experimentação de campo.....	55
4.2.2 Avaliações realizadas.....	55
4.2.2.1. Fertilidade do solo.....	55
4.2.2.2 Estimativa da massa vegetal da área.....	56
4.2.2.3 Coleta dos frutos.....	57
4.2.3 Análise estatística.....	57
4.3 Resultados e discussão.....	57
4.3.1 Fertilidade do solo.....	57
4.3.2 Estimativa da massa vegetal da área.....	64
4.3.3 Produtividade do pomar.....	66
4.4 Conclusões.....	68
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
7. APÊNDICES.....	86

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Densidade de partícula e resultados da análise granulométrica do solo do pomar. Montenegro/RS, julho 2007.....	31
2. Velocidade básica de infiltração (VIB) de água no solo obtida com o método de anéis concêntricos no solo do pomar, sob diferentes locais e tratamentos, com duas repetições por tratamento. Montenegro/RS, 2008.....	32
3. Teor de água no solo obtido em duas profundidades e em três épocas amostrais, efetuado junto aos testes de resistência mecânica à penetração no pomar. Montenegro/RS.....	37
4. Densidade, micro, macro e porosidade total do solo avaliadas na região do rodado e projeção da copa em duas profundidades em função de diferentes manejos da vegetação espontânea no pomar. Montenegro/RS, dezembro/2007.....	47
5. Densidade, micro, macro e porosidade total do solo avaliadas na região do rodado e projeção da copa em duas profundidades em função de diferentes manejos da vegetação espontânea no pomar. Montenegro/RS, julho/2008.....	50
6. Valores de características químicas do solo, em três profundidades, extraídas do pomar nos quatro blocos onde foram implantados os tratamentos. Montenegro/RS, julho 2007.....	58
7. Valores de determinações químicas do composto orgânico e biofertilizante líquido, utilizados na adubação do pomar.....	59
8. Valores de massa seca vegetal, obtidos nas entrelinhas do pomar. Montenegro/RS, outubro/2007.....	64
9. Rendimento médio expresso em número de frutos, peso de frutos, peso médio de frutos e produtividade estimada sob diferentes manejos da vegetação. Montenegro/RS, setembro 2008.....	66

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Equipamentos utilizados na aplicação do manejo da vegetação espontânea.....	26
2. Ensaio de infiltração de água no solo com uso de anéis concêntricos. Montenegro/RS, 2008.....	28
3. Placa de metal com furos utilizada para transecta de resistência mecânica à penetração. Montenegro/RS, 2008.....	29
4. Esquema da obtenção de amostras de penetrometria digital no pomar.	29
5. Perfil da resistência mecânica à penetração nos diferentes tratamentos realizados no pomar. Montenegro/RS, outubro 2007.....	38
6. Perfil da resistência mecânica à penetração nos diferentes tratamentos realizados no pomar. Montenegro/RS, dezembro de 2007.....	42
7. Perfil da resistência mecânica à penetração nos diferentes tratamentos realizados no pomar. Montenegro/RS, agosto de 2008.....	45
8. Aspecto geral dos locais de coleta dos anéis para determinação de Ds, macro, micro e porosidade total do solo. Montenegro/RS, julho 2008.....	51
9. Precipitação pluvial média mensal de janeiro de 2006 a dezembro de 2008. Dados da Defesa Civil do Rio Grande do Sul/ 2009.....	65

RELAÇÃO DE APÊNDICES

	Página
1. Descrição da composição botânica por espécie e família da vegetação espontânea presente nas entrelinhas do pomar orgânico de tangerina Montenegrina. Montenegro/RS, julho 2007.....	87
2. Croqui da distribuição dos tratamentos no pomar.....	88
3a. Gráficos da taxa de infiltração e infiltração acumulada de água no perfil do solo no tratamento T1, efetivadas em diferentes locais na entrelinha, com o método dos anéis concêntricos no pomar. Montenegro/RS.....	89
3b. Apêndice 3b: Gráficos da taxa de infiltração e infiltração acumulada de água no perfil do solo no tratamento T2, efetivadas em diferentes locais na entrelinha, com o método dos anéis concêntricos no pomar. Montenegro/RS.....	90
3c. Gráficos da taxa de infiltração e infiltração acumulada de água no perfil do solo no tratamento T3, efetivadas em diferentes locais na entrelinha, com o método dos anéis concêntricos no pomar. Montenegro/RS.....	91
3d. Gráficos da taxa de infiltração e infiltração acumulada de água no perfil do solo no tratamento T4, efetivadas em diferentes locais na entrelinha, com o método dos anéis concêntricos no pomar. Montenegro/RS.....	92
3e. Gráficos da taxa de infiltração e infiltração acumulada de água no perfil do solo nos diferentes tratamentos, efetivadas em diferentes locais na entrelinha, com o método dos anéis concêntricos no pomar. Montenegro/RS.....	93
4a. Valores obtidos das análises de solo do pomar. Montenegro/RS, setembro/2007.....	94
4b. Valores obtidos das análises de solo do pomar. Montenegro/RS, setembro/2007.....	95

1. INTRODUÇÃO GERAL

A citricultura ocupa lugar de destaque no Brasil, sendo de grande importância econômica e social. No ano de 2007, a produção das culturas de laranja, tangerina e limão foi de 20 milhões de toneladas em uma área colhida de aproximadamente 925 mil ha, tendo como principais estados produtores São Paulo, Bahia, Sergipe, Rio Grande do Sul e Minas Gerais (IBGE, 2009).

No Rio Grande do Sul estas frutas figuram como as de maior área cultivada (aproximadamente 42.000ha) principalmente por pequenos produtores familiares (Bonine & João, 2002). O Estado obteve no ano de 2007 uma produção de mais de 540 mil toneladas de citros, com uma produtividade média de 16,4 t/ha (IBGE, 2009), sendo que grande parte desta produção provém da região do Vale do Rio Caí e é destinada para o consumo *in natura*.

Entre os sistemas de produção adotados no Estado, destaca-se o sistema convencional, baseado no emprego de máquinas e elevado uso de insumos sintético-industriais e o sistema de produção orgânico, baseado na produção de alimentos com menor impacto ao ambiente agrícola, utilizando princípios ecológicos de manejo e desenho de agroecossistemas, valorizando também o conhecimento local e empírico dos agricultores (Gliessman, 2001).

O elevado custo operacional de produção do sistema de cultivo convencional de citros tem motivado cada vez mais a busca de tecnologias alternativas (Salvo Filho, 1997). A necessidade de substituição da utilização de agrotóxicos e fertilizantes minerais para a redução de custos, o aumento da consciência ambiental entre consumidores e produtores e o desenvolvimento de práticas menos agressivas ao ambiente são outros fatores que também

encorajam muitos agricultores a optarem pela conversão de suas lavouras para o sistema orgânico de produção (Gliessman, 2001).

O estudo de diferentes formas de manejo de cobertura nas entrelinhas dos pomares citrícolas vem ao encontro da ótica do sistema orgânico, bem como da necessidade intrínseca dos produtores, uma vez que a grande maioria dos pomares cultivados no Estado está localizada em áreas declivosas, suscetíveis à erosão.

O manejo da cobertura nas entrelinhas pode ser conduzido sob diversas formas e variações (Koller, 1994). Herbicidas, grades, roçadoras, ou mesmo o arraste de troncos são empregados para controlar o crescimento de plantas espontâneas e diminuir a competição por água e nutrientes, podem afetar positivamente a produtividade na cultura explorada comercialmente.

Sabe-se que a cobertura do solo, proporcionada por resíduos culturais deixados na superfície, tem ação direta e efetiva na redução da erosão hídrica, em virtude da dissipação da energia cinética das gotas de chuva, diminuindo a desagregação das partículas de solo e o selamento superficial, além de aumentar a infiltração de água e, assim, reduzir a capacidade erosiva da chuva (Cogo et al., 2003).

No que tange ao fator solo, as limitações impostas ao crescimento e desenvolvimento do sistema radicular estão entre as causas da redução de produção dos pomares citrícolas (Oliveira, 1991; Mazza et al., 1994), podendo estar associadas a problemas de natureza biológica, como pragas e doenças, de natureza química, como falta de nutrientes ou excesso de elementos tóxicos (alumínio e/ou manganês), ou ainda de natureza física, como a compactação e/ou adensamento do solo.

Em pomares citrícolas, o manejo divide-se basicamente nas atividades de adubação, poda, raleio, controles fitossanitários e colheita, sendo várias destas executadas com o auxílio de máquinas agrícolas. Trabalhos de Stolf (1987) e Tersi & Rosa (1995) apontam que em um ano agrícola é comum ocorrer até quinze passadas de rodados de trator nas entrelinhas do pomar para realização de operações como adubações e pulverizações.

Como as culturas são permanentes e o espaçamento entrelinhas é fixo, o acúmulo da passagem de máquinas agrícolas acaba ocorrendo sempre

em um mesmo local no solo, gerando uma heterogeneidade no solo na região do rodado se comparada à área não trafegada (Lima et al., 2004; Fidalski et al., 2007).

O tráfego de máquinas no manejo do pomar gera uma pressão de contato pneu-solo, resultante do peso do maquinário empregado (trator + implemento), da área de contato e da resposta do solo a aplicação da carga. A transmissão desta pressão ao solo pode resultar em uma compactação prejudicial para a cultura. Se este tráfego tiver que ser efetuado quando o solo estiver com teor de água elevado, a deterioração física do mesmo nas áreas trafegadas fica ainda mais evidente. Entre os efeitos negativos da compactação está o aumento da resistência mecânica ao crescimento radicular, redução na capacidade de infiltração da água, redução na capacidade de trocas gasosas e aeração do solo (Mazza, 1992).

De maneira geral, o manejo da vegetação afeta as características físicas, químicas e biológicas do solo. Todavia, será o tipo, a forma e o momento do manejo empregado que vão propiciar respostas positivas ou negativas destes atributos.

Deste modo, as hipóteses deste trabalho foram: a) a cobertura verde e a adubação orgânica aumentam a porosidade e diminuem a compactação do solo; b) o tráfego de máquinas nas entrelinhas do pomar afeta negativamente os atributos físicos do solo; c) a cobertura verde e a adubação orgânica reduzem as perdas de água e nutrientes do pomar, aumentando a infiltração, bem como a fertilidade química.

Diante do exposto, o objetivo principal deste trabalho foi avaliar atributos físicos e químicos de um Argissolo em um pomar de tangerineiras “Montenegrina”, com 19 anos de idade e manejado há 11 anos sob sistema orgânico de produção, conduzido com quatro diferentes formas de manejo da cobertura vegetação espontânea de suas entrelinhas, bem como os possíveis reflexos destes manejos na produtividade da cultura.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos econômicos da citricultura

A citricultura refere-se ao cultivo de plantas do gênero *Citrus*. As espécies deste gênero são oriundas de áreas tropicais e subtropicais do sudeste asiático. É o gênero mais importante da família *Rutaceae*, existindo numerosas espécies cultivadas em caráter comercial, como laranjas, tangerinas, limões, pomelos, cidras e limas, entre outros (Figueiredo, 1991).

Entre as frutíferas cultivadas, as plantas cítricas representam 21% do total das frutas produzidas no mundo. Em uma área cultivada de mais de sete milhões de hectares, no ano de 2005, foram obtidos aproximadamente 105 milhões de toneladas de frutos. Atualmente, o Brasil figura como maior produtor mundial de frutas cítricas, com volume superior a 20 milhões de toneladas, representando 19% da produção mundial, seguido de países como China, Estados Unidos e México (FAO, 2005).

A cadeia produtiva da citricultura apresenta-se como uma atividade agrícola de destaque em vários estados brasileiros, tanto pela renda gerada por seus produtos no mercado interno e externo quanto pelo seu valor social. São Paulo, Bahia, Sergipe, Rio Grande do Sul e Minas Gerais são os cinco maiores produtores de citros no país (IBGE, 2007).

No Rio Grande do Sul, a citricultura é desenvolvida em pequenas propriedades rurais e baseada na utilização de mão-de-obra familiar, o que

exerce importante papel na geração de empregos e na permanência do homem no meio rural (Bonine & João, 2002). As principais regiões produtoras de frutas cítricas no Estado são os Vales do Rio Caí e o do Rio Taquari. Segundo Souza (2001), o Rio Grande do Sul possui condições ecológicas de cultivo bastante favoráveis às plantas cítricas, podendo obter, como resultados, frutos de boa qualidade, coloração intensa e conteúdo desejável de sólidos solúveis, fatores que agradam o consumidor final.

No Estado, as plantas cítricas (laranjeiras, limoeiros e tangerineiras) figuram como a maior área plantada entre as demais frutíferas cultivadas (aproximadamente 42.000 ha), com produção de 542.211 toneladas (IBGE, 2007) e tendo como principal destino o consumo *in natura*.

2.1.1 Sistemas de cultivo – convencional x orgânico

A produção brasileira de citros é desenvolvida ainda pela grande maioria de produtores, sob a ótica da utilização de insumos sintético-industriais e fortemente mecanizada, objetivando a obtenção de produtividades cada vez mais elevadas. Salvo Filho (1997) aponta que o uso de inseticidas, acaricidas, herbicidas, fungicidas e adubações elevam o custo da produção e restringe a margem de lucro do citricultor.

Segundo Gliessman (2001), esta forma de agricultura promove perda de matéria orgânica, lixiviação de nutrientes, degradação e erosão do solo. Também as pragas acabam ganhando resistência aos agrotóxicos que contaminam tanto ambientes agrícolas como ecossistemas naturais, destruindo populações de insetos e microorganismos benéficos, além de causar problemas de saúde para os produtores e trabalhadores agrícolas.

Existe uma corrente crescente de pesquisadores que aponta para a necessidade de se buscar sistemas alternativos de produção para a citricultura brasileira, uma vez que o sistema convencional está se inviabilizando (Sanches, 1998; Yamada et al., 2000; Cabrera, 2004; Homma, 2005). É neste contexto que cada vez mais citricultores estão migrando para sistemas orgânicos de produção.

O principal objetivo dos sistemas orgânicos de produção é criar sistemas sustentáveis e integrados sob os aspectos ambientais, econômicos e humanos (Souza, 2005).

Conforme a Instrução Normativa nº. 64 de 18 de dezembro de 2008, os sistemas orgânicos de produção devem: “observar aspectos ambientais (a manutenção de áreas de preservação permanente; atenuação da pressão antrópica sobre os ecossistemas naturais e modificados; e a proteção, conservação e o uso racional dos recursos naturais), atividades econômicas (melhoramento genético visando à adaptabilidade às condições ambientais locais; a manutenção e a recuperação de variedades locais, tradicionais ou crioulas, ameaçadas pela erosão genética; a promoção e a manutenção do equilíbrio do sistema de produção como estratégia de promover a sanidade dos animais e vegetais; a interação da produção animal e vegetal e a valorização dos aspectos culturais e a regionalização da produção) e os aspectos sociais de produção (relações de trabalho fundamentadas nos direitos sociais determinados pela Constituição Federal e a melhoria da qualidade de vida dos agentes envolvidos em toda a rede de produção orgânica)” (MAPA, 2008).

Embora haja o empenho de muitos produtores em desenvolver sistemas orgânicos e agroecológicos de produção, existe um descompasso entre o segmento produtivo e os setores da pesquisa agropecuária. Como estes sistemas produtivos são complexos, a pesquisa científica, a partir dos métodos convencionais, não tem conseguido responder às necessidades do desenvolvimento tecnológico para o manejo dos pomares (Dal Soglio et al., 2006).

Os poucos trabalhos existentes no segmento orgânico/agroecológico, bem como a necessidade crescente frente a um número cada vez maior de produtores adeptos a este sistema de produção, desafia os centros de pesquisa na busca de inovações tecnológicas que contemplem estas novas demandas.

2.2 Técnicas de manejo de solo em pomares

Pomares citrícolas podem ser manejados de diversas formas, sendo que variações podem ser introduzidas, conforme condições ecológicas e econômicas. Podem ser classificadas em: solo sempre limpo, solo com cobertura vegetal permanente, solo com cobertura morta permanente e solo limpo na estação seca e coberto na estação chuvosa (Dornelles, 1971; Jones & Embleton, 1973). Outras modalidades, como cobertura verde dos solos em faixas alternadas e uso de culturas intercalares podem ser acrescentadas (Koller, 1994).

A manutenção do solo sempre limpo consiste em controlar a vegetação espontânea sempre que esta começar a competir com os citros. Métodos mecânicos de controle da vegetação espontânea proporcionam bom desenvolvimento e produção de plantas citrícolas. Entre os implementos que podem ser empregados para esta técnica estão a enxada (capina manual), enxada rotativa e grades (cultivo mecânico).

O uso da capina manual só justifica seu emprego ao redor das plantas (coroa) ou em faixas laterais, ou ainda em determinadas situações, onde a mão-de-obra é abundante e quando os pomares se localizam em áreas declivosas (Petto Neto, 1991).

Já o emprego da enxada rotativa pulveriza o solo e aumenta muito a suscetibilidade do mesmo à erosão, sendo seu uso indicado para ser utilizado superficialmente (0,03m), com vegetação espontânea ainda pequena (Durigan, 1994). O custo operacional alto, bem como o baixo rendimento de trabalho deste implemento, motiva sua substituição pela grade, que incorpora parcialmente a cobertura vegetal ao solo, bem como melhora a infiltração de água e ar no solo provocado pelo revolvimento de leivas e abertura de sulcos.

Tais implementos de mobilização do solo, todavia, têm altos custos e seu emprego degrada a estrutura do solo, facilitando a erosão, o que pode dificultar o trânsito de máquinas no pomar e também provocar ferimentos nas raízes das plantas, predispondo ao ataque de fungos patogênicos como *Phytophthora* spp (Dornelles, 1971; Moreira, 1988; Berger, 1990; Koller, 1994).

Como a maior concentração das radículas dos citros, responsáveis pela absorção de água e nutrientes está principalmente nos primeiros 0,20m de profundidade, com o revolvimento do solo pelo uso da grade se observou, em experimentos realizados, aumento da incidência e severidade de *Phytophthora* (Oliveira et al., 1981).

O controle químico da vegetação espontânea por meio de herbicidas ainda é um método bastante empregado na citricultura. Seu emprego atinge espécies não controladas pelo método mecânico e evita os problemas causados pelo revolvimento do solo. Contudo, a potencial toxidez provocada ao homem, animais e plantas; o custo e o possível aparecimento de espécies tolerantes ao produto que passam a predominar no pomar são desvantagens que limitam sua utilização (Koller, 1994; Wright et al., 2003).

O manejo com cobertura vegetal permanente se caracteriza pela manutenção de plantas de porte baixo no pomar, espontâneas ou implantadas, controlando seu crescimento com roçadora ou rolo-faca. Outros mecanismos utilizados para realização deste manejo consistem em arranjos mecânicos como correntes ou troncos de arraste, que tombam e amassam a vegetação.

Apesar de estes manejos apresentarem certas desvantagens, (concorrência, principalmente de gramíneas, por água, luz e nutrientes com os citros, alelopatia e hospedagem de moléstias e pragas), seus benefícios são significativos, uma vez que controlam a erosão, melhoram a estrutura do solo e aumentam o seu teor de matéria orgânica. Também podem adicionar nitrogênio ao solo (no caso das leguminosas) e servir de alimento e abrigo para inimigos naturais de pragas (Koller, 1994).

Alguns sistemas de manejo de solo mesclam a manutenção da vegetação e o solo limpo, no tempo e no espaço. A manutenção do solo limpo, durante a época mais seca do ano, evita a competição das ervas com os citros por água enquanto o solo coberto na época chuvosa evita a erosão. Outros sistemas mantêm faixas de vegetação em entrelinhas alternadas no pomar, fazendo certo controle dos prejuízos de cada sistema (Koller, 1994).

2.2.1 Cobertura vegetal

A cobertura vegetal, incluindo a utilização de adubos verdes, é uma prática milenar, sendo definida como o uso de material vegetal, não decomposto, produzido no local ou não, na superfície do solo. Esta prática pode acarretar alterações desejáveis no solo, levando a cultura cultivada a se beneficiar destas mudanças, refletindo em maiores rendimentos (Primavesi, 1986; Akobundu, 1986; Ambrosano, 2001).

A utilização de cobertura vegetal no solo de forma continuada reflete principalmente no acúmulo de matéria orgânica, grande responsável pela melhoria nas condições físicas do solo, como densidade, porosidade e estabilização de agregados (Campos et al., 1995; Bayer & Mielniczuk, 1997; Arvidsson, 1998); nas condições químicas, como na capacidade de troca de cátions, disponibilidade de macro e micronutrientes e aumento da fertilidade, bem como biológicas, como aumento da biomassa microbiana do solo e a fixação de nitrogênio (Calegari et al., 1993).

A manutenção da cobertura vegetal na superfície vem sendo amplamente utilizada como alternativa para diminuir as variações de temperatura do solo, reduzir as perdas por erosão, reter maior quantidade de água no solo e promover maiores rendimentos dos cultivos agrícolas (Bragagnolo & Mielniczuk, 1990).

Atualmente, o manejo de cobertura é cada vez mais estudado e indicado como técnica conservacionista. Levien et al. (1990) apontam que a manutenção de cobertura sobre o solo, o incremento de matéria orgânica e o mínimo preparo possível preservam a estrutura superficial e mantêm altas taxas de infiltração de água, devido ao aumento da retenção superficial e a não formação de selamento pelo impacto das gotas de chuva. Trabalhos de Vieira (1994) e Chaves et al. (1997) também reforçam estas afirmações.

2.2.2 Uso de plantas de cobertura do solo em pomares

Estudos apontam que a manutenção do solo livre de vegetação favorece o crescimento e produção das frutíferas, uma vez que estas ficam livres de competição por luz, água e nutrientes.

Em Cruz das Almas/BA, Passos et al. (1973) estudaram em solo arenoso de tabuleiros o efeito de cinco métodos de manejo do solo em pomar de laranjeira Valência enxertada sobre limoeiro Cravo: a) adubação verde permanente; b) culturas intercalares (rotação com mandioca, fumo, amendoim e feijão-macassar) por 5 anos; c) grade no verão mais ceifadeira no inverno; d) grade permanente; e) ceifadeira permanente. As plantas do tratamento 'd' foram mais vigorosas, em contraste às plantas do tratamento 'e'. Já os tratamentos 'c' e 'd' induziram maior produção de frutos nas plantas.

No Rio Grande do Sul, Portelinha (1995) comparou nove sistemas de manejo do solo em pomar da tangerineira Montenegrina: a) vegetação espontânea ceifada; b) cobertura morta; c) capina da coroa associada à enxada rotativa até 1,0m além da projeção da copa e vegetação ceifada no restante da entrelinha; d) solo totalmente limpo com enxada rotativa na entrelinha e capina na coroa; e) solo coberto com azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) no outono e inverno, com vegetação espontânea roçada nas entrelinhas na primavera e verão, com capina na coroa; f) tratamento com ervilhaca (*Vicia sativa* L.) no lugar do azevém; g) trevo-branco (*Trifolium repens* L.) no outono, inverno e primavera e vegetação espontânea roçada no verão, com capina da coroa; h) mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum* Piper & Tracy) da primavera ao outono e vegetação espontânea roçada nas entrelinhas no inverno, com capina da coroa; e i) semelhante ao h, mas com feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC.) em vez de mucuna-preta. Os tratamentos 'c' e 'd' proporcionaram maior crescimento das plantas, oposto ao tratamento 'a'. As maiores produções foram dos tratamentos 'd' e 'i' e a menor do 'a' (média das primeiras quatro safras) em função de não existir competição por água e nutrientes do citros para com outras plantas.

Outros estudos apontaram aspectos positivos da cobertura vegetal. Carvalho et al. (2001a) trabalharam com pomares de laranjeira Pêra enxertada

sobre limoeiro Cravo em dois locais (Lagarto, SE e Conceição de Almeida, BA), comparando dois sistemas de manejo: a) cobertura vegetal com feijão-de-porco nas entrelinhas associada à subsolagem e uso de herbicida pós-emergente nas linhas; e b) três capinas manuais nas linhas e três gradagens nas entrelinhas. O tratamento 'a' elevou a produtividade das plantas em 28,2 e 40,2 % na BA e SE, respectivamente comparado ao 'b'.

Outro trabalho de Carvalho et al. (2001b) avaliaram o mesmo sistema descrito acima, e comparou com o tratamento c) uso de feijão-de-porco manejado com herbicida em março/abril e setembro/outubro, em quatro locais na Bahia e Sergipe e concluíram que este tratamento foi superior em produção e qualidade dos frutos.

González e Neves (1992) compararam em um Latossolo de Londrina, PR, quatro sistemas de manejo de solo em pomar de tangerineira Poncã (*Citrus reticulata* Blanco) enxertada sobre Cravo (*Citrus limonia* Osb.): a) cobertura permanente com *Indigofera endecaphylla*; b) cobertura permanente com amendoim silvestre (*Arachis prostrata*); c) cobertura durante a primavera e o verão com mucuna (*Stizolobium* sp.) roçada no florescimento, e d) gradagem na seca e roçada nas chuvas. A produção do 2º ao 4º ano foi muito semelhante entre os tratamentos. Provavelmente o tempo de aplicação dos tratamentos não foi suficiente para influenciar a produtividade das plantas, o que é indicativo de que o efeito do manejo do solo se dá em longo prazo.

Cintra et al. (1983) e Fidalski et al. (2007) observaram que a redução ou eliminação da cobertura vegetal das entrelinhas dos pomares acarreta efeitos negativos sobre as condições físicas do solo, como aumento da densidade.

Todavia, a contribuição da cobertura vegetal nas características do solo tem relação direta com a frequência, qualidade e quantidade do material incorporado. Neste particular, Auler et al. (2008) observaram que as plantas de cobertura permanente (gramíneas e leguminosas), utilizadas nas entrelinhas do pomar, não comprometem a produção de laranjeiras, mas sugerem o uso de gramíneas como cobertura permanente em detrimento de leguminosas por sua maior contribuição em carbono orgânico (CO) ao solo.

Por sua vez, Fidalski & Stenzel (2006), após seis anos de manejo de plantas de laranjeira enxertadas sobre diferentes porta-enxertos e com diferentes plantas de cobertura permanente nas entrelinhas, constataram redução na produção de frutos da laranjeira Folha Murcha enxertada sobre limoeiro Cravo, com as entrelinhas cultivadas com amendoim forrageiro (*Arachis pinto*), em relação à grama-forquilha (*Paspalum notatum*).

