

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOSSISTEMAS**

Daniela Schmitz

**ATRIBUTOS FÍSICOS DE CAMBISSOLO HÚMICO SUBMETI-
DO A FONTES DE NITROGÊNIO E MANEJO DE PLANTAS
ESPONTÂNEAS EM POMAR DE MACIEIRA**

Florianópolis,
2015.

Daniela Schmitz

ATRIBUTOS FÍSICOS DE CAMBISSOLO HÚMICO SUBMETIDO A FONTES DE NITROGÊNIO E MANEJO DE PLANTAS ESPONTÂNEAS EM POMAR DE MACIEIRA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Agroecossistemas.

Orientador: Prof. Dr. Arcângelo Loss

Co-orientador: Prof. Dr. Jucinei José Comin

Co-orientador: Pesquisador Dr. Milton da Veiga

Florianópolis,
2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Schmitz, Daniela

Atributos físicos de cambissolo húmico submetido a fontes de nitrogênio e manejo de plantas espontâneas em pomar de macieira / Daniela Schmitz ; orientador, Arcângelo Loss ; coorientador, Jucinei José Comin. - Florianópolis, SC, 2015.

50 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas.

Inclui referências

1. Agroecossistemas. 2. densidade do solo. 3. resistência à penetração. 4. índices de agregação. 5. umidade volumétrica. I. Loss, Arcângelo. II. Comin, Jucinei José. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas. IV. Título.

“Atributos físicos de cambissolo húmico submetido a fontes de nitrogênio e manejo de plantas espontâneas em pomar de macieira”

Por

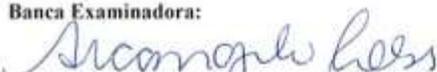
Daniela Schmitz

Dissertação julgada adequada, em 12 de março de 2015, e aprovada em sua forma final, pelo Orientador e Membros da Banca Examinadora, para obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas. Área de Concentração Agroecologia, no Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias/UFSC.

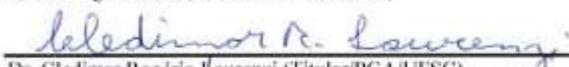


Prof. Dr. Ademir Antonio Cazella (Coordenador do Programa)

Banca Examinadora:



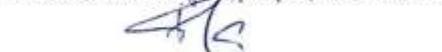
Dr. Arcangelo Loss, (Presidente/Orientador)



Dr. Cleodimar Rogério Lourenzi (Titular/PGA/UFSC)

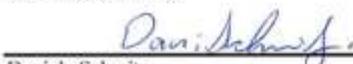


Dr. Jackson Adriano Albuquerque (Titular Externo/UDESC)



Dr. Pierre Curmi (Titular Externo/AgroSup Dijon)

Candidata ao título:



Daniela Schmitz

Florianópolis, 12 de março de 2015

AGRADECIMENTOS

A minha família, nas pessoas do meu pai, Jânio Jadir Schmitz, minha mãe, Valéria Gesser Schmitz, meu irmão, Jânio Jadir Schmitz Júnior e a minha avó, Francisca da Cunha Schmitz, pelo carinho, amor, apoio e incentivo para que eu realizasse com êxito mais essa etapa da minha vida.

Aos professores Arcângelo Loss e Jucinei José Comin, pelo compartilhamento da orientação e coorientação nesses dois anos de mestrado, pela amizade, apoio e dedicação para a realização do trabalho.

Ao pesquisador Milton da Veiga, pela coorientação, e juntamente com toda a equipe do laboratório de solos, pela ajuda nas análises e tabulação dos dados.

A Epagri, à UFSC e ao departamento de Engenharia Rural pela estrutura.

A CAPES, pela bolsa de Mestrado.

Ao Bruno Salvador Oliveira pela companhia nas viagens à Urubici e pelo esforço no auxílio no trabalho de campo.

À servidora Marlene, pelo seu esforço incansável em resolver de forma sempre eficiente todas as demandas.

Aos colegas do laboratório de solos pela companhia, apoio e momentos de descontração.

Aos meus amigos, que não ousou citar os nomes para não correr o risco de deixar ninguém de fora, pelo imenso apoio, pelas mesas de bar, risadas, momentos de descontração, enfim, por me suportarem e darem toda força nas fases em que eu precisei.