Já Ragozo et al. (2006) não encontraram diferenças para o peso dos frutos e peso de frutos por planta ao avaliarem a produtividade da laranjeira Pêra enxertada em limoeiro Cravo, tendo suas entrelinhas cultivadas por dois anos com feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* DC), labe-labe (*Dolichus lablab* L.), guandu-anão (*Cajanus cajan* L. Millsp) e braquiária brizanta (*Brachiaria brizantha* Hochst ex A. Rich. Stapf). Esses autores atribuíram a falta de respostas ao período curto de tempo para realização da pesquisa.

Vários autores relatam que com o controle efetivo da vegetação em toda a extensão na linha de plantio de citros até a projeção da copa das plantas, mantendo-se as entrelinhas vegetadas e roçadas, resultados favoráveis ou no mínimo equivalentes são obtidos em relação a outros métodos de manejo das entrelinhas (Santinoni & Silva, 1995; Tersi et al., 1999; Carvalho et al., 2002; Auler et al., 2008).

2.3 Física do solo: compactação e seus reflexos em áreas de pomares

A compactação dos solos é um dos fatores limitantes da produção de citros (Oliveira & Merwin, 2001). Pode ser ocasionada por fatores intrínsecos ao solo, como textura, estrutura, ciclos de secagem e umedecimento e densidade do solo (Culley & Larson, 1987; Horn, 1988) e também por fatores externos como: tipo, intensidade e frequência da pressão aplicada por máquinas agrícolas (Soane et al., 1981; Lerink, 1990; Lebert & Horn, 1991). Para Hillel (1982), a compactação pode ser definida como o processo de redução de volume (compressão) de um solo não saturado por causas de natureza antropogênica, o qual se encontra relacionado à expulsão do ar.

Segundo Negi et al. (1980) e Hakansson & Voorhess (1997), compactação do solo acarreta um aumento da densidade do solo e da resistência à penetração, reduz a aeração, altera o fluxo de calor, além de afetar a condutividade hidráulica, permeabilidade e infiltração de água no solo. Já Mazza et al. (1994) apontam que a compactação do solo pode reduzir a microporosidade, ocasionar sensível redução do sistema radicular, diminuir a quantidade de água disponível no solo bem como a absorção de nutrientes, ocasionando redução na produtividade.

Em função da profundidade em que ocorre, a compactação pode ser superficial ou subsuperficial. A compactação superficial é a que ocorre no interior da camada arável (Ap), enquanto que a compactação subsuperficial ocorre abaixo desta camada, devido à transmissão das tensões aplicadas na superfície do solo (Jorajuría, 2005).

Algumas alternativas mecânicas (escarificação ou subsolagem) utilizadas para minimizar os efeitos da compactação subsuperficial são tecnicamente difíceis de serem realizadas, em especial nas áreas com pomares (requerem baixo teor de água em todo perfil a ser mobilizado), econômica e energeticamente dispendiosas, nem sempre eficientes e podem tornar o subsolo ainda mais suscetível à recompactação (Alakukku et al., 2003; Jorajuría, 2005).

Resende et al. (2002) observaram que a subsolagem modificou a estrutura do solo, reduzindo a resistência à penetração radicular, melhorou a circulação de ar, água e nutrientes e aumentou o volume de solo explorado pelas raízes, em experimento com laranjeira Pêra. Já Gomes et al. (2003), no entanto, não observaram efeito da subsolagem e do plantio de *Crotalaria spectabilis* em pomar de laranjeira Valência sobre a densidade e a porosidade do solo.

Em pomar de laranjeira Pêra no município de Rolândia, PR, sob solo classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico Bordin et al. (2005) compararam entrelinhas escarificadas a 0,30m de profundidade e 1,0m entre hastes escarificadoras com entrelinhas não escarificadas e constataram que não houve efeito da escarificação na densidade e porosidade do solo e nem na

quantidade e distribuição de raízes das laranjeiras, independente da profundidade e posição em relação à planta.

2.3.1 Tráfego de máquinas em pomares

Com a mecanização, a citricultura passou a contar com elevado índice de tráfego em seus pomares. A intensidade do tráfego de máquinas na realização de operações como adubação, pulverização e colheita condicionam a resposta do solo à compressão, ou seja, determina o grau de alteração das propriedades físicas do solo (Soane et al., 1982; Culley & Larson, 1987; Gysi, 2001).

O tráfego de máquinas gera tensões no solo. Estas, ao ultrapassar a carga de suporte do mesmo, acabam gerando uma alteração no espaço poroso do solo. Em geral ocorre redução no volume de macroporos (Tormena et al., 1998; Kulli et al., 2003; Silva et al., 2003; Tarawally et al., 2004; Servadio et al., 2005; Schäffer et al., 2007), enquanto que o de microporos permanece inalterado, reduzindo a porosidade total (Tormena et al., 1998) ou até mesmo aumenta, neste caso sem alterar a porosidade total (Tarawally et al., 2004; Schäffer et al., 2007).

De maneira geral, o tráfego de máquinas tende a aumentar a densidade do solo e diminuir a porosidade total (Jorajúria & Draghi, 1997; Tormena et al., 1998; Mosaddeghi et al., 2000; Kulli et al., 2003; Silva et al., 2003; Tarawally et al., 2004; Servadio et al., 2005; Botta et al., 2006). O aumento da resistência à penetração (Veiga et al., 2007), a diminuição da capacidade de infiltração de água (Li et al., 2007) e da condutividade hidráulica saturada (Silva et al., 2003; Servadio et al., 2005) também são resultados do tráfego de máquinas.

Há uma particularidade quanto ao tráfego de máquinas em pomares. Uma vez que as entrelinhas da cultura comercial têm espaçamento fixo, todas as operações mecanizadas ocorrem sempre sob uma mesma região do solo. A repetição destas operações acaba acarretando 'zonas exclusivas' de contato pneu-solo e gerando uma heterogeneidade quanto às características físicas do

solo, como demonstram estudos de Sanches et al. (1999); Lima et al. (2004) e Fidalski et al. (2007).

Andrioli et al. (2003) observaram em experimento realizado em um Latossolo Vermelho Distrófico de textura média, menor presença de raízes de laranjeira Valência na zona tráfego de máquinas e valores de resistência à penetração de cerca de 3,9 MPa, superiores aos valores identificados na região sem tráfego, de aproximadamente 2 MPa.

Lima et al. (2004) com experimento instalado em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura franco arenosa, num pomar de laranjeira Pêra (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), constataram aumento da compactação do solo da linha de plantio à entrelinha, sendo que na entrelinha os valores de resistência à penetração indicaram um estado limitante ao crescimento radicular.

Já no experimento em pomar de laranjeira (*Citrus sinensis* cv. Valencia), em Latossolo Vermelho Distrófico de textura média, foram testados três sistemas de manejo: a) plantio direto de adubação verde de Crotalaria (*Crotalaria spectabilis*); b) subsolagem a 0,4m de profundidade e c) testemunha, realizado controle das plantas espontâneas com roçadora. Os maiores valores de resistência à penetração foram obtidos na profundidade de 0,10 - 0,20m na posição do rodado das máquinas (> 4 MPa) e na entrelinha (> 3 MPa) (Minatel et al., 2003).

A profundidade e a intensidade da compactação do solo pelo tráfego de máquinas dependem da forma de aplicação e da magnitude das tensões aplicadas, ou seja, do tipo e das dimensões dos rodados e da carga sobre eles aplicada (Hamza & Anderson, 2005).

2.3.2 Água no solo

A compactação do solo afeta a distribuição das proporções das frações sólidas, líquidas e gasosas no solo e, em consequência, pode alterar a dinâmica da água no solo. O processo de desenvolvimento das plantas

depende da distribuição das precipitações ao longo do ano agrícola, mas também da potencialidade do solo em armazenar e disponibilizar água.

Para Kutilek & Nielsen (1994), a infiltração é definida como a entrada de água no solo através de sua superfície, podendo assumir as mais variadas formas no solo, o qual pode ser coberto pela água em sua totalidade ou apenas parcialmente.

Já a velocidade com que a infiltração ocorre é um processo dinâmico, pelo qual a água penetra no perfil do solo, a partir da superfície, em função do tempo decorrido. Inicialmente seu valor é elevado, diminuindo com o tempo, até se tornar constante com a saturação do solo, podendo sofrer influência das características da camada superficial do solo, entre eles a vegetação natural, restos culturais ou parcialmente incorporados, rugosidade superficial, porosidade e umidade inicial.

Para Reichardt (1987), a velocidade de infiltração (VI) é um processo desacelerado, começa com uma taxa alta e vai decrescendo gradativamente, no tempo, até atingir certo equilíbrio dinâmico. Neste caso, quando a velocidade praticamente passa a não mais variar com o tempo passará a ser chamada de velocidade básica de infiltração (VIB) ou taxa constante de infiltração (TCI).

As práticas de manejo, todavia, podem alterar a estrutura do solo, influenciando a produtividade das culturas, diminuindo a disponibilidade de água, a difusão de oxigênio e aumentando a resistência à penetração de raízes (Tormena et al., 1998).

A competição por água, entre a vegetação nas entrelinhas e linhas de plantio e as plantas cítricas, tem sido apontada como fator determinante na definição de sistemas de manejo do solo, uma vez que o regime hídrico e a forma como se maneja a vegetação na linha de plantio podem ter grande influência sobre a produção de frutos.

Em pomares, a infiltração de água no solo em diferentes sistemas de manejo foi medida em experimento de São José et al. (1993) em Bebedouro, SP, em um Latossolo Vermelho Escuro. O solo das parcelas submetidas a capina permitiu maior infiltração de água, já que o procedimento fazia uma

frequente escarificação superficial do solo e mantinha a vegetação capinada sob a superfície. O tratamento com o herbicida Diuron afetou negativamente a infiltração, porque limitou o desenvolvimento de cobertura vegetal do solo, já que é um herbicida pré-emergente, permitindo a compactação superficial pelo impacto das gotas da chuva diretamente no solo. O tratamento com o herbicida Paraquat (ação de contato) exige que as plantas daninhas estejam crescidas, restando cobertura após a morte das plantas. O tratamento com Diuron foi superior em produção de frutos, por deixar o solo limpo por mais tempo, evitando a competição do citros por nutrientes com as plantas espontâneas.

Cintra et al. (1983) mediram características do solo de um pomar de citros submetido aos manejos: a) herbicida Diuron, herbicida Diuron+Bromacil; b) grade no verão e ceifagem no inverno; c) grade permanente e d) ceifagem permanente. Os tratamentos com herbicidas (pré-emergentes) e gradagem levaram à compactação superficial do solo, reduzindo a infiltração de água, e conduzindo à menores teores de matéria orgânica que os outros tratamentos. O tratamento grade permanente proporcionou maior taxa constante de infiltração, enquanto Diuron+Bromacil a menor, sendo essa diferença explicada como decorrente do selamento superficial do solo descoberto pelo impacto direto das gotas da chuva, situação essa desfeita pela ação da grade.

Carvalho et al. (2001b) constataram melhorias na densidade do solo, na porosidade (macro, micro e total), na infiltração de água e na capacidade de armazenamento de água do solo quando utilizado cobertura vegetal com feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) nas entrelinhas, associada ao uso de herbicida pós-emergente nas linhas comparado ao manejo com três capinas manuais nas linhas e três gradagens nas entrelinhas.

2.3.3 Métodos para medir a compactação do solo

Existem vários métodos para se identificar a compactação do solo em pomares no qual se destacam: as determinações pelo método do perfil cultural (Tavares Filho et al., 1999), pela porosidade do solo (Soares et al.,

2005), pela densidade (Sanches et al., 1999) e pela resistência à penetração (Abercrombie & Plessis, 1995), sendo os dois últimos mais utilizados.

A densidade do solo é uma relação entre a massa de sólidos e o seu volume. O uso da densidade do solo como indicador da compactação do solo tem, como grande vantagem, a independência em relação ao teor de água durante a avaliação. Chancellor (1994) aponta, porém, que são necessárias diversas amostragens para detectar diferenças significativas nesta variável. Além disso, o método padrão para quantificação da densidade do solo (EMBRAPA, 1997), que envolve a coleta de amostras indeformadas por meio de anéis volumétricos, é trabalhoso, demorado e destrutivo.

Na pesquisa, ainda não existe um consenso em relação ao valor crítico a partir do qual o solo pode ser considerado como compactado. Conforme Hakansson & Lipiec (2000), há dificuldade em se extrapolar resultados experimentais de valores de densidade do solo críticos ao desenvolvimento de plantas, uma vez que a resposta dessas varia de solo para solo, principalmente em função da textura.

Reichert et al. (2003), baseado em estudos relacionados ao intervalo hídrico ótimo (IHO), propõem valores de densidade do solo limitantes para o desenvolvimento de culturas anuais: em média, a 1,75; 1,45 e 1,30 Mg m⁻³ para solos de textura arenosa, média e muito argilosa, respectivamente.

Já o uso de penetrômetros serve para quantificar a resistência mecânica do solo à penetração (RP). O equipamento, dotado de uma haste metálica e um cone em uma das extremidades, mede a força por unidade de área (pressão) necessária para que o cone penetre no solo (Chancellor, 1994).

Como a forma de utilização do penetrômetro e as características do cone influenciam os resultados, foram desenvolvidas normas técnicas de padronização deste equipamento, descritos em ASAE, 1999.

O uso da RP tem como principal vantagem a praticidade e rapidez na obtenção dos resultados. Como os penetrômetros conseguem medir a resistência do solo a pequenos incrementos de profundidade, se torna uma ferramenta diferencial frente aos outros métodos que utilizam outras propriedades físicas (Silva, 2003).

Voorhees et al. (1978), estudando os efeitos do tráfego de máquinas sobre o solo, constataram que a RP foi mais sensível como indicador de compactação do que a densidade do solo. Conclusões semelhantes também obtiveram os trabalhos de Abreu et al. (2004); Bonel et al. (2005) e Botta et al. (2006).

O principal limitante no uso da resistência à penetração é a sua dependência em relação ao teor de água, fator que dificulta a comparação dos resultados obtidos em diferentes locais/épocas (Raper, 2005).

Leão (2002) lembra que, apesar da boa correlação entre crescimento radicular e RP, os mecanismos de atuação dos penetrômetros e das raízes são distintos.

Em termos gerais, o valor de 2 MPa é considerado como limite crítico de RP, acima do qual o crescimento radicular é prejudicado (Nesmith, 1987; Imhoff, 2002). Contudo, tal valor pode ser variável entre diferentes espécies vegetais, ciclo da cultura (anual ou permanente), entre o estágio de desenvolvimento das mesmas, bem como o tipo de solo e as características do penetrômetro utilizado nas medições. Enquanto diversos trabalhos de pesquisa apontam valores críticos de RP determinados inferiores a 2 MPa (Rosolem et al., 1994; Foloni et al., 2003; Rosolem et al., 2002; Beutler & Centurion, 2004), outros concluem que este valor não é limitante à produtividade (Klein & Câmara, 2007).

2.4 Química do solo: fertilidade

Existe na literatura, grande diversidade de materiais que trazem recomendações de adubação para pomares de citros (Grupo Paulista de Adubação e Calagem para Pomares de Citros, 1994; Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC, 2004; Koller, 2005; GRUPEX, 2005). Todavia, não é possível fazer recomendações de adubação que possam, ou que devam ser aplicadas indiscriminadamente em todos os pomares.

O tipo de solo, a região, o clima, as variedades utilizadas, a idade das plantas, a presença de pragas e/ou moléstias, bem como os sistemas de

manejo empregados são fatores que devem ser obrigatoriamente avaliados para um bom manejo de fertilidade do solo e com consequências positivas na produtividade final da cultura.

O sistema orgânico de produção de citros preconiza a utilização de compostos orgânicos e biofertilizantes, bem como o manejo da vegetação espontânea das entrelinhas do pomar sem a mobilização do solo. Esses procedimentos têm reflexos diferenciados sobre a fertilidade do solo, em relação à adubação tradicionalmente recomendada (não-orgânica).

Para um bom manejo da fertilidade do pomar, se faz importante conhecer o comportamento que cada nutriente tem no solo, como se dá sua disponibilização para as plantas bem como o papel que cada nutriente tem no desenvolvimento das plantas, principalmente na produtividade e qualidade físico-química dos frutos (Braga, 1986; Koller, 1994).

Plantas que enfrentam carências nutricionais evidenciam sinais de deficiência dos nutrientes, que não são absorvidos em quantidade suficiente, como cloroses e alterações na forma e/ou tamanho das folhas; atraso ou diminuição da taxa de crescimento; morte de ramos novos; redução ou falta de floração e frutificação, e anomalias nos frutos (Koller, 2005).

Koller et al. (1986) realizaram levantamento do estado nutricional de pomares de citros do Rio Grande do Sul e verificaram que, em ordem decrescente, ocorrem carências em Zn, Mg, N e Mn.

Zanette et al. (1978) verificaram que adubações com N deram a melhor resposta em aumento da produção de laranjeiras Pêra. Panzenhagen et al. (1999), estudando o efeito de adubações a partir de compostos orgânicos e de adubações sintético-industriais sobre a produção de tangerineiras Montenegrina, verificaram que adubações com N, sob a forma de sulfato de amônio, diminuíram o pH do solo e aumentaram a produção de tangerinas, mas diminuíram o tamanho dos frutos. Os efeitos da adubação com estrume de aves se equivaleram aos de adubos sintético-industriais. Com estrume de bovinos a produção de frutos foi menor do que com adubos sintético-industriais, mas a qualidade dos frutos foi melhor.

Em estudos sobre efeitos do manejo de solo sobre o teor de CO₂ realizados por Cintra et al. (1983); Neves & Dechen (2001) e Wright et al. (2003) foi constatada redução nos teores de CO₂ do solo em pomares de citros

com manejos das entrelinhas baseados na manutenção do solo com baixa cobertura vegetal, seja por meio de herbicida, grade ou capinas. Da mesma forma, Neves et al. (2005) constataram que o pomar mantido com vegetação nas entrelinhas apresentou, na camada de 0–10m do solo, cerca de 80 % do total de CO do mesmo solo sob vegetação nativa de floresta, enquanto o tratamento sem vegetação apresentou 50 % desse total.

Em sistemas orgânicos que utilizam adição de compostos orgânicos no solo, em princípio, não é necessário aplicar as doses de nutrientes que seriam requeridas em adubações com compostos sintético-industriais, porque as perdas de nutrientes serão menores. Além disso, a disponibilização de nutrientes com adubações orgânicas é maior do que com compostos sintético-industriais, porque os adubos orgânicos ativam a microflora e fauna do solo (Koller, 2005).

Todavia, além da contribuição em nutrientes, é importante caracterizar e monitorar a quantidade e a frequência da adição de compostos orgânicos no solo, uma vez que em sua constituição também existem outros componentes ou propriedades indesejáveis, como metais pesados e alcalinizantes, que podem ocasionar toxidade à cultura comercial reduzindo sua produtividade, como acarretar a poluição do sistema solo-água (Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2004).

3. ESTUDO I: ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM POMAR ORGÂNICO DE CITROS COM DIVERSOS MANEJOS DE VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA

3.1 Introdução

A citricultura manejada sob sistema orgânico de produção vem ganhando espaço do cenário nacional e também no estado do Rio Grande do Sul. A substituição de fertilizantes sintético-industriais, a necessidade de diminuição de custos, bem como o aumento da consciência ambiental por utilização de práticas agrícolas menos agressivas ao ambiente trazem novas demandas para a pesquisa científica investigar.

Nos pomares citrícolas sob sistema orgânico de produção, muitos agricultores optam pela manutenção permanente de cobertura vegetal nas entrelinhas do pomar, manejando seu crescimento com roçadas, capinas ou tombamento da vegetação com arraste de troncos. Além disso, preconizam adubações com adição de compostos orgânicos e aplicações de biofertilizantes foliares. Essa forma de condução pode apresentar modificações das características físicas, químicas e biológicas do solo.

Para Oliveira (1991) e Mazza et al. (1994), as limitações impostas ao crescimento e desenvolvimento do sistema radicular no solo estão entre as causas da redução de produção dos pomares citrícolas. Os pomares podem apresentar compactação do solo, proveniente do tráfego excessivo causado pelo elevado número de operações, como adubações, pulverizações e manejo da vegetação nas entrelinhas (Tersi & Rosa, 1995).

A compactação ocorre principalmente em locais determinados nas entrelinhas de plantio, em razão da distribuição do peso e área de contato

pneu-solo, ou pressão de contato dos rodados que trafegam sobre o solo (Minatel et al., 2006).

No Brasil, é reconhecido que o manejo mecanizado na cultura dos citros resulta na heterogeneidade das propriedades físicas do solo, como verificado nos estudos de Sanches et al. (1999); Lima et al. (2004) e Fidalski et al. (2007).

Entre os atributos físicos que podem ser afetados pela compactação do solo se destacam: o aumento da densidade do solo e da resistência à penetração, a redução da macroporosidade, da aeração, alteração do fluxo de calor, além de afetar a condutividade hidráulica, permeabilidade e infiltração de água no solo (Negi et al., 1980; Hakansson & Voorhess, 1997; Mazza et al., 1992).

Conhecer o processo de infiltração de água e suas relações com as propriedades físicas do solo é relevante para o manejo do pomar, uma vez que este processo pode influenciar o balanço de água na zona radicular, ocasionar a erosão do solo e promover a lixiviação de nutrientes em profundidade, fatores que por sua vez refletirão na produtividade final da cultura.

O objetivo do presente trabalho foi de caracterizar atributos físicos do solo (macro, micro e porosidade do solo; densidade do solo; infiltração de água e resistência mecânica à penetração), visando relacionar tais resultados com os diferentes manejos da vegetação espontânea aplicados nas entrelinhas do pomar de tangerineiras.

3.2 Material e métodos

3.2.1 Localização da área experimental

O experimento foi conduzido em um pomar orgânico de tangerineiras, na propriedade do Sr. Luiz Laux, no município de Montenegro, região fisiográfica da Depressão Central/RS. Conforme EMBRAPA (1999), o solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo

Distrófico arênico, sendo constituído por 85% de areia, 10% de argila e 5% de silte e pertencendo à unidade de mapeamento Bom Retiro (Brasil, 1973).

A área apresenta uma declividade entre 0,08 e 0,12m m⁻¹ e o clima da região é subtropical úmido (Cfa, pela classificação de Köppen), com temperatura média anual de 19,4°C e precipitação anual de 1.365mm (Defesa Civil/RS, 2009).

3.2.2 Histórico da área experimental

O talhão no qual se encontra instalado o experimento foi implantado em agosto de 1990, por meio de manejo convencional, utilizando arado e grade para mobilização do solo, com posterior plantio manual das mudas de tangerineiras (*Citrus reticulata*) da variedade Montenegrina, enxertada sobre *Poncirus trifoliata*, sendo as linhas de plantas orientadas em nível, no sentido transversal ao aclave-declive do terreno. Como espaçamento foi utilizado 3m entre plantas na linha e 6,5m nas entrelinhas, sendo que nos primeiros anos de instalação nas entrelinhas foram cultivados aipim e melancia, tendo como manejo habitual o uso de arado de boi nas entrelinhas, capina e roçadas manuais ao redor das plantas.

No ano de 1998, o produtor optou pela conversão da área para o sistema orgânico de cultivo. Como primeira adubação foi feita aplicação de composto sólido de casca de acácia negra (*Acácia mearnsii*) e biofertilizante líquido provindo da Ecocitrus³.

Para as primeiras adubações, o proprietário não soube especificar as quantidades utilizadas. Atualmente é adotada em intervalos bianuais a aplicação de 30m³ ha⁻¹ de composto sólido de bagaço de citros e em intervalos anuais, 30m³ha⁻¹ de composto líquido da Ecocitrus.

Entre os demais tratamentos culturais empregados – raleio de frutos, tratamentos fitossanitários, roçadas e colheita – estimam-se em média 10 passagens de máquinas pelas entrelinhas do talhão.

A produtividade do pomar sob manejo orgânico é em média de 25 kg/planta, aproximadamente a metade da obtida através do manejo

³ Cooperativa dos Citricultores Agroecológicos do Vale do Caí, formada em 1994 com sede em Montenegro/RS.

convencional de cultivo para a região⁴. Destacam-se como principais moléstias da área a pinta preta (*Guignardia citricarpa*) e a gomose (*Phytophthora spp*).

Nas entrelinhas do pomar do talhão experimental, existe uma cobertura florística bastante diversa, sendo que as espécies que compõem a vegetação espontânea foram identificadas (Apêndice 1), destacando-se entre as predominantes a trapoeraba (*Tradescantia zebrina* Heynh.) e o azevém (*Lolium multiflorum* Lam.).

3.2.3 Tratamentos

O experimento foi instalado em novembro de 2007, delimitando-se como área útil de cada parcela três linhas de tangerineiras com duas entrelinhas por tratamento, constituídas por 15 tangerineiras (5 plantas por linha), contando ainda com uma entrelinha bordadura separando os tratamentos, totalizando 234m² de área útil. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com parcelas sub-subdivididas e quatro repetições.

Os tratamentos principais constam de quatro tipos de manejo de cobertura: T1, solo gradeado com grade niveladora em tandem, montada com 20 discos de 18" de diâmetro, visando incorporação parcial da vegetação espontânea no solo com profundidade aproximada de 0,10 - 0,15m; T2, acamamento da vegetação espontânea através do arrastamento de dois segmentos de tronco de madeira dispostos em 'V' cada qual com 0,35m de diâmetro e com dispositivos para acoplamento no sistema de três pontos de um trator; T3, corte mecânico da cobertura realizado através de roçadeira com 2,15m de comprimento e 1,70m de largura, e T4, acamamento da vegetação espontânea através do emprego do rolo-faca, distribuídos conforme croqui constante no Apêndice 2. Na aplicação dos tratamentos todos os equipamentos foram tracionados por trator Yanmar 1055 (4x2) de 55 CV, com peso total de 1985 kg, conforme Figura 1.

⁴ Dados fornecidos pelo agricultor.



GRADE – T1



TRONCO 'V' – T2



ROÇADA – T3



ROLO FACA – T4

FIGURA 1: Equipamentos utilizados na aplicação do manejo da vegetação espontânea

O experimento foi analisado de acordo com o delineamento de parcelas sub-subdivididas, considerando-se os tratamentos (T1, T2, T3 e T4) como tratamentos principais designados ao acaso, os locais rodado e projeção da copa (R e PC) como subtratamentos designados ao acaso dentro da parcela, e as profundidades (0 - 0,10 e 0,10 - 0,20m) como sub-subtratamentos.

Na execução deste trabalho foram feitos dois manejos da vegetação espontânea, respectivamente nos meses de outubro/07 e maio/08, datas definidas em função do crescimento natural da vegetação.

3.2.4 Atributos físicos avaliados

3.2.4.1 Análise granulométrica

Para a determinação da análise granulométrica, foi coletado ao acaso na área do experimento, em julho/2007, com o emprego de trado calador, cinco amostras de solo em duas camadas (0 - 0,20m e de 0,20 - 0,40m), que foram secas ao ar, trituradas e passadas em peneiras de 2mm, sendo esta fração (TFSA) utilizada nas determinações das porções de silte, areia e argila da área experimental, conforme metodologias da EMBRAPA, (1997).

3.2.4.2 Infiltração de água no solo

Os ensaios de infiltração em campo foram executados nos meses de dezembro/2007, janeiro/2008, março/2008 e maio/2008, utilizando o infiltrômetro de anéis concêntricos, conforme metodologia descrita por Bernardo et al. (2005). Em cada tratamento, os testes de infiltração foram realizados em 4 (quatro) lugares distintos - projeção da copa (PC), rodado (R), rodado a 0,10m de profundidade (Rp - no qual se retirava a camada superficial de solo) e entre rodado (ER) - objetivando a identificação de zonas distintas de infiltração de água no solo dentro do pomar.

Para as determinações, a superfície do solo foi previamente limpa com enxada com cuidados para evitar alteração estrutural do solo, com a remoção da cobertura vegetal e raízes superficiais existentes. Os dois cilindros concêntricos, com altura de 0,40m e diâmetro de 0,30 e 0,50m para os anéis interno e externo, respectivamente, foram introduzidos no solo com o auxílio de uma marreta a 0,15m de profundidade, buscando evitar perturbação no solo e para evitar a perda lateral de água pela base do cilindro, contando ainda uma régua graduada posicionada no centro do cilindro interno para medir a alteração na altura da lâmina de água, conforme a Figura 2.



FIGURA 2: Ensaio de infiltração de água no solo com uso de anéis concêntricos. Montenegro/RS, 2008.

Foi adicionada água até 0,10m no interior de cada cilindro, tendo o cuidado de colocar uma lona plástica sobre o solo, na parte interna do cilindro, para evitar alguma perturbação da superfície do mesmo. Esta lona foi retirada para iniciar então o teste de infiltração. Depois de retirada a lona plástica, o processo de leitura era iniciado a intervalos regulares de 1, 5 e 10 minutos. Toda vez que ocorria diminuição de 0,05m na carga hidráulica se procedia abastecimento manual dos cilindros, realizando-se registro da leitura ajustada. Determinou-se como tempo máximo de cada ensaio 120 minutos, ou eram interrompidas após a obtenção de taxa constante de infiltração, consideradas como a média das três últimas leituras realizadas, obtidas em um tempo médio.

3.2.4.3 Resistência mecânica à penetração

A determinação da resistência mecânica do solo à penetração foi efetuada nos meses de novembro/2007, dezembro/2007 e agosto/2008, sendo utilizado Penetrômetro Digital PENETROLOG, dotado de sistema eletrônico de medição e aquisição dos dados de força aplicada a cada profundidade no solo (Machado et al., 2000), estando as características construtivas do equipamento em acordo com a norma ASAE S313.3 (ASAE, 2004).

Os locais submetidos a este ensaio foram determinados ao acaso, sendo realizados dentro de um bloco por tratamento. Coletaram-se leituras de

resistência do solo à penetração em intervalos de 0,10m com auxílio de gabarito de chapa de metal (Figura 3), formando transectas em toda extensão da entrelinha (6,50m) até a profundidade de 0,40m.



FIGURA 3: Placa de metal com furos utilizada para transecta de resistência mecânica à penetração. Montenegro/RS, 2008

Foram executadas três repetições, regularmente espaçadas 0,30m entre cada determinação, obtendo-se um mapa com zonas de mesmas resistências no intervalo de aproximadamente 1m, ou seja, um perfil de resistência do solo à penetração, conforme figura ilustrativa abaixo.

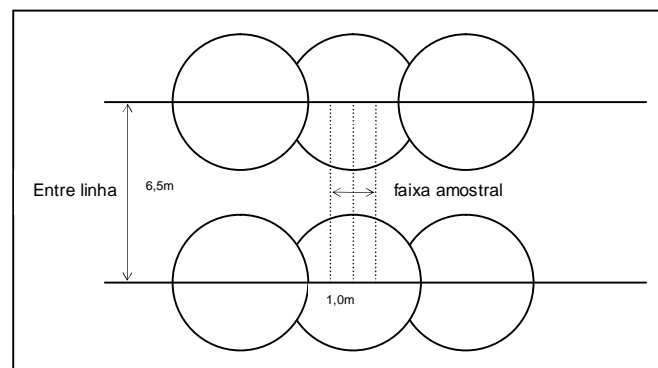


FIGURA 4: Esquema da obtenção de amostras de penetrometria digital no pomar.

Juntamente com os dados de resistência do solo à penetração, quantificou-se o teor de água do solo (U_g), nas profundidades de 0 - 0,10 e 0,10 - 0,20m, conforme procedimento preconizado pela EMBRAPA (1997).

O ensaio de resistência à penetração foi efetuado a primeira vez objetivando gerar uma caracterização inicial do grau de compactação da área experimental antes da implantação dos tratamentos e nas demais vezes realizado sempre após a aplicação dos tratamentos, visando identificar a influência do tráfego de máquinas no local.

3.2.4.4 Densidade do solo, macro, micro e porosidade total

A coleta de amostras de solo indeformadas para determinações das propriedades físicas (densidade do solo; macro; micro e porosidade total) foram efetuadas em dezembro/2007 e julho/2008. Foram coletadas 4 (quatro) amostras de solo em anéis metálicos de 0,025m de altura e 0,063m de diâmetro por parcela, em duas camadas (0 - 0,10 e 0,10 - 0,20m) e em dois locais (rodado (R) e projeção da copa (PC)), determinadas ao acaso em cada tratamento, totalizando 64 amostras.

Em laboratório, as amostras indeformadas de solo coletadas a campo foram saturadas por 24 horas e pesadas sobre o mata-borrão, obtendo-se a massa de solo saturado. Após a pesagem, foram colocadas em funil de vidro com placa porosa de cerâmica, sendo cobertas com bandeja de plástico e submetidas à tensão correspondente a 0,6m de altura de coluna d'água, extraído-se assim, a água contida nos macroporos (poros com 0,05mm). Pesadas novamente, foram postas para secagem em estufa a 105°C para obtenção de massa de solo seco. A macroporosidade foi calculada a partir da diferença entre a massa de solo saturado e a massa de solo submetido a 0,6m de altura de coluna d'água, dividindo-se pelo volume conhecido do anel metálico. Já a microporosidade foi calculada pela diferença entre a massa de solo submetido a 0,6m de altura de coluna d'água e a massa de solo seco, dividindo-se pelo volume conhecido do anel. A porosidade total foi obtida pela soma da macroporosidade e microporosidade (EMBRAPA, 1997).

A densidade do solo foi determinada empregando-se a relação massa do solo seco em estudo e volume total da amostra (EMBRAPA, 1997).

3.2.5 Análise estatística

A estatística utilizada foi à análise de variância, que objetivou mostrar diferenças entre os tratamentos (diferentes manejo de vegetação), para os diferentes atributos avaliados, em nível de ($p < 0,05$) de significância entre médias pelo teste de Tukey, pelo uso do programa estatístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences).

3.3 Resultados e discussão

3.3.1 Análise granulométrica

Os resultados da análise granulométrica do solo do pomar, até a profundidade de 0,40m, constam na tabela 1.

TABELA 1: Densidade de partícula e resultados da análise granulométrica do solo do pomar. Montenegro/RS, julho 2007

Profundidade -----m-----	Teor de areia	Teor de silte -----kg kg ⁻¹ -----	Teor de argila
0 – 0,20	0,852	0,052	0,096
0,20 – 0,40	0,844	0,047	0,109

Tais dados, quando analisados segundo o triângulo textural, indicam que até os 0,40m de profundidade, a textura do solo é classificada como Areia Franca.

Este resultado vem ao encontro com as características físicas da Unidade de Mapeamento Bom Retiro da qual este solo faz parte, ficando claro que neste Argissolo, ocorreu lessivagem de argila a profundidades maiores que a considerada para estes estudos (Brasil, 1973).

A textura do solo pode determinar a capacidade de retenção de água, a disponibilidade de água, bem como a capacidade de suprimento de nutrientes às plantas. No caso específico deste solo, se observado apenas a textura predominantemente de areia, pode-se esperar um solo frágil, com pouca possibilidade de formar agregados e, conseqüentemente, estrutura mais

estável, apresentando-se assim mais suscetível a desagregação, com baixa fertilidade e limitada capacidade de armazenamento de água.

Conforme Corá et al. (2005), a grande maioria das raízes de citros desenvolve-se até a profundidade amostrada (0,40m); assim, optou-se por não realizar análises granulométricas em maiores profundidades, priorizando-se conhecer as relações da textura desta faixa de profundidade com outros atributos físicos e químicos que permitem a exploração desta cultura comercial neste tipo de solo.

3.3.2 Infiltração de água no solo

Os resultados da velocidade de infiltração básica (VIB) de água no solo dos ensaios apresentam-se na Tabela 2. Em uma primeira análise, observa-se grande variação da VIB, no que se refere aos locais de ensaio, época amostral e entre tratamentos, sendo que os fatores que explicam estas variações na magnitude da VIB podem estar associados às propriedades físicas do solo ou ainda ser inerentes ao método empregado para sua obtenção.

TABELA 2: Velocidade básica de infiltração (VIB) de água no solo obtida com o método de anéis concêntricos no solo do pomar, sob diferentes locais e tratamentos, com duas repetições por tratamento. Montenegro/RS, 2008⁽¹⁾

Trat.	Local							
	Rodado (R)		Entre rodado (ER)		Rodado prof. (Rp)		Projeção Copa (PC) ⁽²⁾	
	-----VIB (mm h ⁻¹)-----							
Grade	167	120	285	1410	18	36	360	-
Tronco 'V'	51	78	115	324	38	36	720	-
Roçada	30	78	24	228	6	18	108	-
Rolo faca	54	72	54	120	453	24	342	-

⁽¹⁾ Vários resultados apresentados se referem a médias das últimas 5 medições a campo, uma vez que em duas horas de experimento não se observou tendência de infiltração constante no solo objeto de análise. ⁽²⁾ No local Projeção da Copa, realizou-se apenas uma medição por limitações do método utilizado, uma vez que a infiltração de água dava-se de forma tão intensa que impossibilitava as leituras e reposição da água no cilindro.

Do ponto de vista dos diferentes locais nos quais se aplicou os ensaios, nota-se que ocorrem variações bastante contrastantes dos valores de VIB de água no solo, fato que corrobora com estudos sobre a variabilidade espacial das propriedades hidrodinâmicas do solo de parcelas agrícolas ou de vertentes de bacias hidrográficas, as quais apontam que solos, mesmo de aparência homogênea, apresentam considerável variabilidade, no espaço, das suas propriedades físicas (Rogowski, 1972; Nielsen et al., 1973; Carvalho et al., 1976; Sharma & Luxmoore, 1979; Lima & Silans, 1999).

Os ensaios efetuados no local Rp, no qual se removiu previamente a camada de solo dos 0,10m iniciais foram, entre locais estudados, que apresentaram menores valores de VIB. Uma explicação para este fenômeno está ligada justamente na remoção desta camada de solo, que em função das adubações e manejo da vegetação espontânea sobre o solo, apresentava acumulação de mais matéria orgânica que nas demais camadas.

Ressalta-se também a estruturação do solo promovida pelas raízes e radículas abundantes na camada inicial que, em função da permanência da cobertura de vegetação espontânea, teve influência direta nos valores finais de VIB dos ensaios aplicados.

Para Bernardo et al. (1995), a VIB depende diretamente da textura e da estrutura do solo, sendo que a variação na textura do perfil tem grande influência na velocidade de infiltração de água no solo. Do ponto de vista físico, a estrutura tem importância maior do que a textura, pois solos com estrutura estável podem apresentar maiores taxas de infiltração que solos com estrutura instável, em vista da maior estabilidade de agregados e de agentes cimentantes, como matéria orgânica e óxidos de Fe e Al.

Vários autores apontam a permanência da cobertura vegetal do solo como parâmetro de grande influência na VIB da água no solo (Kitredge, 1938; Arend & Horton, 1949; Corsini, 1974; Carmo, 1976; Silva & Kato, 1997). Isso decorre principalmente dos efeitos que ela traz para a estrutura do solo, seja diminuindo o impacto da gota da chuva e evitando a formação de crosta superficial, como na agregação do solo pelas radículas.

Exceção à regra observa-se que, no tratamento T4, a VIB apresentou valor discrepante em relação aos demais ensaios deste local, fato que pode ter sido decorrência de fendas ou canais biológicos do solo,

superestimando a real capacidade de infiltração de água. Esta situação é apontada por Vieira (1977) como uma limitação inerente ao método de infiltrômetro de anéis.

Em contrapartida, ao comparar os valores obtidos ainda na região do rodado, porém sem a remoção da camada de solo, observa-se que os valores de VIB obtidos apresentam um acréscimo considerável, fato que reforça a influência da estrutura do solo na infiltração de água.

No local R, o que chama a atenção é a diferença de VIB entre os tratamentos. Os valores obtidos no tratamento T1 são superiores aos demais, evidenciando que a mobilização do solo influencia este indicador.

Brandão et al. (2006) afirmam que, quando se mobiliza o solo, em geral, a capacidade de infiltração de água tende a aumentar em razão da quebra da estrutura da camada superficial. Advertem, porém, que se as condições de preparo e manejo forem inadequadas, sua capacidade de infiltração pode tornar-se inferior a de um solo sem preparo.

Vale ressaltar que esta região é a que sofre ação direta da transferência de tensões pela passagem do maquinário utilizado no manejo do pomar, apresentando as maiores compactações do solo, principalmente em sub-superfície.

Fica claro, portanto, que a mobilização do solo pela gradagem promoveu uma desestruturação da camada superficial compactada, favorecendo a infiltração de água em detrimento aos demais tratamentos que não foram mobilizados.

De modo geral, os valores de VIB obtidos pelos ensaios na região do rodado (com e sem a camada superficial de solo) mostram-se inferiores aos demais locais, tendo como principal fator a ocasionar esta diferença a compactação em sub-superfície promovida pelo tráfego de máquinas no pomar.

Já no local ER, nota-se que a infiltração de água é maior comparada com a região do rodado que sofre influência direta da transmissão de tensões pela passagem de máquinas. Neste local, novamente o tratamento T1 aparece com valores superiores de VIB em comparação aos demais, apontando que, mesmo não sofrendo tráfego direto, o solo pode sofrer certa compactação lateral e assim diminuir sua capacidade de infiltração de água.

Os ensaios promovidos na região da PC não puderam ser repetidos em função de limitação do método adotado. Os valores obtidos no primeiro ensaio exigiram bastantes esforços em função da disponibilidade de água necessária para se efetuar as reposições nos cilindros e fazer as leituras de infiltração. Na tentativa do segundo ensaio não se conseguiu fazer a reposição de água e a leitura, tamanha a velocidade de infiltração.

Sales (1992) argumenta que a VIB é uma determinação muito trabalhosa e onerosa quando feita *'in situ'*, sendo sua avaliação bastante dificultada devido a grande variabilidade espacial dos solos, tanto de um local para outro, ou mesmo dentro do perfil do solo.

Os altos valores de VIB obtidos após 120 minutos de ensaio podem ser relacionados ao local em que ocorreu o teste. Ressalta-se que o pomar já vem sendo conduzido há 11 anos com manejo orgânico, sem mobilização do solo, com adições constantes de biofertilizantes e compostos orgânicos, além da permanência da vegetação espontânea. Estes fatores favorecem maior estruturação do solo ao longo do tempo, permitindo a formação de macroporos contínuos e garantem um rápido escoamento da água para camadas mais profundas do solo.

Naime (2001) cita que a quantidade de água e solutos transportados através do solo irá depender de vários fatores, entre os quais do volume de água aplicada na superfície, da capacidade de absorção de água pelo solo, da presença de macroporos, da quantidade de matéria orgânica presente no solo, da solubilidade das substâncias presentes e da permeabilidade do solo. Também argumenta que macroporos contínuos têm efeito direto sobre a infiltração de água e o transporte do soluto no solo, isto sem falar nas características do solo como granulometria, grau de compactação, dispersão, floculação e distribuição de raízes que determinam os processos hidrogeológicos que nele ocorrem.

O solo do pomar classificado como Argissolo arênico (com 10% de argila em média, conforme Tabela 1), com uma estrutura bem formada, livre de mobilização ou mesmo passagem de maquinário, e contando ainda com emaranhado de canais biológicos e de raízes e radículas da cultura comercial como da vegetação espontânea, despontam como fatores que explicam os valores de VIB na região da projeção da copa; todavia, deve-se ter ciência de

que os resultados obtidos são intimamente dependentes do método utilizado para sua determinação, e neste particular, o método de anéis concêntricos apresenta limitações.

Para Fabian & Ottoni Filho (1993), em função da grande variabilidade de resultados, a determinação da taxa de infiltração da água do solo com o uso de infiltrômetro de anéis deve contar com um elevado número de determinações para que estes sejam confiáveis. Isto devido à pequena profundidade de inserção dos anéis no solo, possibilitando maior efeito de bordadura, e à pequena área amostrada, além da variabilidade espacial das características do solo.

A observação dos gráficos de infiltração de água (Apêndices 3a – 3e) ao longo dos ensaios revela claramente a variabilidade espacial do solo. A tendência normal da curva da taxa de infiltração é começar alta e ir gradativamente diminuindo com o tempo até sua estabilização. Esta situação é diferente de muitos dos ensaios efetuados neste estudo, nos quais se notam alterações ao longo do tempo, ora aumentando ora diminuindo a infiltração, variações estas que podem maquiagem a real taxa de infiltração de ocorrência naquele solo.

Musgrave & Holtan (1964) apud Cabeda (1984), alerta que os valores de infiltração obtidos em ensaios de anéis concêntricos são superestimados, pois são obtidos aplicando-se uma lâmina finita de água sobre a superfície do solo, e só valeriam para irrigação por inundação, situação que inexistente em pomares. Considerando uma condição de chuva, Levien et al. (2000) citam que estes valores podem ser reduzidos em até oito vezes.

3.3.3 Resistência mecânica à penetração

A opção por realizar a tomada de dados em forma de transecta ao longo da entrelinha objetivou visualizar os perfis de solo de forma mais real, contornando em parte alguns erros inerentes ao emprego do método por simples amostragem.

Assim sendo, os dados coletados foram transformados em gráficos que permitem visualizar um perfil da resistência mecânica do solo ao penetrômetro, e, portanto, da compactação do solo do pomar nos diferentes tratamentos.

Os gráficos de RP apresentaram ao longo da entrelinha e também em profundidade, zonas distintas de compactação, em todos os pontos da primeira coleta, sendo possível inferir certa similaridade entre elas, conforme verificado na Figura 5.

De maneira geral, até os 0,10m de profundidade, a RP não ultrapassou 500 kPa, sendo consideradas zonas de baixa compactação.

Uma das possíveis explicações para tal comportamento pode estar relacionada à estrutura e tipo do solo. Argissolos, por sua constituição física apresentam na camada inicial maior quantidade de areia que de argila, não gerando tanta resistência ao avanço do penetrômetro. Outra explicação provém dos teores de água nesta camada (Tabela 3), que nos três períodos amostrais apresentou-se sempre superior na camada superficial que em sub-superfície.

TABELA 3: Teor de água no solo obtido em duas profundidades e em três épocas amostrais, efetuado junto aos testes de resistência mecânica à penetração no pomar. Montenegro/RS

Tratamentos	Profundidade -----m-----	Época amostral		
		Out/2007	Dez/2007	Julho/2008
Teor de água (Ug-1)				
Grade (T1)	0 – 0,10	0,16	0,09	0,15
	0,10 – 0,20	0,08	0,05	0,09
Tronco 'V'(T2)	0 – 0,10	0,11	0,09	0,11
	0,10 – 0,20	0,09	0,06	0,08
Roçada (T3)	0 – 0,10	0,12	0,09	0,12
	0,10 – 0,20	0,08	0,06	0,08
Rolo faca (T4)	0 – 0,10	0,10	0,20	0,10
	0,10 – 0,20	0,09	0,08	0,09

Este teor de água por sua vez, está associado ao manejo do pomar, que mantém a vegetação espontânea na entrelinha, diminuindo assim a incidência direta dos raios solares sobre o solo, bem como o próprio sombreamento ocasionado pelas tangerineiras.

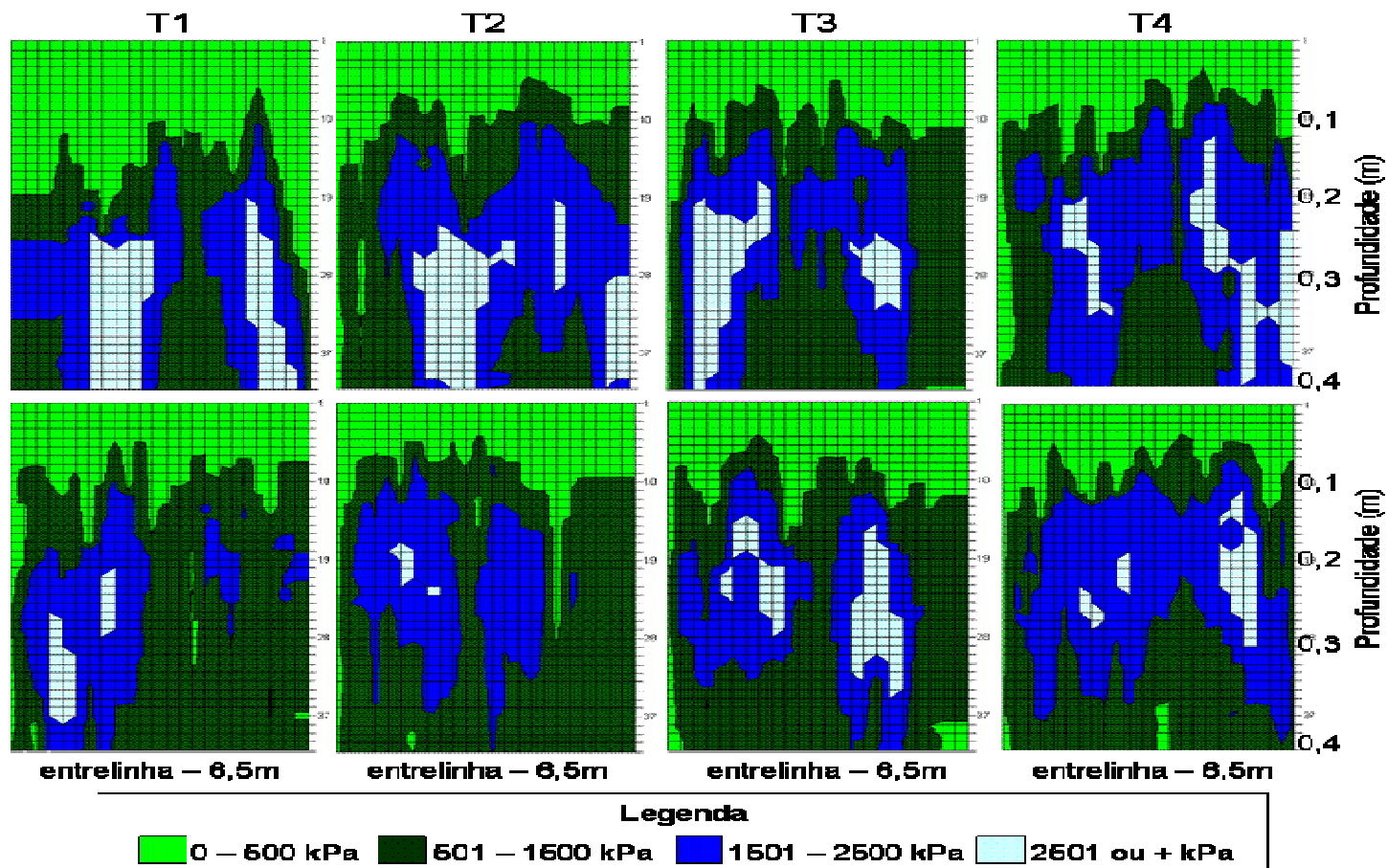


FIGURA 5: Perfil da resistência mecânica à penetração nos diferentes tratamentos realizados no pomar. Montenegro/RS, outubro 2007

A opção pelo manejo do pomar com presença permanente de vegetação espontânea nas entrelinhas também traz outras contribuições indiretas, como o aumento do teor de matéria orgânica, melhoria da estabilidade estrutural do solo, bem como infiltração de água (Moore et al., 1989).

A quantidade de MO presente na camada superficial do solo (Tabela 6) (proveniente de meios externos - adubações orgânicas bianuais - e de meios internos – o manejo da vegetação espontânea, até então realizado através de roçadas mecânicas) também pode ter influenciado nos baixos valores de RP encontrados.

Ressalta-se que até os 0,10m de profundidade (Figura 5), o penetrômetro não identificou grandes variações de RP, mesmo no local onde ocorre tráfego de máquinas. Esta situação pode estar relacionada com a matéria orgânica presente no solo, que tem capacidade de se comprimir e expandir novamente, bem como pela própria presença de vegetação permanente na entrelinha, que consegue absorver boa parte da pressão provocada pela passagem do rodado (Draghi, 2005).

Observando a Figura 5, independente do tratamento em análise, nota-se que o aumento da RP em profundidade, avançando na segunda faixa de variação (501 - 1500 kPa) começa em alguns pontos da camada superficial, geralmente localizados na região central de cada ensaio, locais estes que coincidem com a região de passagem do pneu dos tratores empregados no manejo dos tratos culturais do pomar.

Essa segunda faixa de RP é identificada também, nos ensaios dos tratamentos, nas laterais dos gráficos (regiões que coincidem com a copa das frutíferas) (Figura 5). Tal comportamento foi descrito por Minatel (1994), que encontrou os menores valores de RP na posição da copa em relação à entrelinha, atribuindo essa situação ao efeito da MO que propicia maior atividade biológica, principalmente na macrofauna do solo e, conseqüentemente melhora sua estrutura, além da ação do sistema radicular na estruturação do solo.

Pode-se entender a projeção da copa atuando como uma barreira física à ação do implemento agrícola, 'protegendo' o solo da ação direta do rodado. Vale ressaltar que em profundidade é normal o aumento da RP, pelo

natural acomodamento das partículas do solo e da sobrecarga representada pelo solo subjacente. A região da copa também pode ser influenciada pelas raízes das frutíferas, que ao crescerem exercem pressão sobre o solo entre si.