À Keith Karon, pelo amor, e a toda sua família.

“O essencial é invisível aos olhos.
Os homens esqueceram essa verdade,
mas tu não a deves esquecer.”

(Antoine de Saint-Exupéry)

RESUMO

Santa Catarina é o segundo maior produtor de maçã do Brasil. Estudos sobre diferentes fontes de nitrogênio (N) e manejo de plantas espontâneas vêm sendo realizados em pomares de maçã em Urubici, SC, com enfoque no aspecto químico do solo. Porém, o uso agrícola, os diferentes manejos de adubação e da cobertura do solo também interferem na sua estruturação física, podendo afetar a conservação do solo e reduzir a produtividade das culturas, interferindo ou influenciando os atributos edáficos e a relação solo-planta. O objetivo do trabalho foi avaliar os atributos físicos de Cambissolo em pomar de macieira em Urubici, SC, submetido a diferentes fontes de adubação nitrogenada e manejo de plantas espontâneas. Os tratamentos foram aplicados durante 2011-2013, compondo dois experimentos, a saber - (1) Fontes de adubação nitrogenada, com os seguintes tratamentos: testemunha, ureia comum, ureia peletizada e adubação orgânica (cama sobreposta de suínos); e (2) Manejo de plantas espontâneas, com os seguintes tratamentos: testemunha (sem manejo das espontâneas), dessecação e roçada. Foram coletadas amostras indeformadas de solo nas camadas de 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm, nas quais foram avaliados a condutividade hidráulica saturada (CH); densidade do solo (Ds); resistência do solo à penetração; porosidade – total, macro, meso e microporos; índices de agregação do solo – diâmetro médio aritmético e geométrico dos agregados secos ao ar e estáveis em água (DMA_{sa}, DMA_{ea}, DMG_{sa}, DMG_{ea}, respectivamente); índice de estabilidade de agregados (IEA_{DMA} e IEA_{DMG}) e umidade volumétrica. O uso da adubação orgânica com cama sobreposta de suínos aumentou a porosidade total, a microporosidade, os agregados estáveis em água (4-2 mm), o DMG_{sa}, a umidade volumétrica e diminuiu a Ds em comparação aos demais tratamentos na camada de 0-5 cm. O uso da adubação orgânica ou da ureia comum não alterou a macroporosidade e resistência à penetração, porém esses tratamentos apresentaram menor macroporosidade em relação à testemunha e resistência a penetração em relação à ureia peletizada. As fontes de N aumentaram o DMA_{ea}, DMG_{ea} e o IEA_{DMA} em comparação à testemunha. O manejo das plantas espontâneas com roçada ou dessecação aumentou a Ds em profundidade (15-20 cm) e diminuiu a quantidade de agregados secos ao ar da classe de 2 – 1 mm quando comparados com a testemunha. O manejo com a roçada foi responsável por apresentar a maior quantidade de agregados estáveis em água na classe >4,0 mm e o IEA_{DMG}, enquanto a dessecação contribuiu para a maior quantidade de agregados estáveis em

água na classe $<0,5$ mm e o menor IEA_{DMG} . O manejo com a dessecação diminuiu o DMA_{ea} (0-10 cm), IEA_{DMA} (0-5 cm), $DMGea$ (5-10 cm) e reduziu em 15% a condutividade hidráulica do solo.