Na camada de 0,10 - 0,20m de profundidade (Figura 5) nota-se incremento de RP de forma distinta na entrelinha, principalmente na região do rodado. Nestes locais pode-se observar um grande aumento da RP, pois em camadas mais profundas as tensões se acumulam dando início a zonas muito compactadas, com RP que variam de 1501 - 2500 kPa e pontos com maior RP. Visualiza-se, portanto, a transmissão das tensões do histórico de passagens do rodado em profundidade.

Soane et al. (1982) indicam a presença de zonas compactadas como resultado do tráfego repetido de máquinas agrícolas nos mesmos locais durante muitos anos, fato que se traduz em compactações muito severas ao solo. Para Raghavan et al. (1976), a origem de compactação severa no solo é decorrente do tráfego de máquinas, que muitas vezes é realizado em condições inadequadas de umidade, somado ao peso do conjunto trator-implemento e pneus de dimensões reduzidas.

Segundo o produtor, ocorrem, em média, dez (10) passagens de trator-implemento nas entrelinhas do pomar por ano agrícola, para os tratamentos culturais (roçadas, tratamentos fitossanitários, raleio) e colheita.

Embora a literatura cite como restritivos ao crescimento radicular valores de RP acima de 2000 kPa (Rosolem et al., 1994; Foloni et al., 2003; Beutler & Centurion, 2004), há que se distinguir que tais dados foram obtidos para culturas anuais, cujo manejo difere de pomares, ainda mais em pomares conduzidos sob um sistema de produção orgânico, onde a pesquisa ainda é incipiente.

Em contrapartida, Neves (1998) comenta que o crescimento radicular pode se dar de uma forma compensatória, com maior ocorrência de raízes em regiões do solo mais propícias ao seu crescimento em relação a locais que apresentam restrições.

Para Mazza et al. (1994), o regime hídrico do local também influi para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas cítricas, reduzindo os efeitos negativos da compactação do solo.

Ainda visualizando a região do rodado (Figura 5), nota-se que na camada de 0,20 - 0,30m de profundidade, o nível de compactação, de maneira geral, não apresentou diminuição nos ensaios realizados nos tratamentos. Isso demonstra que o tráfego de máquinas gera tensões que se transmitem no perfil, comprimindo o solo em profundidade. Em alguns ensaios de RP (nos tratamentos T1 e T2, por exemplo) essa zona de maior compactação continua, avançando para a última faixa de profundidade analisada (0,40m), corroborando com o relatado por Jorajuría et al. (1997), que afirmam que a passagem de um trator de pequena massa, pode induzir sobrecompactação mesmo abaixo da camada arável.

Já no entre rodado (faixa da região central da entrelinha na qual não há passagem direta do rodado), o que se pode inferir pelos gráficos é que a compactação promovida na região do rodado influencia a RP deste local, sendo identificadas as faixas de maior RP na profundidade de 0,15 - 0,20m. Isso pode ocorrer porque, apesar das tensões se propagarem quase que em sua totalidade de forma vertical no solo, parte desta tensão também pode se propagar lateralmente (Trein, 1995).

Segundo Stolf (1987), a compactação em pomares cítricos pode ocorrer por toda área ou em locais determinados, que nem sempre são no centro das ruas, devido à distribuição do peso dos implementos pelos rodados.

Como estas tensões são laterais e menos intensas comparadas à área sob influência direta do rodado, elas não se expressam nas maiores profundidades, diminuindo assim a RP.

A segunda determinação da RP, realizada 36 (trinta e seis) dias após o manejo da vegetação com os diferentes tratamentos propostos (out/07), aponta algumas diferenciações da caracterização inicial (Figura 6).

A RP identificada nos ensaios dos diferentes tratamentos para a faixa considerada como de baixa compactação (até 500 kPa) apresenta-se menor do que a destacada na primeira coleta, em geral iniciando-se antes da marca dos 0,10m de profundidade.

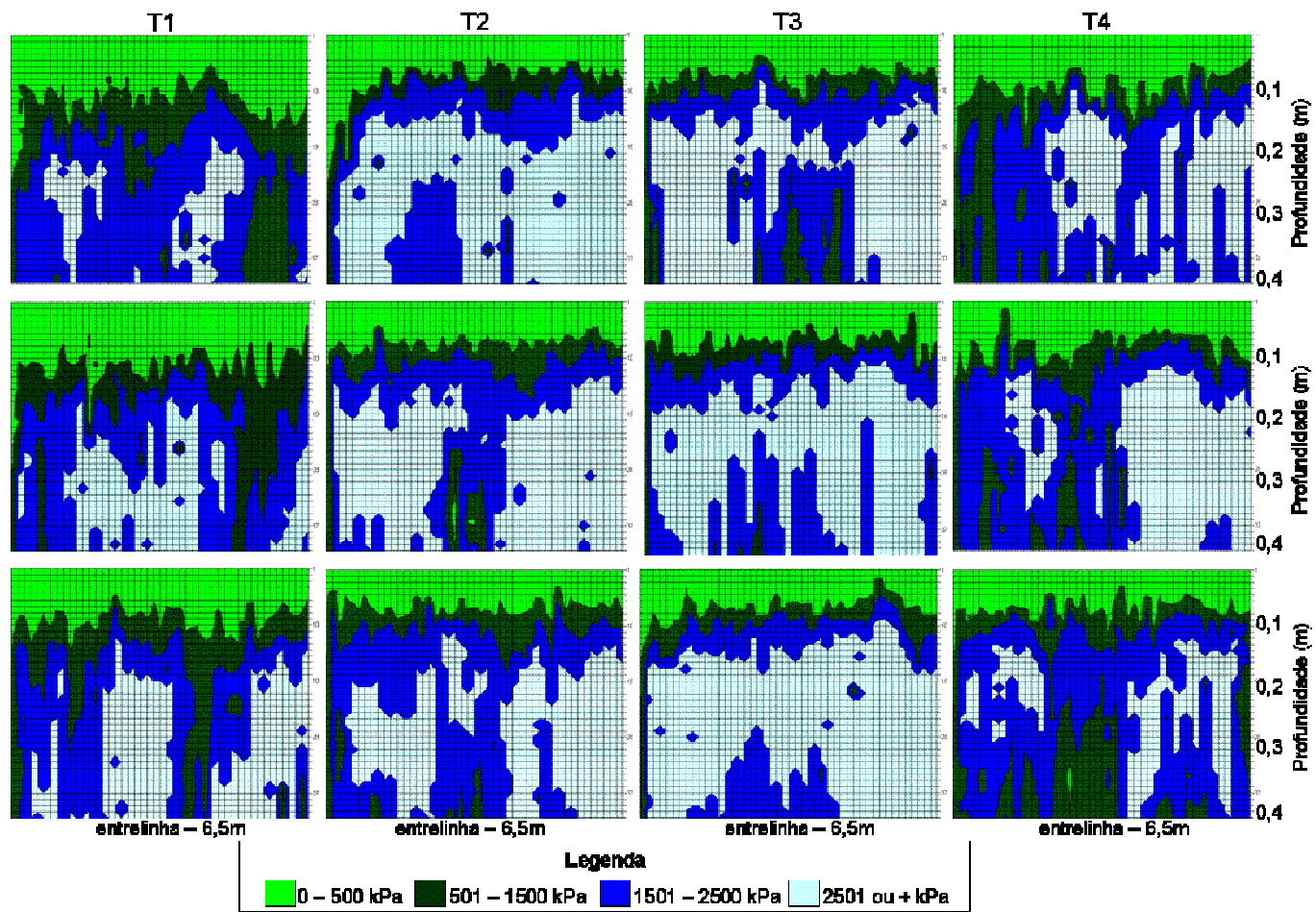


FIGURA 6: Perfil da resistência mecânica à penetração nos diferentes tratamentos realizados no pomar. Montenegro/RS, dezembro de 2007

Neste particular, quando comparados visualmente os diferentes tratamentos, observa-se que o tratamento T1 apresenta zona de menor compactação da camada superficial do solo, nos três ensaios realizados (Figura 6). Isso ocorre em função da mobilização do solo, que propiciou uma desestruturação do solo na camada superficial.

Observa-se também que a camada de solo de 0,10 - 0,20m de profundidade também é afetada pelos tratamentos. Comparando os diferentes ensaios realizados, nas zonas correspondentes à segunda faixa de compactação (500 - 1500 kPa), o tratamento T1 aparece com maiores áreas dessa RP, enquanto que os demais tratamentos, sem mobilização do solo, têm essa faixa de RP menor.

Cabe salientar, contudo, que os benefícios da mobilização do solo não são duradouros, e variam com a densidade, umidade e textura do solo e com intensidade de tráfego depois da operação (Camargo, 1993).

Cintra et al. (1983), avaliando diferentes tratamentos da vegetação no pomar, concluíram que a gradagem permanente promoveu redução no tamanho dos agregados e na porcentagem de agregação, além de formar uma camada compactada na profundidade de 0,10 - 0,15m.

Quanto à extensão das diferentes faixas de RP na segunda avaliação (Figura 6), as diferenças também são visíveis. Além das maiores faixas de RP iniciarem mais superficialmente que na primeira coleta, elas têm uma abrangência bem maior ao longo da entrelinha e em profundidade. Estes dados, em alguns ensaios nos diferentes tratamentos, estão relacionados à presença de raízes de médio e/ou grosso calibre, que dificultavam passagem do aparelho e que, em alguns casos, impedia seu avanço.

Embora em alguns casos as raízes das tangerineiras atuaram obstruindo a penetração do cone até a profundidade desejada (barreira física), o principal fator responsável por se diagnosticar altos valores de RP foi o teor de água do solo (Tabela 3). Os teores de água obtidos foram inferiores às demais determinações de RP, em ambas profundidades.

Castro & Neto (1992) comentam que a umidade e a textura do solo têm relação com a resistência à penetração, que podem limitar a correlação dos dados obtidos pelo penetrômetro com a penetração radicular, enquanto

Raper (2005) aponta a falta de umidade como principal limitante no uso da RP, dificultando a comparação de resultados obtidos em diferentes locais/épocas.

Apesar dessas diferenças com o primeiro levantamento realizado, pode-se inferir que mesmo após a implantação dos tratamentos, não houve tendência de mudança nas diferentes zonas de compactação do solo. De modo geral, os gráficos continuaram a apontar zonas heterogêneas de compactação ao longo da entrelinha, corroborando com os resultados obtidos por diferentes autores (Sanches et al., 1999; Lima et al., 2004 e Fidalski et al., 2007).

Por conseguinte, os gráficos de RP gerados a partir da última determinação realizada, esta 97 (noventa e sete) dias após o segundo manejo da vegetação aplicando os diferentes tratamentos (Mai/08), podem ser visualizados na Figura 7.

Com valores de teor de água semelhantes aos da primeira determinação, ocorrida em outubro de 2007 (Tabela 3), os resultados apresentaram, de forma mais nítida, a tendência de heterogeneidade de compactação ao longo do perfil da transecta.

Em termos gerais, a camada do solo superficial, até 0,10m de profundidade, apresenta-se com baixa RP (até 500 kPa) em todos os ensaios realizados nos diferentes tratamentos, excetuando-se as regiões sob influência direta do rodado que, já nesta faixa de profundidade, começa a apresentar RP de 501 - 1500 kPa (Figura 7).

Na profundidade subsequente (0,10 - 0,20m), na região do rodado, os valores de RP são considerados críticos ou limitantes ao desenvolvimento radicular (maiores que 2000 kPa), zona na qual se identifica uma propagação de forma vertical até o intervalo amostral (0,40m) e de forma lateral, com menos intensidade, mais numa faixa de 0,15 - 0,25m.

Por fim, a região central da entrelinha, que não sofre ação direta do rodado das máquinas, é afetada em sub-superfície pela transmissão lateral de tensão. Contudo, a faixa abaixo de 0,25m apresenta valores intermediários de RP (501 - 1500 kPa). Esta tendência de perfil também é observada na região do solo que está protegida pela copa das plantas.

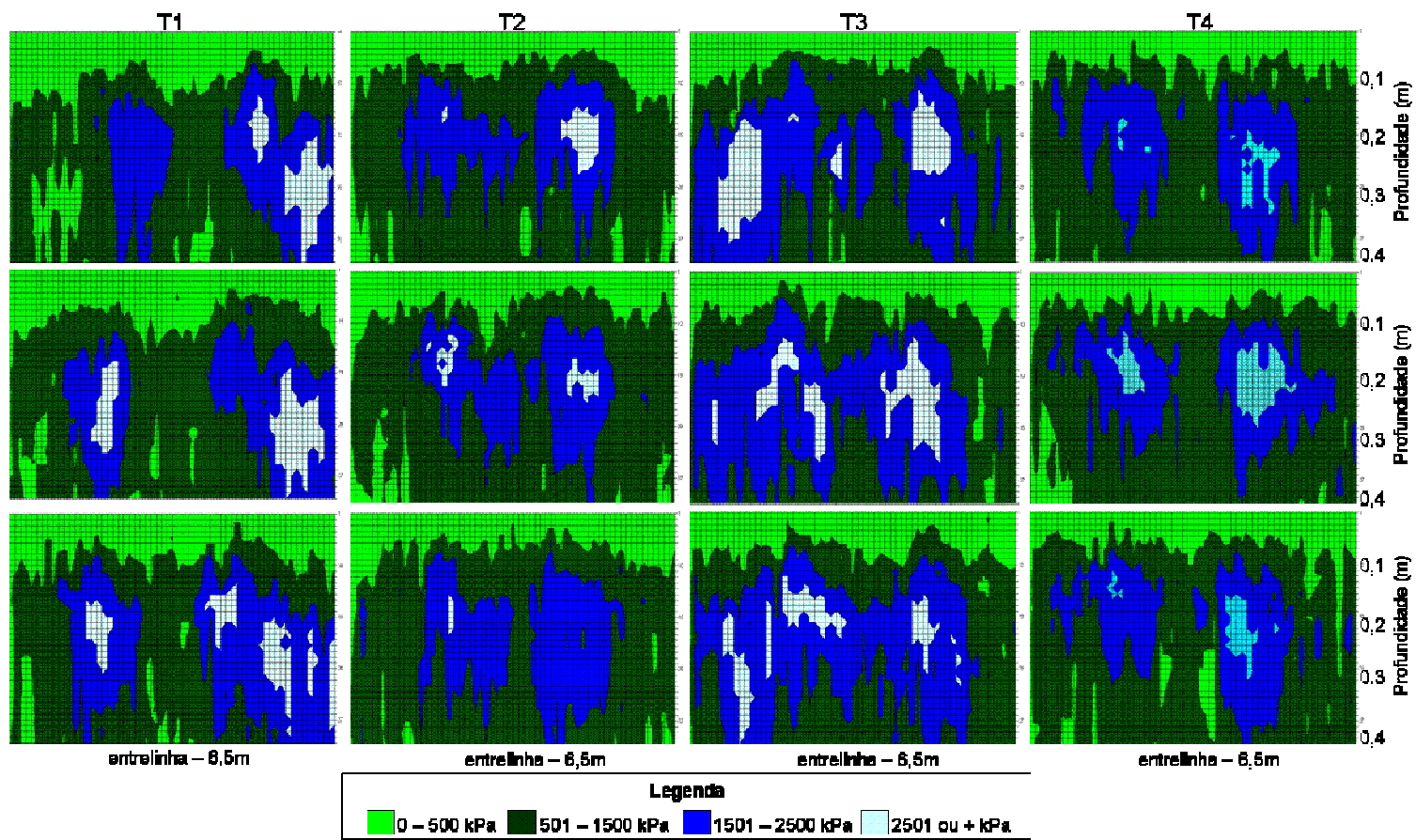


FIGURA 7: Perfil da resistência mecânica à penetração nos diferentes tratamentos realizados no pomar. Montenegro/RS, agosto de 2008.

Em síntese, os ensaios de resistência mecânica à penetração, realizados nos diferentes tratamentos e nas três épocas, confirmam zonas distintas de compactação do solo ao longo da entrelinha e em profundidade.

Os gráficos gerados pelos ensaios se revestem de grande utilidade para ilustrar estas zonas heterogêneas no solo, bem como sua localização e extensão ao longo da entrelinha.

Ressalta-se que as diferenças de RP, ilustradas nos ensaios entre os tratamentos e das três épocas nos quais foram realizadas as determinações (Figuras 5, 6 e 7), devem-se mais ao teor de umidade encontrado nas profundidades e do local amostral do que aos tratamentos em si. Em geral, nos ensaios, independentes do tratamento realizado, os maiores valores de RP ocorrem, ao longo da entrelinha e em ordem decrescente, na região do rodado, entre rodado e projeção da copa.

3.3.4 Densidade do solo, macro, micro e porosidade total

Para a variável densidade do solo (D_s) (Tabela 4) nota-se que, entre os diferentes tratamentos dentro da mesma profundidade analisada, apenas ocorreu diferença significativa no tratamento T3 na região do rodado e na segunda profundidade analisada (0,10 – 0,20m), a qual apresentou as menores médias de D_s frente os demais.

Ao se observar o valor de D_s entre as profundidades, verifica-se que para a região do rodado, a primeira camada analisada apresenta valores mais baixos que para a segunda profundidade (0,10 – 0,20m).

A variação da D_s entre as profundidades caracteriza a sua compactação pelo tráfego de máquinas no rodado da entrelinha, também verificada por Cintra et al. (1983); Sanches et al. (1999) e Fidalski (2004). A diferença de densidade do solo entre rodado e projeção da copa (com valores de D_s maiores na região do rodado em ambas as profundidades) sugere efeito residual do tráfego de máquinas.

TABELA 4: Densidade, micro, macro e porosidade total do solo avaliadas na região do rodado e projeção da copa em duas profundidades em função de diferentes manejos da vegetação espontânea no pomar. Montenegro/RS, dezembro/2007

Atributo	Tratamento	Rodado		Projeção da Copa	
		0 – 0,10 ----- m -----	0,10 – 0,20	0 – 0,10 ----- m -----	0,10 – 0,20
Densidade (Mg m ⁻³)	Grade (T1)	1,29 Abc	1,63 Aa	1,24 Ac	1,51 Aab
	Tronco 'V' (T2)	1,55 Aa	1,63 Aa	1,28 Ab	1,48 Aa
	Roçada (T3)	1,42 Aab	1,44 Ba	1,26 Ab	1,56 Aa
	Rolo faca (T4)	1,49 Aa	1,66 Aa	1,17 Ab	1,49 Aa
Microporosidade (%)	Grade (T1)	17,85 Aa	17,77 Aa	15,52 Aa	13,64 Ba
	Tronco 'V' (T2)	18,55 Aa	16,23 Aa	9,16 Bb	18,87 Aa
	Roçada (T3)	15,52 Aa	17,97 Aa	16,78 Aa	17,59 Aa
	Rolo faca (T4)	15,05 Ab	18,29 Aa	12,94 ABb	20,22 Aa
Macroporosidade (%)	Grade (T1)	33,11 Ab	22,67 Ad	42,52 ABa	28,85 Ac
	Tronco 'V' (T2)	29,31 Ab	23,23 Ac	46,50 Aa	23,11 Bc
	Roçada (T3)	34,21 Aa	23,03 Ab	36,21 Ba	24,20 Bb
	Rolo faca (T4)	19,69 Bb	17,78 Bb	39,52 ABa	24,20 Bb
Porosidade Total (%)	Grade (T1)	50,96 Aab	40,51 Ab	58,00 Aa	42,48 Ab
	Tronco 'V' (T2)	47,86 Ab	39,46 Ac	55,66 Aa	41,99 Ac
	Roçada (T3)	49,72 Aa	41,00 Ab	53,00 Aa	41,79 Ab
	Rolo faca (T4)	34,74 Bb	36,06 Bb	52,46 Aa	44,43 Aab

Médias seguidas com as mesmas letras (minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas) não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Outro fator que explica os baixos valores de Ds neste solo refere-se à adição de compostos orgânicos no pomar e a presença constante de vegetação espontânea nas entrelinhas, que ao longo do tempo propiciou aumento no valores de matéria orgânica neste solo. Segundo Christensen & Johnston (1997), o conteúdo de matéria orgânica não é propriamente um indicador de qualidade física do solo, mas influencia direta e indiretamente várias propriedades que estabelecem a sua qualidade física.

Quando observada a variação deste atributo dentro do mesmo tratamento, nota-se que, com exceção do tratamento T1, os demais tratamentos na região do rodado não apresentaram diferença significativa entre as duas profundidades analisadas, enquanto que na região da projeção da copa todos os tratamentos analisados apresentaram diferença.

Os valores semelhantes de Ds na região do rodado para as duas profundidades analisadas (Tabela 4) reforçam os efeitos do tráfego de máquinas nas entrelinhas do pomar sobre os atributos físicos do solo, traduzidos em maiores Ds e maior compactação da entrelinha (Minatel et al., 2006).

Fidalski et al. (2007), em experimento conduzido com diferentes manejos de cobertura permanente na entrelinha em pomar de laranjeira 'Pêra' *Citrus sinensis* (L.) Obs. em Argissolo Vermelho distrófico latossólico textura arenosa/média, observaram que o tráfego de máquinas e equipamentos agrícolas resultou em maior densidade do solo sob o rodado, com maior compactação no manejo com vegetação espontânea, em comparação ao manejo com gramínea.

Quanto ao tratamento T1, este apresentou diferença significativa entre as profundidades, dentro do mesmo local, e entre os diferentes locais, todavia, quando confrontado a mesma profundidade entre os locais, não apresentou variação significativa (Tabela 4).

É importante frisar que as menores médias de Ds ocorreram no tratamento T1 e na profundidade de (0 - 0,10m), valores atribuídos à mobilização da camada inicial pelo implemento. Fica claro também que a profundidade de atuação deste se limitou a camada superficial, uma vez que os valores da segunda profundidade avaliada (0,10 – 0,20m) são semelhantes aos dos demais tratamentos sem mobilização.

Nos dados referentes ao espaço poroso do solo (Tabela 4), observa-se que a microporosidade na região do rodado, na comparação entre os tratamentos, não apresentou diferenças significativas para as duas profundidades. Já na região da projeção da copa, o tratamento T2 diferiu dos demais na primeira (0 – 0,10m) e na segunda profundidade (0,10 – 0,20m), sendo o tratamento T1 que diferiu significativamente dos demais.

Os valores para esta variável se apresentam bastante semelhantes entre si, para ambos os locais e profundidades. Estes valores podem ter influência da constituição textural do solo, que nestas camadas apresenta alta concentração de areia e favorece assim a presença de macroporos em detrimento aos microporos.

A influência da constituição textural do solo fica mais evidente ao se observar os valores da macroporosidade. Invariavelmente todos os tratamentos apresentaram valores maiores desta variável em relação à microporosidade. Entre os locais, nota-se que o tratamento T4 foi o único que apresentou as menores médias, diferindo-se significativamente dos demais tratamentos para as duas profundidades analisadas. Já na projeção da copa, estatisticamente,

apenas o tratamento T3 apresentou menores médias e diferiu do tratamento T2 na profundidade de (0 – 0,10m) e o tratamento T1 na segunda (0,10 – 0,20m).

É importante ressaltar que, dentro dos tratamentos, houve diferença significativa entre os diferentes locais. A camada de 0 – 0,10m, da projeção da copa apresentou as maiores médias deste atributo se comparado com a região do rodado, novamente evidenciando que a passagem de máquinas pode comprimir o solo e modificar a relação de macro-microporosidade.

Todavia, ao se visualizar os valores de porosidade total (PT), nota-se que apenas o tratamento T4 apresentou diferença significativa na região do rodado comparado aos demais tratamentos, que apresentaram maiores médias. Este fato pode estar relacionado ao tratamento em si, pois o conjunto trator-implemento tem uma capacidade de compactação maior que os demais manejos realizados. Contudo, supõem-se estas variações à variabilidade espacial do solo no qual se fez a coleta das amostras.

Demattê & Vitti (1992) relatam que os solos para citros devem possuir valores de PT entre 0,40 e 0,55m³ m⁻³, situação que, com exceção do tratamento T4, foi observada nos demais tratamentos, em ambos locais (rodado e projeção da copa), até os 0,20m analisados.

Nota-se que apesar de o tráfego de máquinas causar uma diminuição da porosidade do solo e aumentar a densidade na segunda profundidade, ele não chega a ser um problema do ponto de vista do espaço poroso. Nesse particular, cita-se a influência do tipo de solo (Argissolo), menos propício à compactação por ter uma granulometria de textura arenosa, bem como dos teores de MO presente na camada superficial do solo, que consegue se ‘descompactar’ após a passagem do rodado no solo.

Relata-se também a questão das entrelinhas do pomar permanecerem vegetadas, fato que pode atenuar os efeitos da compressão do solo pelo tráfego de máquinas.

Já na segunda determinação, realizada em setembro/08 alguns dados se mostram divergentes (Tabela 5). A Ds apresentou as menores médias e diferiu significativamente no tratamento Tronco na região do Rodado na profundidade de 0 – 0,10m em relação aos demais. Estes valores divergem dos demais tratamentos, e uma possível explicação pode estar associada ao local no qual se procedeu a coleta de amostras. Como a vegetação espontânea

permanece na entrelinha do pomar, a grande parcela da massa radicular desta vegetação, bem como do citros, situa-se nas profundidades iniciais, fato que pode acarretar na obtenção de anéis amostrais com grande quantidade de raízes, que, em laboratório acabam influenciando nas determinações físicas do solo, conforme Figura 8.