Palavras chave: densidade do solo, resistência à penetração, índices de agregação, umidade volumétrica, ureia peletizada, cama sobreposta de suínos, dessecação e roçada das espontâneas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Croqui da área amostrada. a) Posição da trincheira em relação às plantas constituintes de um bloco; b) Detalhamento da trincheira com as camadas amostradas.....	26
Figura 2. Composição granulométrica do solo na camada de 0 – 20 cm estratificada a cada 5 cm.	29
Figura 3. Desdobramento das médias da interação entre tratamento e camada para a porosidade total.	30
Figura 4. Valores médios de macroporosidade para o fator tratamento e camada.....	31
Figura 5. Valores médios de mesoporosidade para o fator tratamento e camada.....	32
Figura 6. Desdobramento das médias da interação entre tratamento e camada para microporosidade.....	33
Figura 7. Desdobramento das médias da interação entre tratamento e camada para a densidade do solo.	34
Figura 8. Valores médios de resistência à penetração para o fator tratamento e camada.....	35
Figura 9. Desdobramento da interação para diâmetro médio aritmético de agregados secos ao ar (DMA _{sa}) para os fatores tratamento e camada.	40
Figura 10. Valores médios de diâmetro médio aritmético de agregados estáveis em água (DMA _{ea}) para os fatores tratamentos e camada.....	41
Figura 11. Valores médios de índice de estabilidade do diâmetro médio aritmético de agregados (IEADMA) para os fatores tratamentos e camadas.	42
Figura 12. Desdobramento da interação para diâmetro médio geométrico de agregados secos ao ar (DMG _{sa}) entre tratamento e camada.	43
Figura 13. Desdobramento da interação para diâmetro médio geométrico de agregados estável em água (DMG _{ea}) entre tratamento e camada. ...	43
Figura 14. Desdobramento da interação para índice de estabilidade do diâmetro médio geométrico de agregados (IEADMG) entre tratamento e camada.....	44
Figura 15. Curva de retenção de água no solo para a camada de 0 – 20 cm nos tratamentos avaliados.....	47
Figura 16. Composição granulométrica do solo na camada de 0 – 20 cm estratificada a cada 5 cm.	49
Figura 17. Desdobramento das médias da interação entre tratamento e camada para a densidade do solo.	51

Figura 18. Valores médios de diâmetro médio aritmético de agregados secos ao ar (DMA _{sa}) para os fatores tratamentos e camadas.....	56
Figura 19. Desdobramento da interação para diâmetro médio aritmético de agregados estáveis em água (DMA _{ea}) para os fatores tratamento e camada.	57
Figura 20. Desdobramento da interação para IEADMA (índice de estabilidade do diâmetro médio aritmético de agregados) para os fatores tratamento e camada.....	58
Figura 21. Valores médios de diâmetro médio geométrico de agregados secos ao ar (DMG _{sa}) para os fatores tratamentos e camadas.....	59
Figura 22. Desdobramento da interação para DMG _{ea} (diâmetro médio geométrico de agregados estáveis em água) para os fatores tratamento e camada.	60
Figura 23. Valores médios de IEADMG (índice de estabilidade do diâmetro médio geométrico de agregados) para os fatores tratamentos e camadas.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Produtividade média de maçã, em Mg ha ⁻¹ , nas duas áreas experimentais.	25
Tabela 2. Desdobramento da interação para agregados > 4mm e valores médios das demais classes de agregados secos ao ar para os fatores tratamentos e camada.	36
Tabela 3. Desdobramento da interação para agregados compreendidos nas classes de 4-1mm e valores médios das demais classes de agregados estáveis em água para os fatores tratamentos e camada.	38
Tabela 4. Desdobramento da interação para umidade volumétrica das amostras por tratamento e por camada submetidas a tensões de 0 a 600kPa.	45
Tabela 5. Médias da condutividade hidráulica de acordo com a fonte de nitrogênio aplicada com seu respectivo coeficiente de variação (CV%).	48
Tabela 6. Correlação de Pearson (r) entre os parâmetros apontados em relação à condutividade hidráulica.	48
Tabela 7. Médias de resistência à penetração, porosidade total, microporosidade, mesoporosidade e macroporosidade e estatísticas. ...	50
Tabela 8. Valores médios das classes de agregados secos ao ar para os fatores tratamentos e camadas.	52
Tabela 9. Desdobramento da interação para agregados 4 – 1 mm e valores médios das demais classes de agregados estáveis em água para os fatores tratamentos e camada.	54
Tabela 10. Médias para umidade volumétrica das amostras por tratamento e por camada submetidas a tensões de 0 a 600kPa e desdobramento da separação de médias quando significativo.	62
Tabela 11. Médias da condutividade hidráulica de acordo com o manejo das plantas espontâneas com seu respectivo coeficiente de variação (CV%).	63
Tabela 12. Correlação de Pearson (r) entre os parâmetros apontados em relação à condutividade hidráulica.	64

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	21
2. MATERIAL E MÉTODOS	24
2.1 Caracterização da área experimental	24
2.2 Experimento 1 – Fontes de adubação nitrogenada	24
2.3 Experimento 2 – Manejo de plantas espontâneas	25
2.4 Análises	25
2.5 Estatística	28
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
3.1 Experimento 1 – Fontes de adubação nitrogenada	29
3.2 Experimento 2 – Manejo de plantas espontâneas	49
4. CONCLUSÕES	66
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

1. INTRODUÇÃO

A produção brasileira de maçã se concentra no Sul do país, sendo o Rio Grande do Sul detentor de 52% da produção nacional e Santa Catarina aponta como segundo maior produtor, com 43% da produção (ACATE, 2014). Em Santa Catarina, a produção está concentrada nas regiões do Planalto Serrano – nas cidades de São Joaquim, Bom Jardim da Serra, Bom Retiro, Urubici e Urupema – e Meio Oeste – nas cidades de Fraiburgo, Monte Carlo, Água Doce e Lebon Régis (IBGE, 2011), devido ao clima ser favorável ao bom desempenho das cultivares utilizadas.

Estudos sobre diferentes manejos adotados em pomares de maçã, tais como fontes de nitrogênio e manejo das plantas espontâneas, já vêm sendo realizados em pomares na cidade de Urubici, onde a adoção de diferentes manejos foi correlacionada com a produtividade e a qualidade dos frutos (OLIVEIRA et al., 2014). Mas nesse estudo foram avaliados apenas os atributos químicos do solo, apesar de se conhecer que o uso agrícola do solo afeta, invariavelmente, além da sua composição química, a sua estruturação física, podendo também afetar a sua conservação e reduzir a produtividade das culturas (SILVA et al., 2006). Ademais, a interligação de conhecimentos da química e da física de um solo é de fundamental importância e possibilita a criação de modelos que podem explicar o comportamento da migração de nutrientes ao longo do perfil de solo, por exemplo.

A estrutura do solo está direta e indiretamente relacionada com o desenvolvimento das plantas, principalmente por ter influência na distribuição das raízes e na capacidade dessas em absorver água e nutrientes. Além disso, uma alta taxa de percolação de água através do solo pode culminar em perda dos nutrientes aplicados, consequência da baixa retenção no solo, diminuindo a eficiência da adubação (BRONICK & LAL, 2005).

O sistema de manejo adotado pode acarretar em perturbações na estrutura do solo, como compactação, formação de crostas, dificultando a infiltração e a disponibilidade de ar e água para as plantas, podendo também resultar em erosão hídrica do solo (BRONICK & LAL, 2005). Assim, a estrutura do solo é de fundamental importância para as relações solo-planta, pois um solo com adequada agregação apresentará melhor distribuição de poros, e por consequência, melhor infiltração da água.

O material orgânico também tem relação direta com a porosidade do solo, de forma que a formação e a persistência dos poros no solo é

influenciada pela atividade microbiológica, sobretudo, na rizosfera das plantas de cobertura (SILVA et al., 2006). Tanto a porosidade total como a presença de material orgânico são maiores nas camadas mais superficiais do solo, diminuindo em profundidade (SILVA et al., 2006; SOUZA et al., 2013). Ademais, Santana et al. (2006) ainda encontraram uma correlação positiva entre a concentração de raízes e a porosidade do solo.

Na zona de maior ocupação do perfil do solo pelas raízes das plantas é onde ocorrem as interações planta-solo, sendo assim o local no qual os atributos físicos do solo são determinantes para o adequado crescimento das plantas. Por isso, a estrutura do solo, a densidade, a macro e micro porosidade, a presença e a estabilidade de agregados, e a resistência à penetração (LUCIANO et al., 2014; RICHART et al., 2005; SCHOENHOLTZ et al., 2000) são atributos que devem ser mensurados para avaliar como o manejo interfere ou influencia as características do solo e a relação dele com a planta (LUCIANO et al., 2014).