TABELA 5: Densidade, micro, macro e porosidade total do solo avaliadas na região do rodado e projeção da copa em duas profundidades em função de diferentes manejos da vegetação espontânea no pomar. Montenegro/RS, julho/2008

Atributo	Tratamento	Rodado		Projeção da Copa	
		0 – 0,10 ----- m -----	0,10 – 0,20 ----- m -----	0 – 0,10 ----- m -----	0,10 – 0,20 ----- m -----
Densidade (Mg m ⁻³)	Grade (T1)	1,52 Aab	1,72 Aa	1,24 Bb	1,46 Bab
	Tronco 'V' (T2)	0,78 Bc	1,62 Aab	1,51 Abc	1,66 Aa
	Roçada (T3)	1,29 Ab	1,64 Aa	1,42 ABab	1,51 ABab
	Rolo faca (T4)	1,45 Ab	1,63 Aa	1,51 Aab	1,54 ABab
Microporosidade (%)	Grade (T1)	30,14 Ba	29,45 Aa	32,47 Ab	36,56 Aab
	Tronco 'V' (T2)	46,24 Aa	28,22 Ab	23,46 Bc	26,10 Bbc
	Roçada (T3)	30,21 Bab	26,24 ABbc	23,04 Bc	32,61 ABa
	Rolo faca (T4)	25,15 Bab	24,51 Bab	21,45 Bb	28,98 Ba
Macroporosidade (%)	Grade (T1)	21,01 Ba	7,72 Bb	25,84 Aa	6,68 Ab
	Tronco 'V' (T2)	30,58 Aa	14,37 Ab	26,08 Aa	13,41 Ab
	Roçada (T3)	27,42 ABa	12,95 ABb	26,93 Aa	6,61 Ab
	Rolo faca (T4)	26,34 ABa	13,59 Ab	29,00 Aa	11,00 Ab
Porosidade Total (%)	Grade (T1)	51,14 Ba	37,17 Ab	58,30 Aa	43,24 Ab
	Tronco 'V' (T2)	76,81 Aa	42,59 Ac	49,55 Ab	39,50 Ac
	Roçada (T3)	57,62 Ba	39,18 Ab	49,97 Aab	39,22 Ab
	Rolo faca (T4)	51,49 Ba	38,10 Ab	50,44 Aa	39,91 Ab

Médias seguidas com as mesmas letras (minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas) não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Já quando se observa a profundidade de 0,10 - 0,20m no rodado, as médias entre todos os tratamentos não diferiram entre si e mantém certa tendência em relação à primeira coleta realizada (dez/2007), fato que reforça a heterogeneidade física do solo e a compactação acarretada pelo tráfego de máquinas na entrelinha.

Na região da projeção da copa os valores de Ds tiveram comportamento similar aos da primeira coleta, mantendo menores valores desta variável analisada se comparados à região do rodado.



FIGURA 8: Aspecto geral dos locais de coleta dos anéis para determinação de D_s , macro, micro e porosidade total do solo. Montenegro/RS, julho 2008

De acordo com Cintra et al. (1983), em solo de textura média, a manutenção da vegetação permanente na entrelinha do pomar de laranja reduziu a densidade do solo e aumentou sua porosidade em relação ao manejo da vegetação com gradagem ou herbicida.

Quanto ao espaço poroso, em relação aos dados obtidos da primeira coleta (Tabela 4), os resultados foram bastante diferentes, pois os valores de microporosidade praticamente duplicaram em todos os tratamentos. Entre os tratamentos, na região do rodado na profundidade de 0 – 0,10m, o tratamento T2 apresentou a maior média, diferindo-se dos demais, que por sua vez não se diferiram entre si. Já na profundidade de 0,10 – 0,20m, apenas o tratamento T4 diferiu dos demais tratamentos.

Neste caso, as variações na porosidade do solo podem estar associadas às modificações estruturais provocadas pelo crescimento de raízes, tanto das tangerineiras, quanto das plantas espontâneas.

Na região da projeção da copa, em ambas as profundidades analisadas também se observou aumento no valor da microporosidade em relação à primeira avaliação (Tabela 4). Estatisticamente, o tratamento T1 apresentou a maior média para a variável, diferindo-se dos demais para a profundidade 0 – 0,10m, enquanto que na profundidade de 0,10 – 0,20m, ainda com as maiores médias, este tratamento apresentou diferença com os tratamentos T2 e T4.

Este aumento da microporosidade por sua vez trouxe reflexos na macroporosidade, que teve seus valores médios diminuídos em todos os tratamentos e locais analisados.

O tratamento T1 apresentou as menores médias neste particular, diferindo na região do rodado, em ambas as profundidades comparada aos demais tratamentos. Na região da projeção da copa, entre os tratamentos não houve diferenças estatísticas nas profundidades observadas.

Ressalta-se que, quando comparadas dentro do mesmo tratamento entre as profundidades, o comportamento observado foi semelhante, independentemente do local (rodado ou projeção da copa). Os valores maiores na profundidade 0 – 0,10m diferiram-se estatisticamente da profundidade de 0,10 – 0,20m.

A análise dos dados de PT mostra valores médios de aproximadamente 50% desta variável na profundidade 0 – 0,10m, analisada para ambos os locais (rodado e projeção da copa) e uma diminuição destes valores na profundidade de 0,10 – 0,20m.

Estatisticamente, na região do rodado, apenas houve variação significativa do tratamento T2 ante os demais, que apresentou as maiores médias para essa variável. Já comparando dentro do mesmo tratamento, a tendência dos dados foi de apresentar diferença entre as profundidades analisadas.

Os altos valores de PT, no tratamento T2 na profundidade 0 – 0,10m, podem estar relacionados com a limitação do método de coleta de amostra por anéis para a determinação dos atributos físicos, dada a particularidade de o solo ser conduzido sob sistema orgânico e contar com grande presença de raízes nas profundidades analisadas (Figura 8).

3.4 Conclusões

A adubação por adição de compostos orgânicos, aplicação de biofertilizantes e o manejo da vegetação espontânea realizada no pomar, propiciam propriedades físicas do solo adequadas ao desenvolvimento da citricultura neste Argissolo, objeto de estudo.

O Argissolo no qual foi realizado os ensaios de infiltração apresentou destacada variabilidade espacial, com valores de Velocidade Básica de Infiltração em ordem decrescente na região da projeção da copa, entre rodado, rodado e rodado a 0,10m de profundidade.

Os tratamentos de manejo da vegetação espontânea propostos não influenciaram a infiltração de água no solo.

A resistência mecânica do solo à penetração foi heterogênea da entrelinha do pomar, apresentando em ordem decrescente, maior intensidade no solo do rodado, entre rodado e projeção da copa.

O tráfego de máquinas causou alterações nas propriedades físicas do solo na região do rodado, principalmente na camada de 0,10 – 0,20m. Tais alterações, contudo, não foram impeditivas para o desenvolvimento vegetal das tangerineiras.

4. ESTUDO II: CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE FRUTOS EM POMAR ORGÂNICO DE CITROS MANEJADO COM VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA

4.1 Introdução

A finalidade principal das pesquisas na área da fruticultura é proporcionar aos citricultores conhecimentos que permitam obter nos pomares as melhores produções econômicas, tanto em quantidade quanto em qualidade dos frutos.

Na agricultura moderna, a produção deve estar intimamente relacionada com a manutenção e qualidade do ecossistema no qual a cultura citrícola é manejada.

Uma área do conhecimento agrônomo que vem ganhando espaço neste contexto é a agricultura orgânica, que visa a substituir a utilização de insumos sintético-industriais por adubações orgânicas, emprego de biofertilizantes e a manutenção das entrelinhas do pomar vegetadas, visando a diminuir os impactos ambientais, bem como favorecer a manutenção e melhoria da qualidade física, química e biológica do solo.

Estudos promovidos até o momento apontam resultados conflitantes quanto ao manejo de vegetação nas entrelinhas do pomar e seus reflexos na produtividade do citros, apontando tanto para interações positivas (Santinoni & Silva, 1995; Tersì et al., 1999; Carvalho et al., 2002; Ragozo et al., 2006; Auler et al., 2008), como para interações negativas (Passos et al., 1973; Pacheco et al., 1975; Vasconcellos et al., 1976; Caetano, 1980; Portelinha, 1995; Wright et al., 2003).

A maioria dos trabalhos, contudo, foi realizada em pomares manejados ainda sob sistemas convencionais de cultivo, e poucas pesquisas existem em sistemas de cultivo orgânico. A substituição de insumos sintético-industriais por compostos orgânicos, todavia, deve ser realizada de forma criteriosa e monitorada, para evitar que tal adubação seja prejudicial à cultura comercial ou mesmo fonte de contaminação ambiental.

O objetivo do presente estudo foi avaliar atributos de fertilidade do solo manejado sob o sistema orgânico de produção de citros, bem como relacioná-los com o manejo da vegetação espontânea das entrelinhas do pomar e seus reflexos na produtividade de tangerineiras obtida neste talhão experimental.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Experimentação de campo

As informações referentes ao experimento de campo foram descritas nos itens 3.2.1 ao 3.2.3, no Estudo 1.

O experimento foi analisado de acordo com o delineamento inteiramente casualizado, considerando-se os tratamentos (T1, T2, T3 e T4) como tratamentos principais designados ao acaso.

Na execução deste trabalho, foram realizados dois manejos da vegetação espontânea, respectivamente nos meses de outubro/07 e maio/08, datas definidas em função do crescimento natural da vegetação.

4.2.2 Avaliações realizadas

4.2.2.1. Fertilidade do solo

A coleta de amostras de solo do experimento para realização de análises químicas ocorreu em julho/2007, nos quatro locais onde

posteriormente foram efetuados os diferentes manejos da vegetação espontânea, constituídas de quatro repetições e em três camadas do solo (0 – 0,10; 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,40m), totalizando 16 amostras de solo por profundidade.

Para fins de comparação, também foi efetuado uma única amostragem de solo, nas três profundidades de estudo, em área adjacente ao talhão do experimento, composto por vegetação nativa, sem mobilização do solo e próximo a um córrego.

Com auxílio de trado calador, realizou-se coleta de oito subamostras ao acaso em cada bloco, as quais eram homogeneizadas formando assim uma amostra composta e só então extraída uma porção de solo para análise, segundo metodologias especificadas por Tedesco et al. (1995) e Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004).

Tais amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Análise de Solo da UFRGS para análise de pH; matéria orgânica; Al trocável; P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn e Zn disponíveis; Na trocável; CTC; saturação por bases e por Al (Apêndices 4a e 4b), conforme metodologias preconizadas pelo ROLAS (Rede Oficial de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina).

4.2.2.2 Estimativa da massa vegetal da área

Em novembro/2007, foi realizada coleta da vegetação espontânea das entrelinhas da área do pomar, para avaliações da massa úmida e massa seca nos diferentes tratamentos. Foram coletadas amostras de vegetação em dois blocos de cada tratamento, determinados ao acaso, sendo utilizado armação de ferro em forma de quadrado, com 1m² de área interna posta aleatoriamente na entrelinha e a vegetação dentro deste quadrado foi cortada e pesada para obtenção da massa úmida e, posteriormente, seca em estufa a 65°C e novamente pesada, para determinação da massa seca.

4.2.2.3 Colheita dos frutos

A colheita, pesagem e contagem dos frutos ocorreu no mês de setembro/2008. Dentro de cada parcela (composta de quinze tangerineiras), apenas as três plantas centrais foram consideradas úteis para avaliação da produção. As frutas foram colhidas manualmente, postas em caixas e posteriormente pesadas em balança mecânica.

Ao total foram colhidos, contados e pesados, os frutos de doze (12) plantas dentro de cada tratamento, sendo a estimativa de produção calculada para 500 plantas/ha devido ao espaçamento das plantas (6,5m x 3m).

4.2.3 Análise estatística

As variáveis químicas, pH, MO, P, K, CTC, Ca e Mg; bem como o número, peso dos frutos, peso médio de frutos e produtividade/ha, foram submetidos à análise de variância, que objetivou mostrar diferenças entre os diferentes locais amostrados, em nível de ($p < 0,05$) de significância entre médias pelo teste de Tuckey, pelo uso do programa estatístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences).

4.3 Resultados e discussão

4.3.1 Fertilidade do solo

Os valores absolutos, extraídos das análises químicas de solo em todos os locais amostrados, são apresentados no Apêndice 4a, sendo que suas médias constam na Tabela 6.

Nos blocos analisados, os valores de pH do solo foram altos até os 0,20m iniciais e na profundidade de 0,20 - 0,40m próximos da alcalinidade, enquanto que, na área de mata, em todas as profundidades analisadas, os valores de pH do solo foram baixos.

TABELA 6: Valores de características químicas do solo, em três profundidades, extraídas do pomar nos quatro blocos onde foram implantados os tratamentos. Montenegro/RS, julho 2007

Locais	Profundidade	pH	MO	P	K	CTC	Ca	Mg
	---- m ----							
Bloco 1	0 – 0,10	7,6 Aa	5,0 Aa	145 Aa	80 Aa	14,5 Aa	12,4 Aa	1,1 Aab
	0,10 – 0,20	7,5 ABab	1,3 Ba	31 Ba	37 Bb	6,0 Ba	4,6 Ba	0,4 Bb
	0,20 – 0,40	6,9 Ba	0,9 Ba	15 Ba	43 Ba	6,2 Ba	4,2 Ba	0,4 Bb
Bloco 2	0 – 0,10	7,6 Aa	3,7 Ab	143 Aa	83 Aa	12,5 Aab	10,7 Aab	0,8 Abc
	0,10 – 0,20	7,5 Aa	1,2 Ba	27 Ba	42 Bab	6,1 Ba	4,8 Ba	0,4 Bb
	0,20 – 0,40	6,9 Ba	1,0 Ba	15 Ba	32 Ba	6,1 Ba	4,0 Ba	0,4 Bb
Bloco 3	0 – 0,10	7,7 Aa	3,1 Ab	122 Aa	94 Aa	10,7 Ab	8,9 Ab	0,8 Ac
	0,10 – 0,20	7,3 Bab	1,1 Ba	21 Ba	47 Bab	5,6 Ba	4,1 Ba	0,4 Bb
	0,20 – 0,40	6,7 Ca	1,1 Ba	18 Ba	30 Ba	6,2 Ba	4,0 Ba	0,4 Bb
Bloco 4	0 – 0,10	7,5 Aa	3,9 Aab	125 Aa	116 Aa	11,5 Aab	9,2 Aab	1,1 Aa
	0,10 – 0,20	7,0 Bb	1,4 Ba	25 Ba	62 Ba	6,2 Ba	4,2 Ba	0,6 Ba
	0,20 – 0,40	6,2 Ca	1,1 Ba	16 Ba	42 Ba	6,8 Ba	3,5 Ba	0,7 Ba
Mata ⁽¹⁾	0 – 0,10	5,2	1,8	4	42	7,5	1,9	1,1
	0,10 – 0,20	4,7	1,1	2	22	12,0	1,2	0,9
	0,20 – 0,40	4,5	1,0	2	25	11,6	1,0	0,7

Médias seguidas da mesma letra MAIUSCULA, entre as profundidades analisadas dentro do mesmo bloco, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra MINÚSCULA, em cada profundidade entre os blocos analisados, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾Dados sem aplicação estatística, apenas para fins de comparação.

Os valores do pH nos blocos estão diretamente ligados à adubação orgânica realizada no pomar, com adição bianual de compostos orgânicos sólidos (vindos da Ecocitrus e aplicados na proporção de 30m³ ha) e de biocompostos líquidos (na mesma proporção, porém com aplicações anuais), ambos com reação alcalina no solo, conforme pode ser observado nos laudos de análises destes materiais realizados no Laboratório de Análises de Solo da UFRGS (Tabela 7). Outra explicação está na composição mineralógica deste Argissolo, que configura um solo com baixo poder tampão, e conseqüentemente, a elevação do pH se dá de maneira mais fácil.

TABELA 7: Valores de determinações químicas do composto orgânico e biofertilizante líquido, utilizados na adubação do pomar

Determinações	Composto orgânico		Biofertilizante Líquido	
	Fev/02	Jan/08	Jul/01	Abr/08
Umidade - (%)	67	55	90	94
pH	8,8	9,1	8,8	6,7
CO - % (m/m)	34	22	40	40
N - % (m/m)	2,2	1,6	1,3	2,3
P - % (m/m)	0,39	0,29	0,72	1,0
K - % (m/m)	0,19	0,81	0,53	1,1
Ca - % (m/m)	6,6	9,1	28	1,4
Mg - % (m/m)	0,26	0,59	0,54	0,37

Em trabalho desenvolvido por Panzenhagen et al. (2008), visando a identificar aspectos da produção orgânica de citros na região do Vale do Caí, os autores relatam que o pH dos solos avaliados foi invariavelmente alto (acima de 6,0), segundo os padrões da Comissão de Química e Fertilidade do solo (2004), apesar da ausência da prática da calagem nessas áreas. Este resultado foi atribuído ao continuado uso do biofertilizante líquido como fonte de adubação dos pomares, por possuir, em sua composição, considerável quantidade de cinzas, com poder alcalinizante.

Berton & Valadares (1991) relatam que resíduos orgânicos geralmente apresentam reação alcalina e podem elevar o pH do solo. Os efeitos dos resíduos orgânicos sobre o pH do solo, por sua vez, irão depender da matéria orgânica presente nos resíduos, das propriedades do solo (como a textura) e da taxa de aplicação dos resíduos (Clapp et al., 1986; Abreu Junior et al., 2000; Oliveira, 2000).

Ressalta-se que, além da adição de compostos orgânicos externos ao pomar, ocorre também o manejo da vegetação espontânea existente nas entrelinhas com roçadas periódicas e a permanência destes resíduos sobre o solo, fato que, com o passar dos anos, pode incrementar a quantidade de MO no local.

Comparando-se os valores médios obtidos, observa-se gradativa diminuição dos valores de pH dentro do mesmo bloco em profundidade, com diferença significativa da camada mais profunda (0,20 - 0,40m) em relação às demais, em todos os blocos amostrados.

Ao comparar os valores do pH nas camadas superficiais do solo do pomar, com os valores obtidos da área adjacente (que apresenta valores mais condizentes com uma situação de fertilidade natural para um Argissolo), fica evidente a influência que a adição continuada de compostos orgânicos têm no aumento da alcalinidade.

Já diferenças estatísticas, em cada profundidade apontadas para os diferentes blocos, devem ser interpretados como diferentes locais amostrais (como no caso do Bloco 3, que apresentou as menores médias da variável pH na profundidade 0,10 - 0,20m, diferindo-se dos demais), uma vez que as amostras de solo foram coletadas antes da implantação dos diferentes manejos avaliados. Estas diferenças, por conseguinte, podem estar relacionadas à variabilidade espacial do local amostral, uma vez que a distribuição do composto orgânico sólido é realizada manualmente; às características químicas do composto, quantidade e periodicidade de aplicação, como também às características de textura e estrutura do solo.

Assim como para o pH, a adição constante de compostos orgânicos, bem como a permanência da vegetação espontânea na superfície do solo ocasionou médias superiores dos teores de MO na camada de 0 - 0,10m, se comparados às demais profundidades. Tais valores diferiram-se significativamente das demais profundidades (0,10 - 0,20 e 0,20 - 40m), que por sua vez não se diferiram entre si.

Bayer (1996) relata que em qualquer agroecossistema o conteúdo de matéria orgânica no solo provém do balanço entre a adição de resíduos orgânicos ao solo e a perda de MO já existente, até uma determinada

profundidade, normalmente por processos de oxidação biológica pela ação de microorganismos ou por processos erosivos.

Se comparar os valores obtidos de MO da camada superficial do solo do talhão experimental (independente do local amostral) com os valores obtidos da área adjacente, pode-se inferir que a disposição de resíduos orgânicos nos sistemas agrícolas estão diretamente relacionados à quantidade e continuidade da carga orgânica adicionada no solo. Vários autores correlacionam este fato à significativas alterações em algumas propriedades biológicas, bioquímicas, físicas e químicas do solo (Clapp et al., 1986; Berton & Valadares, 1991; Oliveira, 2000; Abreu Junior et al., 2000).

Conforme análise granulométrica apresentada no Estudo 1 (Tabela 1), este Argissolo apresenta gradiente textural arenoso até 0,40m de profundidade, fato a ser considerado, uma vez que a MO em solos arenosos têm pouca proteção da fração mineral do solo e, com isso, sua decomposição tende a ser muito mais rápida, se comparado a solos mais argilosos.

Vale lembrar que, mesmo com a adição de compostos orgânicos e biofertilizantes ao longo dos anos, do manejo da vegetação espontânea em superfície e ausência de revolvimento do solo, incrementos nos valores de MO foram obtidos nos 0,10m iniciais, sendo que nas demais profundidades os valores de MO foram semelhantes com os da área adjacente, situação que corrobora com estudos de Pillon (2000), que relata o processo de construção da MO de forma lenta e dependente da adoção de sistemas de culturas com alta adição de resíduos vegetais ao solo e de um sistema de preparo baseado no mínimo revolvimento.

A capacidade de troca catiônica (CTC) do solo também apresenta diferenças entre os locais analisados (Tabela 6). Na profundidade inicial, os valores médios dessa variável praticamente duplicaram, diferenciando-se significativamente, se comparada às profundidades subsequentes (0,10 - 0,20 e 0,20 - 0,40m), as quais não diferenciam entre si.

Sabe-se que a CTC, originada das cargas negativas da MO e dos argilominerais do solo, muda a posição e varia em decorrência da existência de cargas dependentes do pH. Segundo Sparks (1995), com o aumento do pH, as cargas negativas da MO aumentam devido à desprotonação ou dissociação do H^+ dos grupos funcionais.

Como a constituição mineralógica deste solo tem predomínio de minerais com baixa CTC (argilominerais 1:1 e sesquióxidos de ferro, alumínio e manganês), pode-se inferir que é MO a grande responsável pela expressão destes valores no solo do pomar, corroborando com as observações de Silva et al. (2004), os quais demonstram que a contribuição da MO varia de 20 a 70%, da CTC na maioria dos solos, e com os trabalhos de Kiehl (1985) e Melo et al. (1997), que indicam contribuições de até 90%.

Além do aumento da CTC, a disponibilidade de nutrientes para as culturas e a complexação de elementos tóxicos e micronutrientes se apresentam como as principais características químicas afetadas pela matéria orgânica do solo (Bayer & Mielniczuk, 1999).

Conforme os dados obtidos (Tabela 6) observa-se que todos os macronutrientes analisados (P, K, Ca e Mg) apresentaram valores maiores na profundidade inicial (0 - 0,10m), diferindo estatisticamente em relação às demais profundidades analisadas. Nas outras duas profundidades (0,10 - 0,20 e 0,20 - 0,40m) não houve variação significativa dentro da mesma profundidade, bem como entre os diferentes locais amostrados.

Explicações para estes valores se encontram na concepção do sistema orgânico de produção do pomar, que conta com a adição de compostos orgânicos e biofertilizantes líquidos, a não mobilização do solo e ao manejo da vegetação espontânea das entrelinhas do pomar. Este sistema tem reflexos positivos sobre a fertilidade do solo, evidenciado no acúmulo e disponibilidade de nutrientes, na formação e estabilidade de agregados e, conseqüentemente, na produção de citros (Caetano, 1980; Corá et al., 2005; Beraldo et al., 2007).

Fávero et al. (2000) demonstraram a influência de plantas espontâneas na ciclagem de nutrientes como P, K e Mg, chegando a acumular até três vezes mais quando comparados com leguminosas tradicionalmente utilizadas como adubos verdes.

Em relação aos valores de P na camada inicial, observa-se uma concentração deste nutriente, em quantidade classificada como muito alta, conforme a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004). Mesmo nas camadas subsequentes, apesar de os valores diminuírem significativamente, a classificação se mantém em alta e média em todos os locais amostrados, até

os 0,40m de profundidade, indicando a movimentação deste nutriente em profundidade.

Tal dado chama atenção uma vez que este tipo de solo, por sua natureza química, é extremamente deficiente deste nutriente, o que pode claramente ser visualizado se compararmos os valores obtidos no talhão experimental com o da área adjacente (Tabela 6).

Novais & Smyth (1999) relatam que a MO pode bloquear centros de adsorção do solo, diminuindo a capacidade de adsorção do fósforo. Este fato, aliado a constituição mineralógica do Argissolo que apresenta pouca argila na camada superficial, além de alcalinidade já relatada, pode explicar a tendência de movimento deste nutriente para camadas inferiores.

Já os valores de K no solo (Tabela 6) são explicados pela liberação de bases trocáveis durante a decomposição do material vegetal e uma menor lixiviação, quando da presença de cobertura do solo (Pavan et al., 1992 e Beraldo et al., 2007).

Corá et al. (2005) afirmam que o aumento dos teores de K trocável está intimamente relacionado com o poder tampão do solo, que depende do tipo de mineral de argila, teores de argila e MO. A adição de compostos orgânicos pode também disponibilizar parte do K não trocável do solo, supondo-se que a elevação da CTC do solo pela carga orgânica do composto, cause diminuição no teor não trocável e aumente o potássio trocável, em processo dependente do pH.

Quanto aos valores de Ca e Mg, seguindo a mesma tendência dos demais nutrientes, apresentam na profundidade de 0 - 0,10m valores altos ou médios, segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004), diminuindo e também diferindo significativamente comparado as demais profundidades.

Segundo Corá et al. (2005), a adição de compostos orgânicos pode incrementar as relações Ca/Mg do solo, efeito associado à própria composição química do composto, e que, se muito amplas, poderão, pelo excesso de Ca, induzir a deficiência de Mg às plantas. Situação esta que pode ser observada na tabela 6, onde nos blocos a quantidade de Ca é alta e de Mg baixa, em relação às concentrações destes nutrientes na área de mata, sem adição de compostos orgânicos.

Raij et al. (1997) alertam que, para evitar deficiência de Mg em plantas de citros, recomenda-se manter o teor de Mg trocável, no solo do pomar, em, no mínimo, $0,9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, o que só é observado na profundidade inicial do solo nos blocos amostrados.

4.3.2 Estimativa da massa vegetal da área

Os dados obtidos pela medição da massa vegetal seca das entrelinhas do pomar (Tabela 8) reforçam os resultados de fertilidade do solo apontados pelas análises químicas realizadas (Tabela 6).

Para Alvarenga et al. (2001), a quantidade adequada de matéria seca de resíduos vegetais que proporciona elevada percentagem de cobertura do solo é de 6 Mg/ha^{-1} . No caso deste experimento, apenas no local do Bloco 4 se verificou médias menores de massa seca vegetal ($5,70 \text{ Mg ha}^{-1}$), fato atribuído à variabilidade espacial, uma vez que estes dados foram coletados antes da aplicação dos tratamentos.

TABELA 8: Valores de massa seca vegetal, obtidos nas entrelinhas do pomar. Montenegro/RS, outubro/2007

Tratamento	Massa Seca Mg ha⁻¹
Bloco 1	6,78
Bloco 2	7,92
Bloco 3	7,44
Bloco 4	5,70
Média	6,96

As diferenças entre a massa seca vegetal nos diferentes locais também foram encontradas por outros autores, sendo atribuídas à variabilidade do conteúdo de água entre as espécies ali existentes (Suzuki & Alves, 2006).

A identificação das espécies espontâneas, presentes nas entrelinhas do pomar, apresentou uma grande variedade de espécies (Apêndice A), com predominância de trapoeraba (*Tradescantia zebrina* Heynh.) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.).