Os atributos que definem a qualidade física de um solo estão todos relacionados uns com os outros, por exemplo, a matéria orgânica é importante agente estruturante, participando na formação e na estabilidade dos agregados (BRONICK & LAL, 2005; HEID et al., 2009), sendo considerada um dos constituintes responsáveis pela manutenção da qualidade física do solo (RICHART, 2005). Ao diminuir o teor de matéria orgânica de um solo é de se esperar que haja uma diminuição da macroporosidade e da porosidade total, com o conseqüente aumento da densidade do solo (SILVA et al., 2006; SOUZA et al., 2013).

Uma prática que pode resultar na diminuição dos teores de matéria orgânica de um solo é a adubação com nitrogênio mineral, na forma de ureia, pois esse nitrogênio passa a servir de matéria prima para microrganismos decompositores, que passam a decompor mais eficientemente o material orgânico do solo (SOUZA et al., 2013). Para evitar os problemas das alterações nas características físicas do solo e das possíveis perdas de nitrogênio, estudos como o de Lorensini et al. (2012) e Oliveira et al. (2014) demonstraram que, para o aspecto de perda do nutriente por lixiviação ou volatilização, as maiores perdas acontecem com o uso do nitrogênio mineral na forma de ureia, pois este é facilmente solubilizado para as formas de nitrato ($N-NO_3^-$) e amônio ($N-NH_4^+$), sendo que, se estas formas não forem aproveitadas pelas plantas, serão perdidas por lixiviação, por exemplo, quando comparado com a utilização de ureia peletizada e fontes orgânicas de nitrogênio, tais como a cama sobreposta de suínos.

As fontes orgânicas de nitrogênio ainda trazem resultados distintos, pois há casos em que foi observado um aumento da macroporosidade, com a consequente diminuição da densidade do solo (ANDREOLA et al., 2000), além de maior estabilidade de agregados (HATI et al., 2006; COMIN et al., 2013). Outros estudos não encontraram alterações em relação à densidade, porosidade e estabilidade de agregados (ESPAÑHOL et al., 2007) e ainda, pode ser visto, que a aplicação de dejetos suínos reduziu a estabilidade de agregados (ARRUDA et al., 2010).

No que concerne o manejo das plantas espontâneas, a sua presença cobrindo o solo de um pomar pode trazer melhorias para os aspectos físicos do solo, apesar de se ter a preocupação com a competição por água e nutrientes com as plantas de interesse. Porém, acredita-se que essa competição seja mais problemática nos primeiros anos, e com a estabilização do pomar o sistema radicular das plantas explora um grande volume de solo, não justificando os possíveis danos dessa competição (CARMO et al., 2011; OLIVEIRA, 2015).

Em sistemas de manejo de plantas espontâneas onde essas são completamente eliminadas, como através de roçadas frequentes ou uso de herbicidas, já se verificou uma degradação da qualidade física do solo, como o aumento da densidade do solo e a diminuição da macroporosidade e do volume total de poros (ALCÂNTARA & FERREIRA, 2000; CARMO et al., 2011), havendo uma distinção quanto ao teor de carbono orgânico no solo, sendo esse maior em sistema de roçada, comparativamente ao uso de herbicidas (ESPAÑHOL et al., 2007). O C orgânico, juntamente com a matéria orgânica, é um dos agentes que influenciam na formação e estabilidade de agregados, por isso é interessante que este esteja presente no solo em teores adequados (ALCÂNTARA & FERREIRA, 2000).

O presente estudo teve como objetivo avaliar os atributos físicos de Cambissolo Húmico em pomar de macieira em Urubici, SC, submetido à aplicação de diferentes fontes de adubação nitrogenada e manejos das plantas espontâneas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no município de Urubici, localizado no Planalto Serrano de Santa Catarina, em um pomar comercial implantado em 2008, composto de duas variedades de maçã, Fugi e Gala, na proporção de 30 e 70%, respectivamente. Para efeitos do experimento foram selecionadas somente plantas da cultivar Gala.

O pomar é conduzido em sistema de plantio com líder central com as plantas enxertadas sobre o porta-enxerto Marubakaido, com filtro de 20 cm de M9, em um espaçamento de 4,5 m entre linhas e 1,5 m entre plantas, totalizando 1482 plantas ha⁻¹. O solo dos pomares foi classificado como Cambissolo Húmico (EMBRAPA, 2013) e o clima da região como mesotérmico úmido de verões brandos, Cfb.