Em pomares orgânicos, que preconizam o manejo da vegetação espontânea e não implantada, a diversidade florística se reveste de especial importância, por manter a diversidade local das espécies da região, por potencializar a atividade metabólica dos microrganismos edáficos do solo, manter uma relação C/N favorável no solo e também por aspectos econômicos, uma vez que não se faz necessário realizar plantio de espécies.

A grande quantidade de massa vegetal, nas entrelinhas do pomar, evidencia um intenso processo de competição por água e nutrientes entre a vegetação espontânea e a cultura comercial.

Vários autores apontam, em estudos realizados em regiões citrícolas com períodos de deficiência hídrica acentuada, o tratamento com cobertura vegetal permanente das entrelinhas e controle pouco efetivo da vegetação das linhas de plantio com responsáveis pela diminuição na produção de frutos em relação a outros métodos de manejo, como cobertura vegetal morta (mulch) e solo limpo ou parcialmente limpo por meio de gradagens (Passos et al., 1973; Pacheco et al., 1975; Vasconcellos et al., 1976; Caetano, 1980; Portelinha, 1995; Wright et al., 2003).

Observando os valores médios das precipitações pluviiais ocorridas no município de Montenegro no período de 2006 a 2008 (Figura 9), nota-se que houve precipitações em todos os meses do ano, situação que reduz as chances da cultura comercial apresentar problemas de deficiência hídrica.

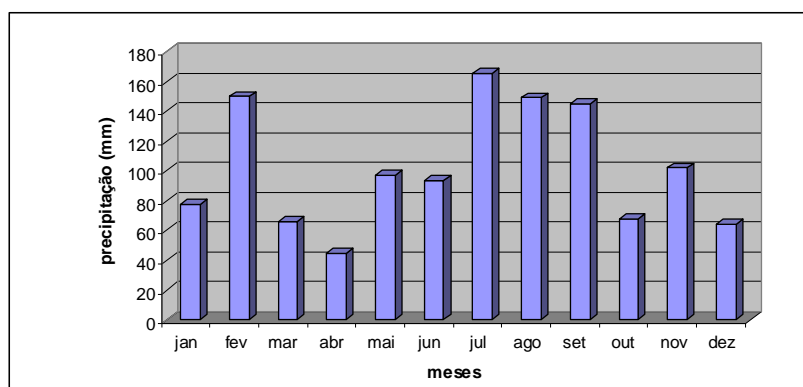


FIGURA 9: Precipitação pluvial média mensal de janeiro de 2006 a dezembro de 2008. Dados da Defesa Civil do Rio Grande do Sul/ 2009

Outros autores, em contrapartida, relatam que, quando se realiza o controle efetivo da vegetação em toda a extensão na linha de plantio de citros até a projeção da copa das plantas, mantendo-se as entrelinhas vegetadas e roçadas, resultados favoráveis ou no mínimo equivalentes são obtidos em relação a outros métodos de manejo das entrelinhas (Santinoni & Silva, 1995; Tersi et al., 1999; Carvalho et al., 2002 e Auler et al., 2008).

Vale ressaltar que essa massa vegetal também se reveste de grande importância por propiciar uma intensa ciclagem de nutrientes, incremento de MO ao longo do tempo e melhoria nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (Koller, 1994; Campos et al., 1995; Bayer e Mielniczuk, 1997 e Arvidsson, 1998).

Do ponto de vista do sistema orgânico de produção adotado pelo agricultor, essa massa vegetal presente nas entrelinhas do pomar auxilia na ciclagem de nutrientes e, aliado às adubações (com compostos orgânicos e biofertilizantes), dispensa qualquer tipo de adubação com fertilizantes sintéticos no pomar, diante dos dados de fertilidade das análises químicas realizadas.

4.3.3 Produtividade do pomar

Os dados de produtividade expresso em número, peso de frutos, peso médio de frutos e produtividade estimada são apresentados na Tabela 9.

TABELA 9: Rendimento médio expresso em número de frutos, peso de frutos, peso médio de frutos e produtividade estimada sob diferentes manejos da vegetação. Montenegro/RS, setembro 2008

Tratamento	Rendimento médio/planta ⁽¹⁾		Peso médio de frutos (kg)	Produtividade ⁽²⁾ t ha ⁻¹
	Nº de frutos	Peso de frutos (kg)		
Grade (T1)	375 a	39,08 a	0,104 b	19,54 a
Tronco 'V' (T2)	271 b	30,33 ab	0,112 ab	15,17 ab
Roçada (T3)	250 b	28,58 b	0,114 a	14,29 b
Rolo faca (T4)	343 ab	36,58 ab	0,107 ab	18,29 ab
CV%	20,7	18,7	5,1	17,8

Médias seguidas da mesma letra entre os tratamentos analisados não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾Média considerando valores obtidos de 12 plantas por tratamento. ⁽²⁾Estimativa considerando 500 plantas/ha, de acordo com espaçamento utilizado.

Nota-se que o tratamento T1 apresenta as maiores médias entre os tratamentos para as variáveis analisadas, com exceção do peso médio de frutos, sendo as menores médias apontadas no tratamento Roçada, porém com maior peso médio de frutos. Uma possível explicação pode estar no fato de que esta região do pomar (T3) apresentou grande quantidade de massa vegetal e menores valores dos atributos de fertilidade, se comparado aos demais locais amostrados, o que reforça a interpretação de que a competição da vegetação por água e nutrientes tem reflexos na produtividade da cultura comercial.

Quanto ao peso de frutos, houve diferença significativa entre os tratamentos T1 e T3. Apesar de o tratamento Grade apresentar maior número e peso de frutos, quando comparado ao peso médio de frutos nota-se que o tratamento Roçada foi beneficiado, uma vez que, com menos frutos por planta, o peso por fruto foi maior. Este fato é relevante ressaltar devido a comercialização *in natura* do produto, no qual o consumidor tem preferência por frutos maiores.

Para a variável número de frutos, entre os tratamentos analisados, o tratamento T1 apresentou as maiores médias e diferiu significativamente do tratamento T2 e T3, sendo que na produtividade estimada esta diferença ocorreu apenas no tratamento T3, corroborando com os resultados obtidos por Passos et al., (1973) e Portelinha, (1995).

A diferenciação entre estes tratamentos pode estar associada à mobilização do solo e conseqüente redução da competição por água e nutrientes pela vegetação espontânea das entrelinhas, uma vez que as análises químicas, em todos os locais amostrais, apresentaram bons níveis de fertilidade, não sendo limitantes para diferenciar as produtividades obtidas.

Já Bordin et al. (2008), trabalhando com plantas de cobertura do solo, com e sem aplicação de escarificação nas entrelinhas, não observaram diferenças no crescimento e na produção das plantas cítricas.

Vale ressaltar que a avaliação da produtividade foi realizada no primeiro ano após a implantação do experimento, devendo-se considerar que os efeitos benéficos proporcionados pela mobilização do solo podem ser neutralizados com o decorrer do tempo e até se tornarem prejudiciais, conforme o manejo subsequente.

Carvalho et al. (2002), em experimento realizado com a associação de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* L.) com escarificação nas entrelinhas do pomar de laranjeira Pêra sobre limoeiro Cravo, durante cinco anos, em duas localidades no Estado da Bahia, constataram aumento do peso e número de frutos em comparação ao sistema tradicional, com três capinas manuais nas linhas de plantio e três gradagens nas entrelinhas.

Os valores de peso de frutos/planta apresentaram-se superiores ao valor médio de 25 kg/planta obtidos neste talhão do pomar em anos anteriores. Conforme informações do produtor e do ponto de vista geral, a produtividade do pomar está de acordo com a média geral obtida no Estado do RS de 16,4 t ha⁻¹ (IBGE, 2009).

4.4 Conclusões

O sistema de manejo utilizado do pomar de tangerineiras favorece o aumento dos teores de MO na camada superficial do solo (0 - 0,10m).

Todos os nutrientes avaliados tiveram seus valores aumentados nas camadas de solo avaliadas, se comparados aos valores médios de área onde não se procedeu o mesmo manejo do pomar.

No primeiro ano de análise, entre os tratamentos de manejo da vegetação espontânea propostos, apenas no tratamento Grade ocorreu maior produção de tangerinas comparado ao tratamento Roçada.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de manejo adotado neste pomar propicia boas condições físicas e químicas ao solo para o desenvolvimento de tangerineiras.

O tráfego de máquinas nas entrelinhas do pomar afeta negativamente os atributos físicos do solo, apontando altos valores de resistência mecânica à penetração no solo sob rodado, aumento da densidade do solo e menor infiltração de água, quando comparado a região do entre rodado e projeção da copa.

Os tratamentos de manejo da vegetação espontânea propostos não influenciaram a infiltração de água no solo.

Nas condições de solo em que este trabalho foi realizado, apesar do tráfego de máquinas causar alterações em suas propriedades físicas, elas não foram impeditivas para o desenvolvimento vegetal das tangerineiras.

A manutenção da vegetação espontânea nas entrelinhas do pomar e a adubação orgânica realizada influenciaram na fertilidade do solo, apresentando aumento expressivo de todos nutrientes, principalmente na profundidade de 0 – 0,10m.

No primeiro ano de análise, entre os tratamentos de manejo da vegetação espontânea propostos, apenas no tratamento Grade ocorreu maior produção de tangerinas comparado ao tratamento Roçada.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERCROMBIE, R.A.; PLESSIS, S.F.D. The effect of alleviating soil compaction on yield and fruit size in an established Navel orange orchard. J. South. **Journal of the Southern African Society for Horticulture Sciences**, Pietermaritzburg, v.5 p. 85-89, 1995.

ABREU JUNIOR, C.H.; MURAOKA, T.; LAVORANTE, A.F.; ALVAREZ, V.F.C. Condutividade elétrica, reação do solo e acidez potencial em solos adubados com composto lixo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 645-657, 2000.

ABREU, S. L.; REICHERT, J. M.; REINERT D. J. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em Argissolo franco-arenoso sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 519-531, 2004.

ALAKUKKU, L.; WEISSKOPF, P.; CHAMEN, W.C.T.; TIJINK, F.G.J.; VAN DER LINDEN, J.P.; PIRES, S.; SOMMER, C.; SPOOR, G. Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: a review Part 1. Machine/soil interactions. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 73, n. 1-2, p. 145-160, 2003.

AKOBUNDU, I.O. **Weed Science in the tropics: Principles e practices**. New York : John Wiley, 1986. p. 93-95.

ALVARENGA, R.C.; LARA CABEZAS, W.A.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário** (Belo Horizonte), Belo Horizonte, MG, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.

AMBROSANO, E.J. Leguminosas, adubo verde: instrumento de manejo ecológico para fertilidade do solo. **Revista Agroecologia Hoje**, Botucatu, n.8, p. 24, 2001.

ANDRIOLI, I.; MINATEL, A.L.G.; BERALDO, J.M.G.; COSTA, B.F.; MORAES, M. Influência da subsolagem e adubação verde no sistema radicular do citros em um latossolo vermelho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31, 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, 2003. 1 CD-ROM.

AREND, J.L.; HORTON, R.E. Som effects of rain intensity, erosion, and sedimentation on infiltration capacity. **Soil Science Society America Proceedings**, Columbus, n.7, p. 82-90, 1949.

ARVIDSSON, J. Influence of soil texture and organic matter content on bulk density, air content, compression index and crop yield in field and laboratory experiments. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.49, n1-2, p. 159-170, 1998.

ASAE - AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Procedures for using and reporting data obtained with the soil cone penetrometer – ASAE EP542**. Saint Joseph, 1999.

ASAE - AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Soil Cone Penetrometer – ASAE S313.3**. Saint Joseph, 2004.

AULER, P.A.M.; FIDALSKI, J.; PAVAN, M.A.; NEVES, C.S.V.J. Produção de laranja 'Pêra' em sistemas de preparo de solo e manejo nas entrelinhas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p. 363-374, 2008.

BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos**. 1996. 240 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 9-26.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 235-239, 1997.

BERALDO, J.M.G.; AULER, P.A.M.; PAVAN M.A.; FIDALSKI, J. Reciclagem de nutrientes num pomar de laranjeira "Pêra" com diferentes sistemas de preparo de solo e cobertura vegetal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31, 2007, Gramado. **Anais...** Viçosa, 2007.1 CD-ROM.

BERGER, E. F. Gomose de Phytophthora dos citros. **Laranja**, Cordeirópolis, n. 11, v.1, p.97-120, 1990.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 7. ed. Viçosa: UFV, 2005. 611p.

BERTON, R. S.; VALADARES, J.M.A.S. Potencial agrícola do composto do lixo urbano no Estado de São Paulo. **O Agrônomo**, Campinas, v.43, p. 87-93, 1991.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 6, p. 581-588, 2004.

BONEL, B. A.; MONTICO, S.; SPONDA, G.; SPURIO, N. Descompactación del suelo mediante el uso de escarificadores en Argiudoles típicos del sur de Santa Fe. In: JORAJORUÍA COLLAZO, D. (ed.). **Reología del suelo agrícola bajo tráfico**: modificaciones físico-mecánicas del suelo vinculadas a la compactación debida al tráfico agrario. La plata: Universidad Nacional de La Plata, 2005. p. 1-11.

BONINE, D. P.; JOÃO, P.L. Estudo da cadeia produtiva de citros no Vale do Caí, RS. **Informativo da EMATER/RS: Série Realidade Rural**, Porto Alegre, v.29, 2002, 74p.

BORDIN, I.; NEVES, C.S.V.J.; AIDA, F.T.; SOUZA, W.R.; DAVOGLIO JUNIOR, A.C.; FURLANETO, T.L.R.; TAVARES FILHO, J. Sistema radicular de plantas cítricas e atributos físicos do solo em um Latossolo argiloso submetido à escarificação. **Ciência rural**, Santa Maria, v.35, n.4, p. 820-825, 2005.

BORDIN, I.; NEVES, C.S.V.J.; FRANCIO FILHO, P.; PRETI, E. A.; CARDOSO, C. Crescimento de milho e guandu, desempenho de plantas cítricas e propriedades físicas do solo escarificado em um pomar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p.1409-1418, 2008.

BOTTA, G. F.; JORAJURIA, D.; ROSATTO, H.; FERRERO, C. Light tractor traffic frequency on soil compaction in the Rolling Pampa region of Argentina. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 86, n.1, p. 9-14, 2006.

BRAGA, N. R. Adubação verde para citros. **Laranja**, Cordeirópolis, n.7, v.1, p. 299-307, 1986.

BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, p. 369-374, 1990.

BRANDÃO, V. de S.; PRUSKI, F.F.; SILVA, D.D. **Infiltração da água no solo**. Viçosa: UFV, 2006. 98p.

BRASIL. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife: IPEAS, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30).

CABEDA, M.S.V. Degradação física do solo. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL; SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DE SOLO NO PLANALTO, 3., Passo Fundo, 1984. **Anais....** Passo Fundo, 1984. 7p.

CABRERA, R.A.D. **Produção de plantas cítricas em viveiro**: uso de substrato alternativo e inoculação com *Xylella fastidiosa*. 2004. 122 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

CAETANO, A.A. Tratos culturais. In: RODRIGUEZ, O.; VIEGAS, F.; POMPEU JUNIOR, J. **Citricultura brasileira**. Campinas: Fundação Cargill, 1980.(2) p. 429-444.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULIZANI, E.A.; COSTA, M. B. B. da; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M. B. B. da (Coord). **Adubação verde no sul do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro :, AS-PTA, 1993. p.1-55.

CAMARGO, G.A. **Compactação do solo e desenvolvimento de plantas**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 44p.

CAMPOS, B.C. de; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.1, p.121-126, 1995.

CARMO, G.F. **Efeito de três tipos de cobertura vegetal sobre a velocidade de infiltração básica (VIB)**. 1976. 29f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1976.

CARVALHO, H.O.; CASSEL, D.K.; HAMMOND, J.; BAUER, A. Spatial variability of in situ unsaturated hydraulic conductivity of maddock sand loam. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.40, n.6, p.1-8, 1976.

CARVALHO, J.E.B.; JORGE, L.A. C.; RAMOS, W.F.; ARAÚJO, A.M.A. Manejo de cobertura do solo e desenvolvimento do sistema radicular da combinação 'Pêra'/Limão 'Cravo' na Bahia e em Sergipe. **Laranja**, Cordeirópolis, n.22, v.1, p. 259-269, 2001a.

CARVALHO, J.E.B.; SOUZA, L.S.; RAMOS, W.F.; LOPES, L.C.; ARAÚJO, A.M.A. Manejo do solo e cobertura vegetal em citros na Bahia e em Sergipe. **Laranja**, Cordeirópolis, n.22, v.1, p. 271-284, 2001b.

CARVALHO, J.E.B.; SOUZA, L.S.; CALDAS, R.C.; ANTAS, P.E.U.T.; ARAÚJO, A.M.A.; LOPES, L.C.; SANTOS, R.C.; LOPES, N.C.M.; SOUZA, A.L.V. Leguminosa no controle integrado de plantas daninhas para aumentar a produtividade de laranja Pêra. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, p. 82-85, 2002.

CASTRO, O.M.; NETO, F.L. Manejo e conservação do solo em citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v.13, p. 275-305, 1992.

CHANCELLOR, W. J. Soil physical properties. In: CHANCELLOR, W. J. (coord.). **Advances in soil dynamics**. Saint Joseph: ASAE, 1994. p. 21-254.

CHAVES, J.C.D.; GORRETA, R.H.; DEMONER, C.A.; CASANOVA JUNIOR, G.; FANTIN, D. **O amendoim cavalo (*Arachis hypogaea*) como alternativa para cultivo intercalar em lavoura cafeeira**. Londrina : IAPAR, 1997. 20p. (IAPAR, Boletim Técnico, 55).

CHRISTENSEN B.T.; JOHNSTON A.E. Soil organic matter and soil quality: Lessons learned from long-term experiments at Askov and Rothamsted. In: GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R. (ed.). **Soil quality for crop production and ecosystem health**, Amsterdam: Elsevier, 1997. p. 399-430.

CINTRA, F.L.D.; COELHO, Y.S.; CUNHA SOBRINHO, A.P.; PASSOS, O.S. Caracterização física do solo submetido a práticas de manejo em pomar de laranja 'Baianinha'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n. 2, p.173-179, 1983.

CLAPP, C.E; SATARCK, S.A.; CLAY, D.E.; CARSO, H.E. Sewage sludge organic matter and soil properties. In: CHEN, Y.; ARNI MELEICH, Y. (Ed.) **The role of organic matter in modern agriculture**, Dorchecht : Martinus Nijhoff Publishers, 1986. p. 209-248.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARTZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 743-753, 2003.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre, 2004. 394 p.

CORÁ, J.E.; SILVA, G.O.; MARTINS FILHO, M.V. Nutrição dos citros. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JR., J. (Org.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fapesp, 2005. p.347-368.

CORSINI, P.C. Modificações de características físico-hídricas em perfis das séries Jaboticabal Santa Tereza, ocasionadas pelo cultivo intenso. **Científica**, Jaboticabal, v.2, n.2, p.148-161, 1974.

CULLEY, J.L.B.; LARSON, W.E. Susceptibility to compression of a clay loam Haplaquoll. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.51, p.562-567, 1987.

DAL SOGLIO, F.; ABIB, E. N.; BONINE, D.P. O grupo de citricultura ecológica: aprendendo com a participação. **Revista Agriculturas: experiências em agroecologia**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 4, p. 11-14, 2006.

DEFESA CIVIL. Rio Grande do Sul. **Índices pluviométricos**. Disponível em <<http://www.defesacivil.rs.gov.br/>>. Acesso em 20 fev. 2009.

DEMATTÊ, J.L.; VITTI, G.C. Alguns aspectos relacionados ao manejo de solos para citrus. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS, 2., 1992, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p.67-99.

DORNELLES, C.M.M. Manejo do solo em pomares de laranjeiras no Rio Grande do Sul. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.7, p.91-98, 1971.

DRAGHI, L.M. **Mecanización del huerto frutal**: Tráfico controlado com vehículos de bajo peso/eje y altas intensidades de tráfico. Reología del suelo agrícola de bajo tránsito. Modificaciones físico-mecánicas del suelo vinculadas a la compactación debida al tráfico agrario. La Plata : Universidad Nacional de la Plata. 2005. p. 85-106.

DURIGAN, J.C. Controle químico de plantas daninhas na citricultura. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 15, n.12, p. 277-293, 1994.

EMBRAPA. **Manual de métodos e análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212 p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação, 1999. 412 p.

FABIAN, A.J.; OTTONI FILHO, T.B. Projeto de uma câmara de infiltração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 24., 1993, Goiânia. **Resumo...** Goiânia, 1993. p. 107-108.

FAO. [Informações] 2005. Disponível em <www.fao.org>. Acesso em 24 jan. 2009.

FÁVERO, C.; JUCKSCH, I.; COSTA, L.M.; ALVARENGA, R.C.; NEVES, J.C.L. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p. 171-177, 2000.

FIDALSKI, J.; STENZEL, N.M.C. Nutrição e produção da laranjeira “Folha Murcha” em porta-enxertos e plantas de cobertura permanente na entrelinha. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, p.807- 813, 2006.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C.A.; SACAPIM, C.A. Espacialização vertical e horizontal dos indicadores de qualidade para um Latossolo Vermelho cultivado com citros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p. 9-19, 2007.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C.A.; SILVA, A. 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**, Viçosa, v.31 p. 423-433, 2007.

FIGUEIREDO, J.O. Variedade de copa de valor comercial. In: RODRIGUES, O.; VIEGAS, F.C.P. (coord.). **Citricultura brasileira**. Campinas: Fundação Cargill, 1991. v.1, p. 228-264.

FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C.; LIMA, S. L. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 8, p. 947-953, 2003.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia** – Processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre : Ed. UFRGS, 2001. 653p.

GOMES, E.B.S.R.; MINATEL, A.L.G.; BERALDO, J.M.G.; ANDRIOLI, I.; BUENO, C.R.P. Efeitos da subsolagem e adubação verde nas propriedades físicas do solo cultivado com laranjeira valência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...**, Ribeirão Preto: SBCS, 2003. 1 CD-ROM.

GONZÁLEZ, M.G.M.; NEVES, C.S.V.J. Manejo do solo e sua influência sobre a produção e qualidade dos frutos nas primeiras safras de tangerineira 'Poncã' (*Citrus reticulata* Blanco). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.14, n.2, p.71-77, 1992.

GRUPEX – GRUPO DE PESQUISA E EXTENSÃO EM CITROS FEPAGRO EMATER/RS E UFRGS. **O cultivo dos citros no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre : Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária, 2005. 141p. (Boletim Fepagro)

GRUPO PAULISTA DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA CITROS. Recomendações de adubação e calagem para citros no estado de São Paulo. **Laranja**, Cordeirópolis, Edição Especial, p.1-27, 1994.

GYSI, M. Compaction of an Eutric Cambisol under heavy wheel traffic in Switzerland: Field data and a critical state soil mechanics model approach. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.61 p.133-142, 2001.

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

HAKANSSON, I.; VOORHESS, W.B. Soil compactation. In: LAL, R.; BLUM, W.H.; VALENTIN, C.; STEWART, B.A. (eds). **Methods for assessment of soil degradation**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1997. p.167-179.

HAMZA, M. A.; ANDERSON, W.K. Soil compaction in cropping systems: a review of the nature, causes and possible solutions. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 82, n. 2, p. 121-145, 2005.

HILLEL, D. **Introduction to soil physics**. New York: Academic Press, 1982. 364 p.

HOMMA, S.K. **Efeito do manejo alternativo sobre a descompactação do solo, fungos micorrízicos arbusculares nativos e produção em pomar convencional de tangerina Murcott**. 2005. 101f. Dissertação (Mestrado - Agrossistemas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

HORN, R. **Compressibility of arable land**. Catena Supplement, Giessen, v.11, p. 53-71, 1988.

IBGE. **Produção agrícola municipal**: 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.org.br>> Acesso em: 24 jan. 2009.

IMHOFF, S. **Indicadores de qualidade estrutural e trafegabilidade de Latossolos e Argissolos Vermelhos**. 2002. 94f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

JORAJURÍA, D. Compactación del suelo agrícola inducida por tráfico vehicular: una revisión. In: JORAJORUÍA COLLAZO, D. (ed.). **Reología del suelo agrícola bajo tráfico**: modificaciones físico-mecánicas del suelo vinculadas a la compactación debida al tráfico agrario. La plata: Universidad Nacional de La Plata, 2005. p. 39-55.

JORAJURÍA, D.; DRAGHI, L. The distribution of soil compaction with depth and the response of a perennial forage crop. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Silsoe, v. 66, n. 4, p. 261-265, 1997.

JONES, W.W.; EMBLETON, T.W. Soils, soil management, and cover crops. In: REUTHER, W. (ed). **The Citrus Industry**. Berkeley : University of California. Division of Agricultural Sciences, 1973. p. 98-121.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492p.

KITRIDGE, J. Comparative interpretation in forest open. **Journal of Forestry**, n.38, p. 1156-1157, 1938.

KLEIN, V. A.; CAMARA, R. K. Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em Latossolo Vermelho sob plantio direto escarificado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 221-227, 2007.

KOLLER, O.C. Adubação de pomares de citros. In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE CITRICULTURA DO RS, 12., 2005, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2005. p. 39-64.

KOLLER, O.C. **Citricultura** – laranja, limão e tangerina. Porto Alegre: Rigel, 1994. 446p.

KOLLER, O.C.; ANGHINONI, I.; MANICA, I.; MORAES, P.A. de; PIRES, J.L.; RUCKER, P.A.; AZEREDO, V.; SILVA, L.J.C.; KORNDORFER, G.H.; THREHER, R.T.; FINKLER, L.M. Estado nutricional dos citros na região produtora do Rio Grande do Sul. **Agronomia Sulriogradense**, Porto Alegre, v.22, n.2, p. 185-204, 1986.

KULLI, B.; GYSI, M.; FLÜHLER, H. Visualizing soil compaction based on flow pattern analysis. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 70, n.1, p. 29-40, 2003.

KUTILEK, M.; NIELSEN, D.R. **Soil hydrology**. Cremlingen: Dested Catena Verlag, 1994. 370p.

LEÃO, T. P. **Intervalo hídrico ótimo em diferentes sistemas de pastejo e manejo da pastagem**. 2002. 58 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-

Graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

LEBERT, M.; HORN, R. A method to predict the mechanical strength of agricultural soils. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.19, p. 274-286, 1991.

LERINK, P. Prediction of the immediate effects of traffic on field soil qualities. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.16, p. 153-166, 1990.

LEVIEN, R.; COGO, N.P.; ROCKENBACH, C. A. Erosão na cultura do milho em diferentes sistemas de cultivo anterior e métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, p. 73-80, 1990.

LEVIEN, R.; VAN LIER, Q. de JONG.; ALVES, A.G.C. Influence of surface crust on water infiltration rates measured by a rotating-boom rainfall simulator and a double-cylinder device. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 24, p. 479-486, 2000.

LI, Y. X.; TULLBERG, J. N.; FREEBAIRN, D. M. Wheel traffic and tillage effects on runoff and crop yield. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.97, n.2, p. 282-292, 2007.

LIMA, C.A.G.; SILANS, A. P. de. Variabilidade espacial da infiltração de água no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.12, p. 2311-2320, 1999.

LIMA, C.I.R.; SILVA, A.P.; IMHOFF, S.; LIMA, H.V.; LEÃO, T.P. Heterogeneidade da compactação de um latossolo vermelho-amarelo sob pomar de laranja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.409-414, 2004.

MACHADO, A.L.T.; TREIN, C.R. Determinação da compressibilidade em dois tipos de solos do Rio Grande do Sul, In: REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 3., 2000, Pelotas. **Anais...** Pelotas, 2000.

MAPA. **Instrução normativa n. 64 de 18 de dezembro de 2008**. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 19 fev. 2009.

MAZZA J. A. **Avaliação de compactação e sistema radicular de citros nas Fazendas Nova Prata e Samambaia, Colina/SP**. Piracicaba : [s.n.], 1992. 15p. (**Relatório Técnico**).

MAZZA, J.A.; VITTI, G.C.; PEREIRA, H.S.; MENEZES, G.M.; TAGLIARINI, C.H. Influência da compactação no desenvolvimento do sistema radicular de citros: sugestão de método qualitativo de avaliação e recomendações de manejo Laranja. **Laranja**, Cordeirópolis, v.15, p. 263-275, 1994.

MELO, W. J.; MARQUES, M.O.; SILVA, F.C.; BOARETTO, A.E. Uso de resíduos sólidos urbanos na agricultura e impactos ambientais. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Campinas, 1997. 1 CD-ROM.

MINATEL, A. L. G.; ANDRIOLI, I.; BERALDO, J. M. G.; BEUTLER, A. N. Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho em sistemas de manejo de laranja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, 2003. 1 CD-ROM.

MINATEL, A.L.G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J.F.; NATALE, W. Efeitos da subsolagem e da adubação verde nas propriedades físicas do solo em pomar de citros. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, p. 86-95, 2006.

MOORE, D. C.; SINGER, M. J.; OLSON, W.H. Improving orchard soil structure and water penetration. **California Agricultural**, California, v.43, n.5, p.7-9, 1989.

MOREIRA, C.S. Manejo do solo em pomar cítrico. **Laranja**, Cordeirópolis, n.9, v.2, p. 423-435, 1988.

MOSADDEGHI, M.R.; HAJABBASI, M.A.; HEMMAT, A.; AFYUNI, M. Soil compactibility as affected by soil moisture content and farmyard manure in central Iran. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 55, n.1-2, p. 87-97, 2000.

NAIME, J. de M. **Um novo método para estudos dinâmicos, in situ, da infiltração da água na região não-saturada do solo**. 2001. 166f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

NEGI, S.C.; MCKYES, E.; TAYLOR, F.; DOUGLAS, E.; RAGHAVAN, G.S.V. Crop performance as affected by traffic and tillage in a clay soil. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v.23, p.1364-1368, 1980.

NESMITH, D.S. Soil compaction in double cropped wheat and soybean on Ultissol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.51, p.183-6, 1987.

NEVES, C. S. V. J. **Influência de sistemas de manejo em características de tangerina poncã sobre limão cravo e de um latossolo roxo**. 1988. 158 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

NEVES, C.S.V.J.; DECHEN, A.R. Sistemas de manejo de solo em pomar de tangerina Ponkan sobre limão Cravo em Latossolo Roxo. **Laranja**, Cordeirópolis, v.22, p.167-184, 2001.

NEVES, C.S.V.J.; FELLER, C.; LARRÉ-LARROUY, M.C. Matéria orgânica das frações de um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v.26, p.17-24, 2005.

NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W.; ERH, K.T. Spatial variability of field measured soil-water properties. **Hilgardia**, Berkeley, v.3, n.42, p. 215-259, 1973.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, Departamento de Solos, 1999. 399p.

OLIVEIRA, A.R.; SANTOS FILHO, A.P.; COELHO, Y.S.; PASSOS, O.R.; CUNHA SOBRINHO, A.P. Relação entre manejo do solo e ocorrência de gomose de *Phytophthora* spp em pomar de laranja 'Baianinha' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.16, n.6, p. 841-844, 1981.

OLIVEIRA, F. C. **Disposição de "resíduo orgânico" e composto de lixo urbano num latossolo vermelho amarelo cultivado com cana-de-açúcar**. 2000. 247f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 2000.

OLIVEIRA, J.B. Solos para citros. In: RODRIGUEZ, O. et al. **Citricultura brasileira**. Campinas: Fundação Cargill, 1991.p.196-227.

OLIVEIRA, M.T.; MERWIN, I.A. Soil physical conditions in a New York orchard after eight years under different groundcover management systems. **Plant Soil**, Netherlands, v. 234, p. 233-237, 2001.

PACHECO, E.B.; SILVA, T.C.A.; SANTOS, H.L.; FELDMANN, R.O.; TEIXEIRA, S.L. Efeito do manejo de um Latossolo Vermelho-Amarelo, fase cerrado, sobre o crescimento e produção da laranjeira (*Citrus sinensis* Osbeck cv. 'Baianinha'). **Experientiae**, Viçosa, v.19, p. 211-238, 1975.

PANZENHAGEN, N. V.; KOLLER, O. C.; VAQUIL, P. D.; SOUZA, P. V. D. de.; DAL SOGLIO, K. Aspectos técnicos-ambientais da produção orgânica na região citrícola do Vale do Rio Caí, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.1, p. 90-95, 2008.

PANZENHAGEN, N.V.; KOLLER, O.C.; SARTORI, I.A.; PORTELINHA, N.V. Resposta de tangerineiras 'Montenegrina' à calagem e adubação orgânica e mineral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.4, p. 527-533, 1999.

PASSOS, O.S.; CUNHA SOBRINHO, A.P.; COELHO, Y.S. Manejo do solo em pomar de citros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2., 1973, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 1973. p.249-254.

PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D.C. **Manual de análise química do solo e controle de qualidade**. Londrina, IAPAR, 1992. 40p. (IAPAR. Circular, 76).

PETTO NETO, A. Práticas culturais. In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU JÚNIOR, J.; AMARO, A.A. (Coord). **Citricultura brasileira**. Campinas: Fundação Cargill, 1991., 492p.

PILLON, C. N. **Alterações no conteúdo e qualidade da matéria orgânica do solo induzidas por sistemas de cultura em plantio direto**. 2000. 232 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

PORTELINHA, N.V. **Sistemas de manejo do solo em pomar novo de tangerineiras ‘Montenegrina’ (Citrus deliciosa Tenore)**. 1995. 118 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

PRIMAVESI, A.M. Solo: manejo nos trópicos. **Revista Guia Rural Abril**, São Paulo, v.11, n.6, p. 24-37, 1986.

RAGHAVAN, G.; Mc KYES, E.; CHASE, J. Soil compaction patterns caused by off-road vehicles in Eastern Canada agricultural soils. **Journal of Terramechanics**, Amsterdam, v. 13, p.107-115, 1976.

RAGOZO, C.R.A.; LEONEL, S.; CROCCI, A.J. Adubação verde em pomar cítrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, p. 69-72, 2006.

RAIJ, B. Van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997, 285p. (Boletim técnico 100).

RAPER, R. L. Agricultural traffic impacts on soil. **Journal of Terramechanics**, Amsterdam, v.42, n.3-4, p. 259-280, 2005.

REICHARDT, K. **Água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 188p.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J.A. Manejo, qualidade do solo e sustentabilidade: condições físicas do solo agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29. 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCS, 2003. 1 CD-ROM.

RESENDE, J.O.; MAGALHÃES, A.F.J.; SHIBATA, R.T.; ROCHA, E.S.; FERNANDES, J.C.; BRANDÃO, F.J.C.; REZENDE, V.J.R.P. **Citricultura nos solos dos tabuleiros costeiros: análise e sugestões**. Salvador : Secretaria da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária, 2002. 97p. (Série Estudos Agrícolas, 3).

ROGOWSKY, A.S. Watershed physical soil variability criteria. **Water Resources Research**, [Washington], v.8, n.4, p.1015-1023, 1972.

ROSOLEM, C.A.; ALMEIDA, A.C. da S.; SACRAMENTO, L.V.S. do. Sistema radicular e nutrição da soja em função da compactação do solo. **Bragantia**, Campinas, v.53, n.2, p. 259-266, 1994.

ROSOLEM, C.A.; FOLONI, J.S.S.; TIRITAN, C.S. Root growth and nutrient accumulation in cover crops as affected by soil compaction. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.65, n.1, p.109-115, 2002.

SALES, L.E.O. **Variabilidade espacial da velocidade de infiltração básica associada a propriedades físicas das camadas superficial e subsuperficial de dois solos da região de Lavras (MG)**. 1992. 104f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1992.

SALVO FILHO, A. Notas sobre o tratamento fitossanitário em citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v.18, n.1, p.155-163, 1997.

SANCHES, A.C. Conservação do solo em pomares cítricos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS – tratos culturais, 5., 1998, Bebedouro. **Anais...** Bebedouro, 1998. p.167-187.

SANCHES, A.C.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.A.; RIGOLIM, A.T. Impacto do cultivo de citrus em propriedades químicas, densidade do solo e atividade microbiana de um Podzólico Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p. 91-99, 1999.

SANTINONI, L.A.; SILVA, N.R. Crecimiento, producción y maduración del mandarino común bajo diferentes prácticas de manejo de suelo. **Horticultura Argentina**, v.14, p. 5-11, 1995.

SÃO JOSÉ, A.R.; DONADIO, L.C.; SACCHI, E.; BANZATTO, D.A.; CABRITA, J.R.M. Efeitos de métodos de cultivo em pomar cítrico sobre a produção e infiltração de água no solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.15, n.1, p. 73-76, 1993.

SHARMA, M.L.; LUXMOORE, R.J. Soil spatial variability and its consequences on simulated water balance. **Water Resources Research**, [Washington], v.15, n.5, p.1567-1573, 1979.

SCHÄFFER, B.; ATTINGER, W.; SCHULIN, R. Compaction of restored soil by heavy agricultural machinery—Soil physical and mechanical aspects. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.93, n.1, p. 28-43, 2007.

SERVADIO, P.; MARSILIA, A.; VIGNOZZI, N.; PELLEGRINI, S.; PAGLIAI, M. Effects on some soil qualities in central Italy following the passage of four wheel drive tractor fitted with single and dual tires. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.84, n.1, p. 87-100, 2005.

SILVA, C.L.; KATO, E. Efeito do selamento superficial na condutividade hidráulica saturada da superfície de um solo sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n.2, p. 213-220, 1997.

SILVA, R. B.; DIAS JUNIOR, M.S.; SILVA, F. A. M.; FOLE, S. M. O tráfego de máquinas agrícolas e as propriedades físicas, hídricas e mecânicas de um Latossolo dos Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.6, p. 973-983, 2003.

SILVA, S.S.; CAMARGO, F.A.O.; CERETTA, C.A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E.J. (Ed). **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Genesis, 2004. p.73-98.

SILVA, V. R. **Propriedades físicas e hídricas em solos sob diferentes estados de compactação**. 2003. 171 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

SOANE, B.D.; BLACKWELL, P.S.; DICKSON, J.W. Compaction by agricultural vehicles: A review. II - Compaction under tyres and other running gear. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.1, p. 373-400, 1981.

SOANE, B.D.; DICKSON, J.W.; CAMPBELL, D.J. Compaction by agricultural vehicles: A review. III - Incidence and control of compaction in crop production. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.2, p. 3-36, 1982.

SOARES, J.L.N.; ESPÍNDOLA, C.R.; CASTRO, S.S. Alteração física e morfológica em solos cultivados sob sistema tradicional de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p.1005-1014, 2005.

SOUZA, A. C. Frutas cítricas: singularidades do mercado. **Preços Agrícolas**, Piracicaba, p.8-10, 2001.

SOUZA, M. C. M. Produtos Orgânicos. In: NEVES, M. F.; ZYLBERSZTAJN, D. **Economia & gestão dos negócios agroalimentares**. São Paulo: Pioneira, 2005.

SPARKS, D. L. **Environmental soil chemistry**. California: Academic Press, 1995. 267p.

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

SUZUKI, L.E.A.S.; ALVES, M.C. Fitomassa de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo. **Bragantia**, Campinas, v.65, p.121-127, 2006.

TARAWALLY, M.A.; MEDINA, H.; FRÓMETA, M.E.; ITZA, C.A. Field compaction at different soil-water status: effects on pore size distribution and soil water characteristics of a Rhodic Ferralsol in Western Cuba. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.76, n.2, p. 95-103, 2004.

TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M.F.; MEDINA, C.C.; BALBINO, L.C.; NEVES, C.S.V.J. Método do perfil cultural para avaliação do estado físico de solos em condições tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.23, p.393-399, 1999.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre : Depto. de Solos da UFRGS, 1995. 174 p.

TERSI, F.E.A.; ROSA, S.M. A subsolagem no manejo de solo para os pomares de citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v.16, p. 289-298, 1995.

TERSI, F.E.A.; SOUZA, E.C.A.; RIGOLIN, A.T. Efeito de métodos de manejo de plantas daninhas em crescimento, produtividade, qualidade do suco e estado nutricional de um pomar cítrico. **Laranja**, Cordeirópolis, v.20, p.120-133, 1999.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G.; SÁ, J. C. M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.2, p.301-309, 1998a.

TORMENA, C.A., SILVA, A.P., da, LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um latossolo roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.573-581, 1998b.

TREIN, C. R. **The mechanics of soil compaction under wheels**. 1995. 132f, Tese (Doutorado) – Cranfield University, Silsoe, 1995.

VASCONCELLOS, H.O.; ARAÚJO, C.M.; BRITTO, D.P.P.S. Manejo do solo em pomar de laranja Pêra (*Citrus sinensis*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.11, p. 43-48, 1976.

VIEIRA, H.A. **Comportamento de quatro infiltrômetros na determinação da velocidade de infiltração básica de água no solo**. 1977. 52f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1977.

VEIGA, M.; HORN, R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Soil compressibility and penetrability of an Oxisol from southern Brazil, as affected by long-term tillage systems. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.92, n.1-2, p.104-113, 2007.

VIEIRA, M.J. Embasamento técnico do subprograma de manejo e conservação do solo – Paraná Rural. **Manual técnico do subprograma de manejo e conservação de solo**. 2.ed. Curitiba : IAPAR : Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento, 1994. p.12-40.

VOORHEES, W.B.; SENST, C.G.; NELSON, W.W. Compaction and soil structure modification by wheel traffic in the northern Corn Belt. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.42, p. 344-349, 1978.

ZANETTE, F.; KOLLER, O.C. Influência da supressão alternada dos nutrientes N, P, K e da calagem, na adubação, sobre a concentração foliar de Mn em laranjeira 'Pêra' (*Citrus sinensis* Osbeck). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 5., 1978, Pelotas. **Anais...** Pelotas, 1978. v.1, p.54-60.

WRIGHT, G.C.; McCLOSKEY, W.B.; TAYLOR, C. Managing orchard floor vegetation in flood-irrigated citrus groves. **HortTechnology**, v.13, n.4, 2003. Disponível em: < <http://www.ashs.org/horttech/>>. Acesso em: 08 set. 2005.

YAMADA, T.; CABRERA, R.A.D.; LEÃO, H.C.; NOGUEIRA, C. Manejo da matéria orgânica boratada para a produção sustentável de citros. Hipóteses de trabalho e resultados preliminares. In: SIMPÓSIO SOBRE FISIOLOGIA, NUTRIÇÃO, ADUBAÇÃO E MANEJO SUSTENTÁVEL DE CITROS, 2000. Piracicaba. **Anais...**Piracicaba, 2000. 1 CD-ROM.

7. APÊNDICES

Apêndice 1: Descrição da composição botânica por espécie e família da vegetação espontânea presente nas entrelinhas do pomar orgânico de tangerina Montenegrina. Montenegro/RS, julho 2007

Nº	Espécie	Família	Nº	Espécie	Família
1	<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	Solanaceae	26	<i>Cestrum corymbosum</i> Schlttdl.	Solanaceae
2	<i>Olyra</i> sp	Poaceae	27	<i>Sida rhombifolia</i> L.	Malvaceae
3	<i>Trifolium repens</i> Walter	Fabaceae	28	<i>Solanum commersonii</i> Dunal	Solanaceae
4	<i>Oxalis bipartita</i> A. St.-Hil.	Oxalidaceae	29	<i>Elephantopus mollis</i> Kunth	Asteraceae
5	<i>Tradescantia zebrina</i> Heynh.	Commelinaceae	30	<i>Aster squamatus</i> (Spreng.) Hieron.	Asteraceae
6	<i>Sonchus oleraceus</i>	Asteraceae	31	<i>Anagallis arvensis</i> L.	Primulaceae
7	<i>Rumex obtusifolius</i> L.	Polygonaceae	32	<i>Baccharis anomala</i> DC.	Asteraceae
8	<i>Melica sarmentosa</i> Nees	Poaceae	33	<i>Panicum</i> sp	Poaceae
9	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	Poaceae	34	<i>Bowlesia incana</i> Ruiz & Pav.	Apiaceae
10	<i>Mikania</i> sp	Asteraceae	35	<i>Eryngium balansae</i> H. Wolff	Apiaceae
11	<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Rottb. ex Retz.	Cyperaceae	36	<i>Vicia sativa</i> L.	Fabaceae
12	<i>Piper xylosteoides</i> (Kunth) Steud.	Piperaceae	37	<i>Daucus pusillus</i> Michx.	Apiaceae
13	<i>Eustachys distichophylla</i> (Lag.) Nees	Poaceae	38	<i>Solanum laxum</i> Spreng.	Solanaceae
14	<i>Plantago australis</i> Lam.	Plantaginaceae	39	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Rutaceae
15	<i>Macfadyena unguis-cati</i> (L.) A.H. Gentry	Bignoniaceae	40	<i>Baccharidastrum triplinervium</i> (Less.) Cabrera	Asteraceae
16	<i>Conyza notobellidiastrum</i> Griseb.	Asteraceae	41	<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill.	Caryophyllaceae
17	<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguélen	Poaceae	42	<i>Galium</i> sp	Rubiaceae
18	(Rich.) Nees	Polygonaceae	43	Nabo	Crucifera
19	<i>Schizachyrium microstachyum</i> (Desv. ex Ham.)	Poaceae	44	<i>Verbena rigida</i> Spreng.	Verbenaceae
20	<i>Erechtites valerianifolius</i> (Link ex Spreng.) DC.	Asteraceae	45	<i>Eupatorium</i> sp	Asteraceae
21	<i>Bidens pilosa</i> L.	Asteraceae	46	<i>Mikania</i> cf. <i>micrantha</i> Kunth	Asteraceae
22	<i>Oxalis</i> sp.	Oxalidaceae	47	<i>Scrophularia peregrina</i> L.	Scrophulariaceae
23	<i>Cyperus hermaphroditus</i> (Jacq.) Standl.	Cyperaceae	48	<i>Cyperus incomtus</i> Kunth	Cyperaceae
24	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Salicaceae	49	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	Lauraceae
25	<i>Schinus molle</i> L.	Anacardiaceae	50	<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	Anacardiaceae

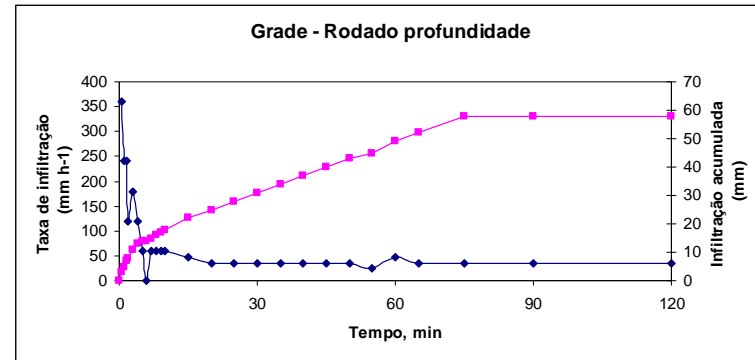
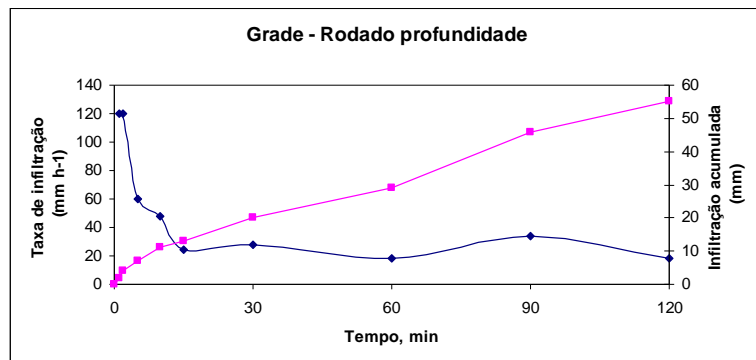
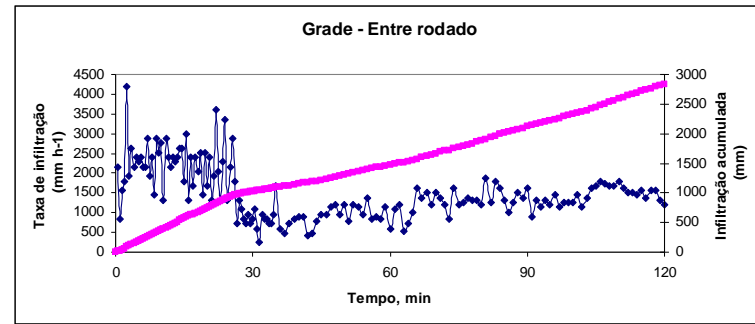
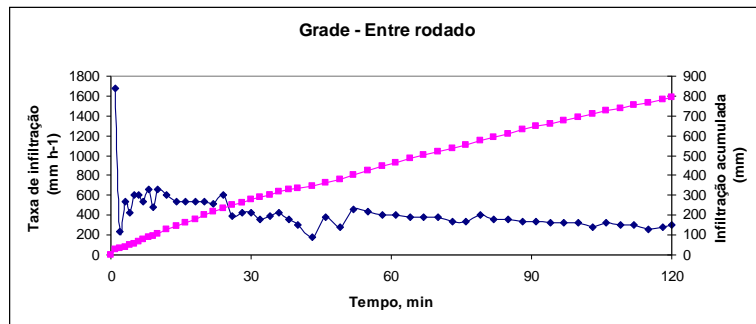
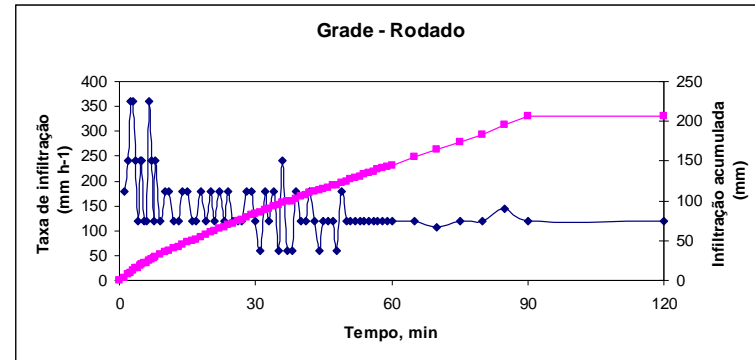
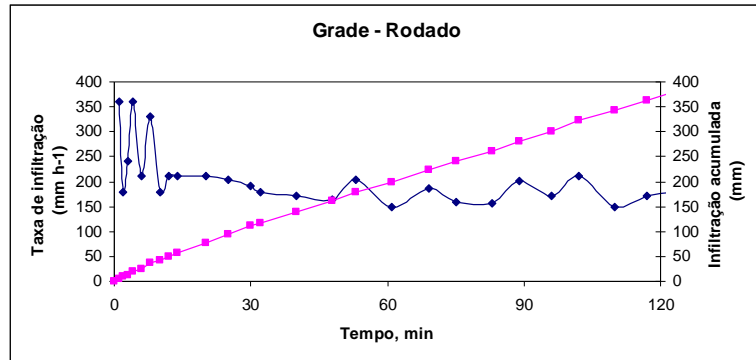
Apêndice 2: Croqui da distribuição dos tratamentos no pomar



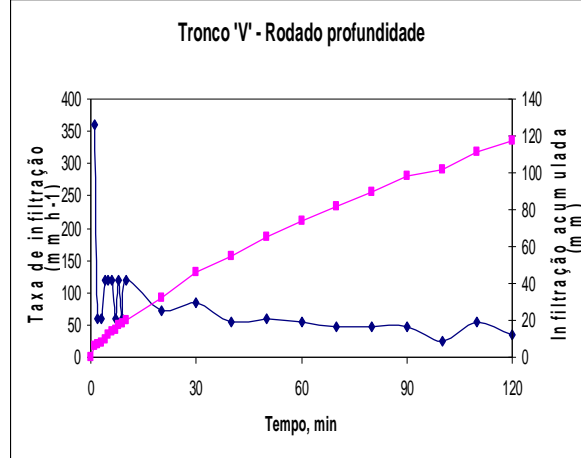
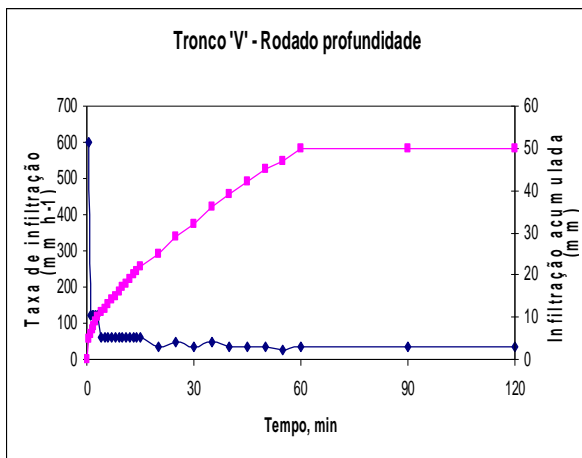
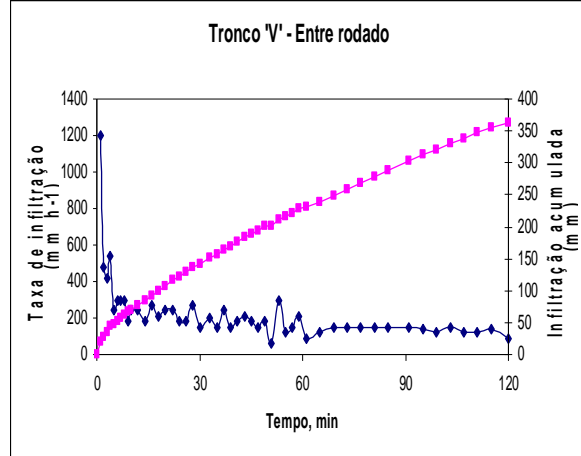
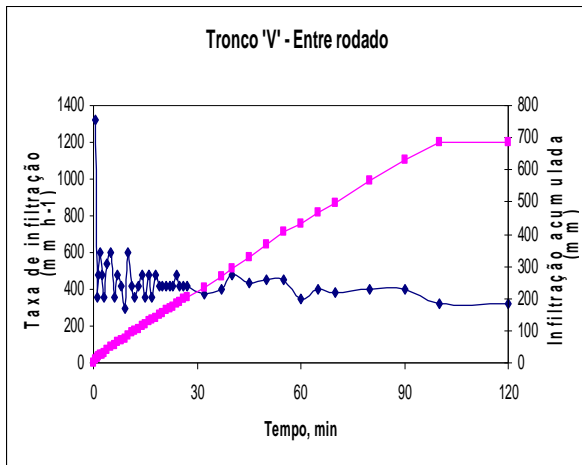
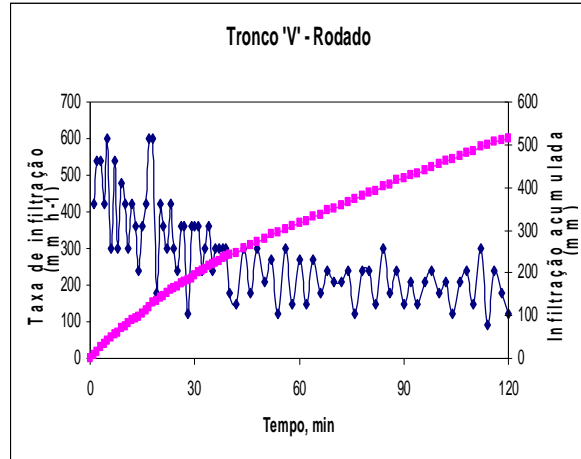
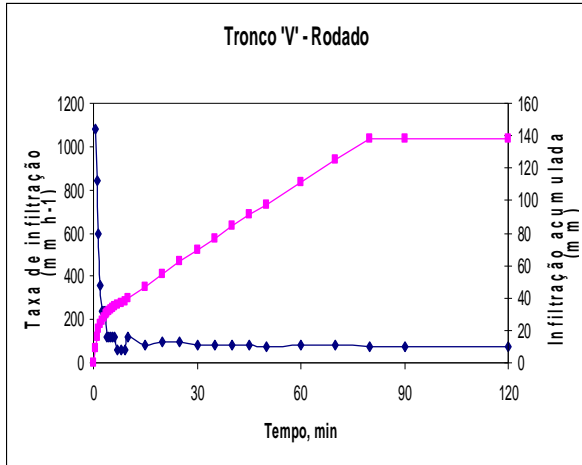
	Repetição I	Repetição II	Repetição III	Repetição IV
T 1 SOLO GRADEADO	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
T 2 TRONCO 'V'	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
T 3 ROÇADA	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
T 4 ROLO-FACA	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

Os círculos em negrito representam as plantas que tiveram seus frutos coletados para análise de produtividade, sendo as demais plantas consideradas de bordadura.