Na área estudada tem-se dois manejos principais dos pomares, sendo um no qual utilizam-se diferentes fontes de nitrogênio e outro com diferentes formas de controle das plantas espontâneas. Antes do início do experimento, Oliveira et al. (2014) realizaram a caracterização química da área experimental na camada de 0 – 20 cm, observando as seguintes características: matéria orgânica 46 g kg⁻¹; pH em água (1:1) 5,8; Al trocável 0,0 cmol_c dm⁻³; Ca trocável 8,5 cmol_c dm⁻³; Mg trocável 3,2 cmol_cdm⁻³; P disponível 32 mg dm⁻³ e K trocável 243 mg dm⁻³.

2.2 Experimento 1 – Fontes de adubação nitrogenada

A partir de outubro de 2011, 80 plantas do pomar passaram a receber distintas fontes de adubação nitrogenada, formando os seguintes tratamentos: T1 - testemunha, sem adubação nitrogenada, T2 - adubação com ureia (45% de N total), T3 - adubação com ureia peletizada (41% de N total) e T4 – orgânico, que consistiu em adubação com cama sobreposta de suínos (1,3% de N total). Assim, foram aplicados 33 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, divididos em duas doses de 16,5 kg de N ha⁻¹ cada, sendo a primeira aplicada no início da brotação da macieira (outubro) e a segunda no início da dormência (junho) (CQFS-RS/SC, 2004).

As adubações foram realizadas na superfície do solo sob a projeção da copa das plantas, sem incorporação. O controle das plantas espontâneas em todos os tratamentos foi realizado com o auxílio de herbicida não residual, cujo princípio ativo é o Glifosato de Potássio, diluição de 50 ml/20 l e aplicação de 500 l/ha.

2.3 Experimento 2 – Manejo de plantas espontâneas

O manejo das plantas espontâneas começou a ser realizado em setembro de 2011, formando três tratamentos: T1 - sem manejo de plantas espontâneas (testemunha), T2 - dessecagem das plantas espontâneas na linha de plantio (dessecagem), T3 - roçada das plantas espontâneas na linha de plantio (roçada). A dessecagem e a roçada das plantas espontâneas foi realizada a cada 30 dias, sendo no primeiro caso utilizado herbicida não residual, cujo princípio ativo é o Glifosato de Potássio, diluição de 50 ml/20 l e aplicação de 500 l/ha. Através de avaliação prévia das plantas espontâneas que predominavam no pomar, detectou-se o trevo branco (*Trifolium repens*), o trevo vermelho (*Trifolium pratenses*), a grama-forquilha (*Paspalum notatum*) e a língua de vaca (*Chaptalia nutans*).

2.4 Produtividade dos pomares

Oliveira (2015) determinou a produtividade média da maçã sob os dois manejos (Tabela 1).

Tabela 1. Produtividade média de maçã, em Mg ha⁻¹, nas duas áreas experimentais.

Safras avaliadas	Formas de manejo						
	Fontes de nitrogênio				Manejo das espontâneas		
	Testemunha	UC	UP	Orgânico	Testemunha	Dessecação	Roçada
2011/2012	16,6	18,4	17,3	17,9	14,3	17,2	13,8
2012/2013	29,0	40,7	32,2	40,0	28,9	31,0	35,7
2013/2014	*	*	*	*	27,0	29,1	33,9
Média	22,8	29,6	24,8	29,0	23,4	25,8	27,8

* dados não apresentados. UC= ureia comum, UP= ureia peletizada.

2.4 Análises

Em janeiro de 2014, coletas de amostras para as análises físicas do solo foram feitas segundo Veiga (2011), abrindo-se trincheiras na projeção da copa da árvore central do bloco (na linha), afastando-se 20 cm do seu caule, onde foram coletadas amostras com estrutura preservada com o auxílio de anéis metálicos de 5 cm de diâmetro por 5 cm de altura em quatro camadas: 0 – 5 cm, 5 – 10 cm, 10 – 15 cm e 15 – 20 cm (Figura 1). Apenas para a avaliação da condutividade hidráulica utilizaram-se anéis metálicos de 10 cm de diâmetro por 5 cm de altura na camada de 0 – 5 cm. Na sequência, as amostras foram lacradas e armazenadas em geladeira até o momento da análise. As análises foram realizadas no Laboratório de Física do Solo da Estação Experimental da Epagri, situado no município de Campos Novos (SC), seguindo a metodologia descrita por Veiga (2011).