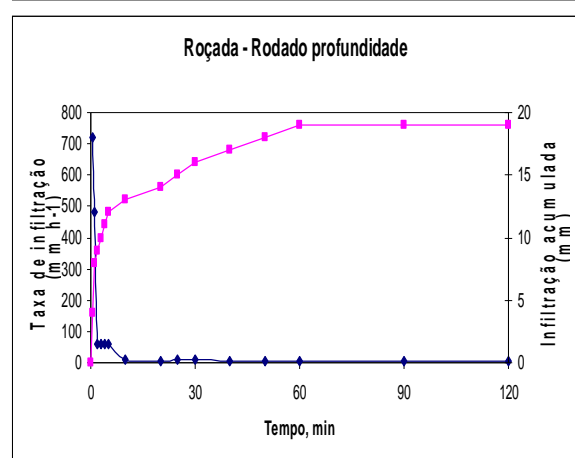
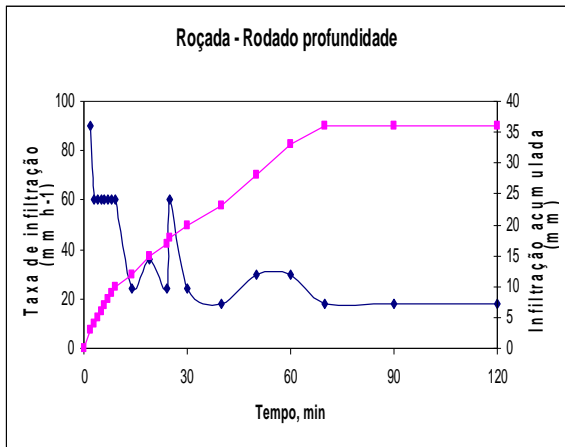
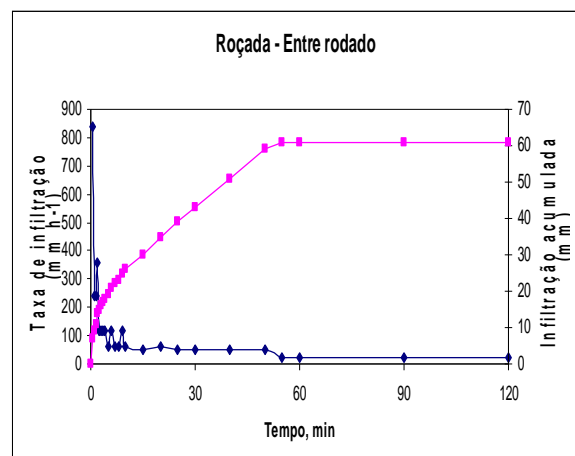
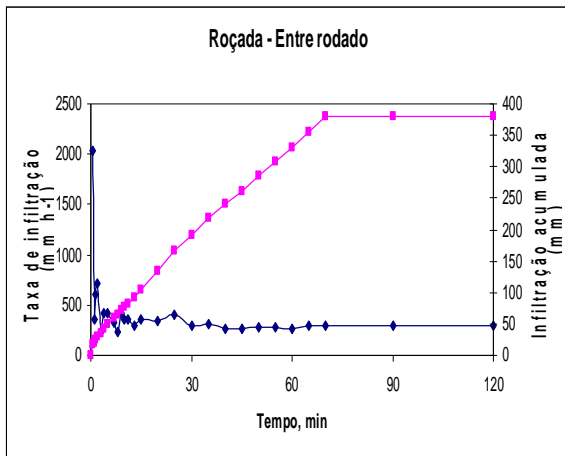
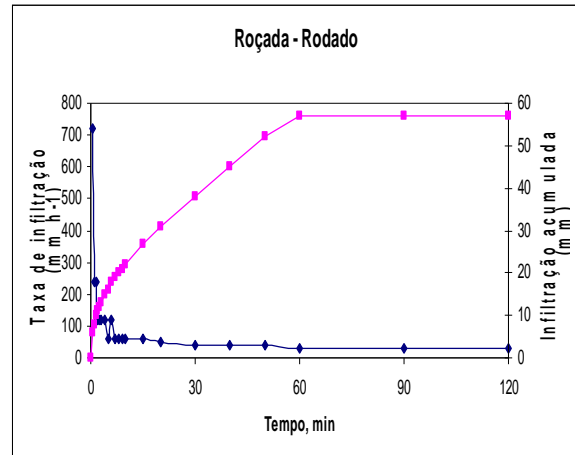
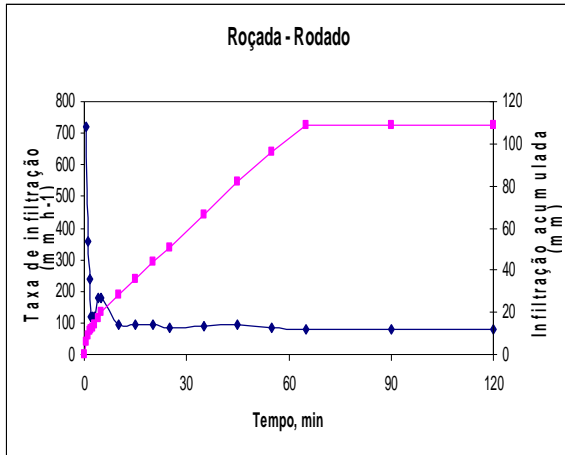
Apêndice 3a: Gráficos da taxa de infiltração e infiltração acumulada de água no perfil do solo no tratamento T1, efetivadas em diferentes locais na entrelinha, com o método dos anéis concêntricos no pomar. Montenegro/RS



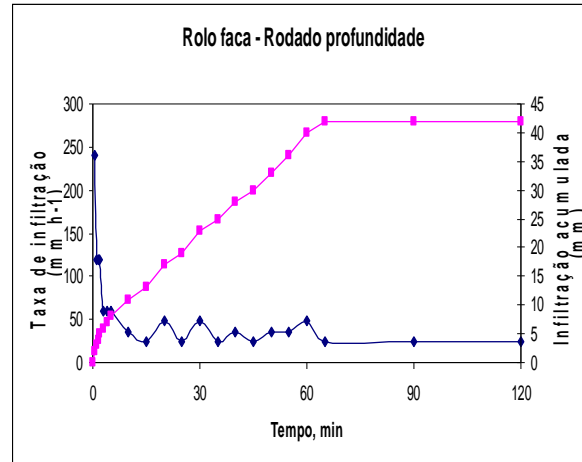
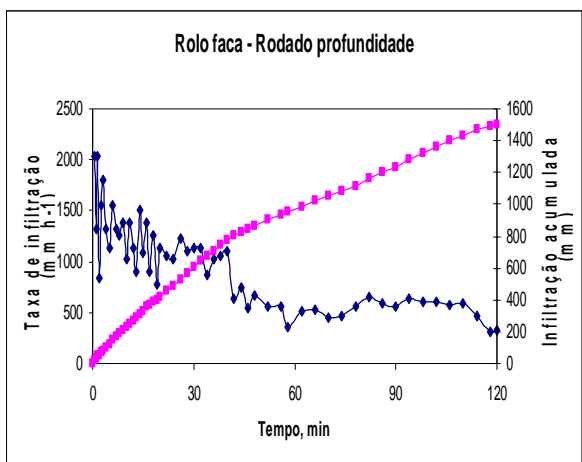
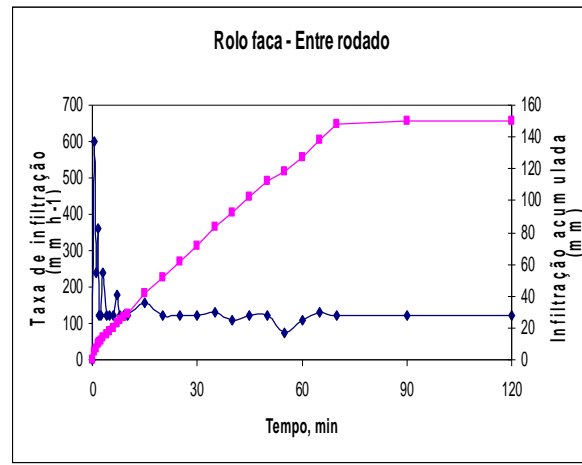
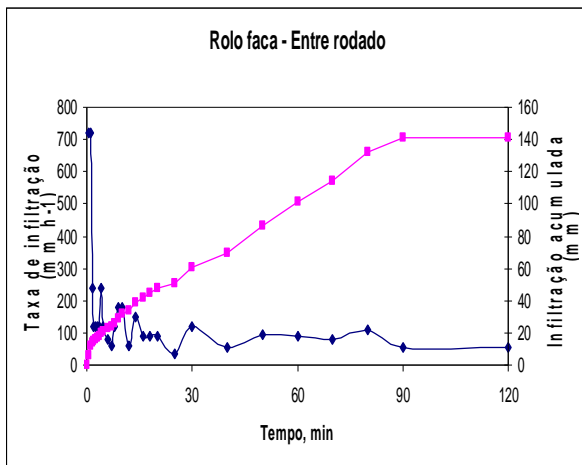
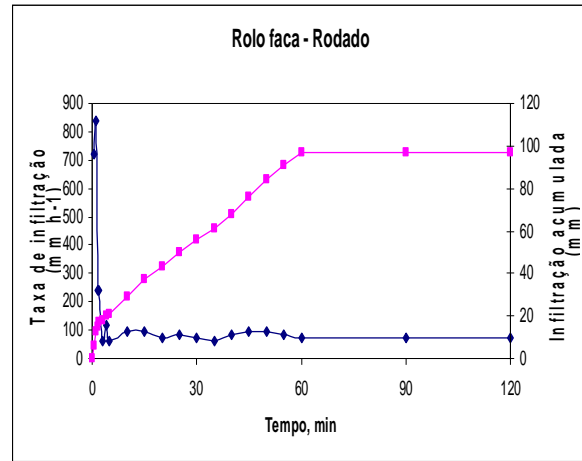
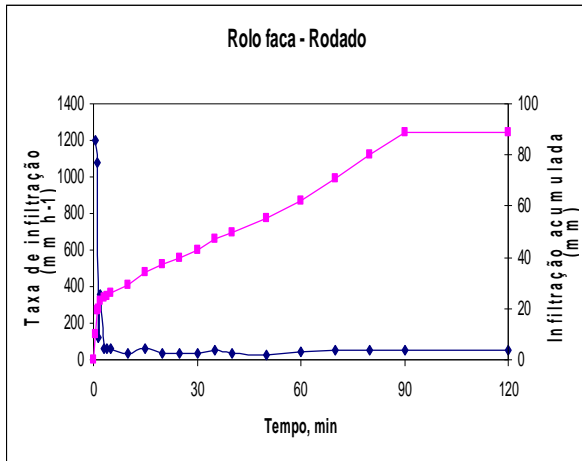
Apêndice 3b: Gráficos da taxa de infiltração e infiltração acumulada de água no perfil do solo no tratamento T2, efetivadas em diferentes locais na entrelinha, com o método dos anéis concêntricos no pomar. Montenegro/RS



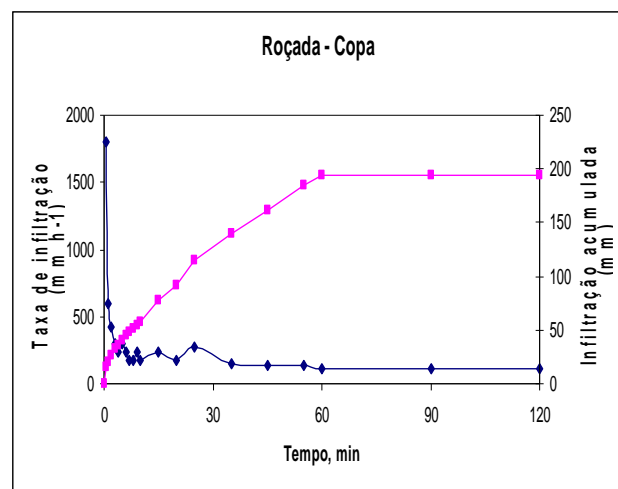
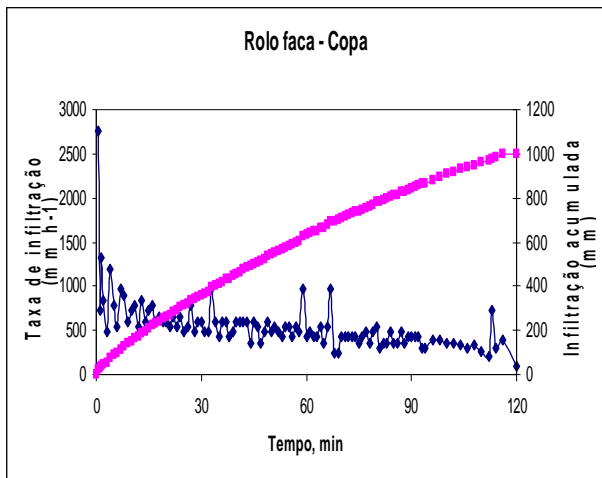
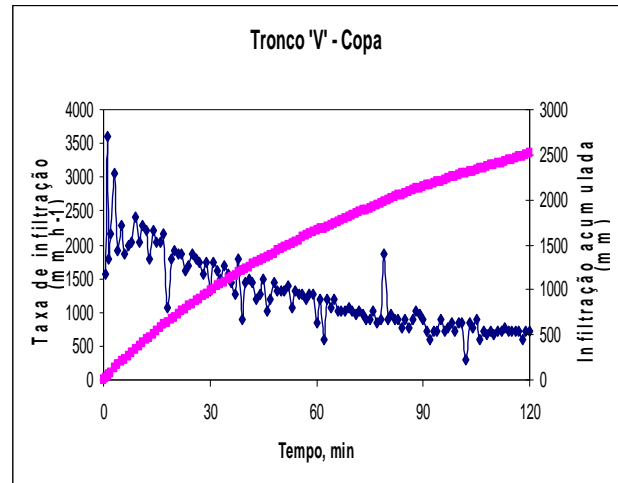
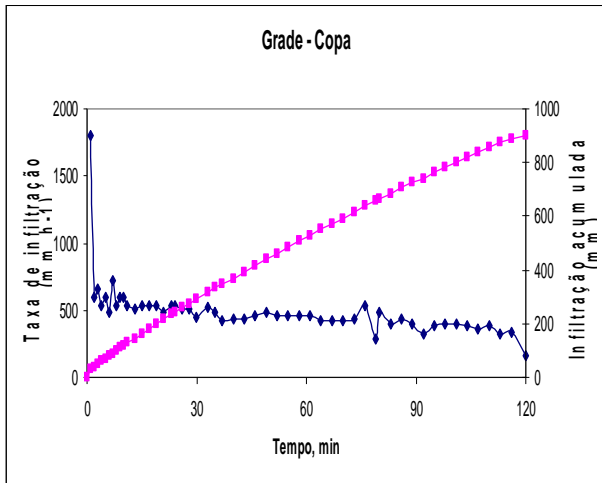
Apêndice 3c: Gráficos da taxa de infiltração e infiltração acumulada de água no perfil do solo no tratamento T3, efetivadas em diferentes locais na entrelinha, com o método dos anéis concêntricos no pomar. Montenegro/RS



Apêndice 3d: Gráficos da taxa de infiltração e infiltração acumulada de água no perfil do solo no tratamento T4, efetivadas em diferentes locais na entrelinha, com o método dos anéis concêntricos no pomar. Montenegro/RS



Apêndice 3e: Gráficos da taxa de infiltração e infiltração acumulada de água no perfil do solo nos diferentes tratamentos, efetivadas em diferentes locais na entrelinha, com o método dos anéis concêntricos no pomar. Montenegro/RS



Apêndice 4a: Valores obtidos das análises de solo do pomar. Montenegro/RS, setembro/2007

	ARGILA %			pH			P mg m ⁻³			K mg dm ⁻³		
	0-0,10m	0,10-0,20m	0,20-0,40m	0-0,10m	0,10-0,20m	0,20-0,40m	0-0,10m	0,10-0,20m	0,20-0,40m	0-0,10m	0,10-0,20m	0,20-0,40m
GRADE	7	9	10	7,4	7,1	6,1	132	19	8,5	86	38	42
	7	7	11	7,6	7,4	7,2	136	26	20	80	37	58
	8	7	13	7,7	7,8	7,1	150	44	20	81	40	44
	9	8	13	7,7	7,6	7,0	161	33	13	73	32	28
ROÇADA	11	12	14	7,7	7,5	6,3	103	23	11	85	44	27
	8	11	9	7,7	7,3	6,7	83	14	22	97	53	27
	10	9	8	7,7	7,3	7,0	164	24	19	125	56	36
	8	9	10	7,7	7,1	6,9	139	23	21	69	33	30
ROLO-FACA	8	9	9	7,4	6,7	6,1	107	23	21	107	52	47
	7	13	15	7,4	6,9	5,8	114	27	9,2	123	59	33
	11	7	13	7,5	6,9	6,3	80	13	11	96	46	50
	12	11	11	7,6	7,4	6,4	198	36	24	136	91	38
TRONCO V	9	11	13	7,3	7,5	6,6	112	26	12	69	34	29
	7	11	12	7,7	7,6	6,8	123	25	13	94	47	34
	8	8	10	7,7	7,3	7,2	183	34	19	101	45	51
	10	9	11	7,8	7,7	6,8	154	24	14	69	43	14
MATO	9	14	13	5,2	4,7	4,5	4,2	1,6	1,4	4,2	1,6	1,4
	MO %			Ca cmol _c dm ⁻³			Mg cmol _c dm ⁻³			CTC cmol _c dm ⁻³		
	0-0,10m	0,10-0,20m	0,20-0,40m	0-0,10m	0,10-0,20m	0,20-0,40m	0-0,10m	0,10-0,20m	0,20-0,40m	0-0,10m	0,10-0,20m	0,20-0,40m
GRADE	4,4	1,1	0,9	10,1	4,0	3,1	0,9	0,4	0,5	12,2	5,7	5,9
	4,5	1,3	1,0	10,3	4,6	4,4	1,0	0,4	0,4	12,3	6,1	6,0
	5,9	1,2	0,9	14,3	4,5	4,5	1,2	0,3	0,5	16,5	5,8	6,3
	5,2	1,5	0,8	14,8	5,2	4,7	1,1	0,3	0,3	16,9	6,4	6,5
ROÇADA	2,7	1,1	1,1	9,3	4,9	4,0	0,8	0,4	0,5	11,1	6,3	7,0
	2,9	1,1	1,2	8,2	4,2	4,1	0,7	0,4	0,4	9,9	5,8	6,1
	3,6	1,3	1,0	9,8	4,1	4,1	0,9	0,4	0,4	11,8	5,6	6,0
	3,0	0,9	0,9	8,4	3,3	3,8	0,6	0,3	0,4	10,1	4,8	5,7
ROLO-FACA	3,5	1,3	1,3	8,5	3,6	4,0	1,0	0,6	0,8	10,6	5,7	8,0
	4,7	1,5	1,2	9,2	4,5	3,0	1,3	0,7	0,6	11,8	6,7	6,5
	3,2	1,0	1,0	8,0	3,5	3,3	1,0	0,5	0,7	10,2	5,5	6,1
	4,0	1,8	0,9	10,9	5,3	3,7	1,1	0,5	0,5	13,2	7,0	6,5
TRONCO V	3,5	1,5	1,0	10,6	5,0	3,7	0,9	0,4	0,5	12,6	6,4	6,0
	3,3	1,1	0,9	8,8	4,7	4,4	0,8	0,4	0,5	10,6	6,1	6,4
	4,2	1,2	0,9	11,3	4,2	3,9	0,8	0,3	0,3	13,1	5,6	5,6
	3,8	1,0	1,0	12,1	5,1	4,1	0,7	0,3	0,4	13,8	6,3	6,3
MATO	1,8	1,1	1,0	1,9	1,2	1,0	1,1	0,9	0,7	7,5	12,0	11,6

Apêndice 4b: Valores obtidos das análises de solo do pomar. Montenegro/RS, setembro/2007

	S mg dm⁻³			Zn mg dm⁻³			Cu mg dm⁻³		
	0-0,10m	0,10-0,20m	0,20-0,40m	0-0,10m	0,10-0,20m	0,20-0,40m	0-0,10m	0,10-0,20m	0,20-0,40m
GRADE	6,5	8,6	6,7	6,3	2,6	1,1	2,8	1,1	1,5
	7,7	8,6	7,1	13	2,1	1,7	2,6	1,2	1,7
	8,3	9,3	6,8	8,1	2,2	2,0	0,3	1,1	2,0
	9,4	6,1	8,2	12	1,8	1,2	0,5	1,1	1,2
ROÇADA	6,4	8,6	7,2	9,6	3,0	1,4	2,5	1,4	1,4
	6,3	6,5	7,2	10	1,5	2,0	3,9	0,9	2,0
	6,4	7,8	7,3	14	2,0	1,7	1,1	1,1	2,0
	6,2	8,7	7,0	12	1,4	1,4	5,0	1,3	1,3
ROLO-FACA	6,2	6,7	7,3	14	2,5	2,1	3,5	1,6	1,9
	6,8	6,9	7,8	14	3,0	1,3	4,0	1,8	1,9
	8,6	6,0	6,8	12	2,5	1,3	4,5	1,2	1,5
	6,3	9,4	7,6	19	3,3	1,7	3,3	2,2	1,7
TRONCO V	6,7	7,3	8,0	15	3,6	1,7	2,3	1,4	1,6
	6,5	7,7	7,3	16	2,3	1,5	3,5	1,5	1,8
	6,2	6,8	6,9	19	3,7	1,5	0,9	1,4	1,5
	7,1	7,8	8,3	16	2,1	1,5	1,0	0,9	1,6
MATO	8,2	6,8	6,9	2,3	1,0	0,6	0,7	1,0	1,2
	Na mg dm⁻³			B mg dm⁻³					
	0-0,10m	0,10-0,20m	0,20-0,40m	0-0,10m	0,10-0,20m	0,20-0,40m			
GRADE	12	7	12	0,4	0,3	0,3			
	11	6	7	0,3	0,4	0,4			
	30	8	6	0,5	0,3	0,4			
	18	8	9	0,4	0,3	0,3			
ROÇADA	14	7	18	0,3	0,3	0,3			
	9	5	8	0,3	0,3	0,3			
	20	8	7	0,3	0,3	0,3			
	13	5	8	0,3	0,4	0,3			
ROLO-FACA	10	8	24	0,3	0,3	0,3			
	12	12	12	0,3	0,3	0,3			
	10	9	13	0,4	0,3	0,3			
	19	12	10	0,4	0,3	0,3			
TRONCO V	14	8	9	0,4	0,3	0,3			
	13	7	12	0,4	0,3	0,3			
	16	6	9	0,4	0,3	0,3			
	15	6	8	0,4	0,3	0,3			
MATO	4	5	6	0,3	0,3	0,4			