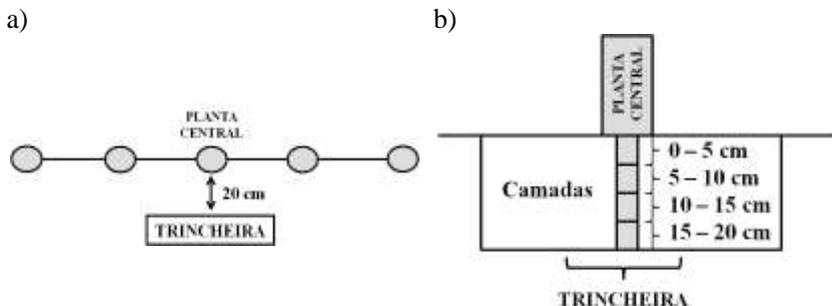


Figura 1. Croqui da área amostrada. a) Posição da trincheira em relação às plantas constituintes de um bloco; b) Detalhamento da trincheira com as camadas amostradas.

As amostras foram preparadas para seguir para uma bateria de análises. Num primeiro momento elas foram saturadas por capilaridade. As amostras foram dispostas em um recipiente onde se adicionou água até atingir metade da altura do anel metálico e deixou-se nessa condição por 24 h para que toda a amostra fosse saturada. Em seguida foi aferido o peso das amostras saturadas.

Para a obtenção da curva de retenção de água no solo, as amostras saturadas foram dispostas sobre uma mesa de tensão, onde foram aplicadas tensões de 0,6 e 6 kPa, passando em seguida para o extrator de Richards, onde as tensões aplicadas foram de 60 e 600 kPa. Ao fim da aplicação de cada tensão foi aferido o peso da amostra, passando então para a tensão seguinte. Com os valores da tensão de água no solo e da umidade volumétrica foi possível obter a curva de retenção de água no solo.

Com os dados obtidos para a elaboração da curva de retenção de água no solo também foi determinada a distribuição de tamanhos de poros. Os macroporos, com diâmetro maior ou igual a 50 μm , retém água do solo saturado até a tensão de 6 kPa, responsáveis pela drenagem do solo, na condição natural a água os usa como caminho de deslocamento e não de retenção; os mesoporos, com diâmetro entre 50 e 5 μm , retém a água entre as tensões de 6 e 600 kPa, compreendendo a água que fica retida no solo e é facilmente absorvida pelas plantas; e os poros com diâmetro menor do que 5 μm retém a água que até a tensão de 600 kPa não foi removida, água essa fortemente aderida ao solo, sendo assim, praticamente indisponível para a absorção pelas plantas.

A condutividade hidráulica saturada corresponde à taxa máxima de percolação de água através do solo. Foi determinada colocando-se a amostra indeformada de aproximadamente 393 cm³ saturada em um aparato que a mantém submersa sob uma lâmina de água constante. Após 2 h foram feitas as medidas do volume de água que percolou através da amostra em um tempo determinado, sendo essa medida repetida três vezes.

Após essa sequência de análises, as amostras que até então tinham sua estrutura preservada, passaram para uma segunda etapa, onde passaram a ser deformadas. Primeiramente, foi realizada a resistência à penetração, utilizando-se um penetrômetro de bancada.

Em seguida foi determinada a densidade do solo, retirando-se 20 g da amostra e secando-se essa alíquota em estufa a 105°C por 24 h, para realizar a evaporação completa da água.

Num segundo momento foi determinada a estabilidade dos agregados do solo, através da distribuição de tamanho dos agregados secos ao ar, para se obter a distribuição do tamanho dos agregados. A amostra foi retirada do anel metálico e destorroada até que toda a amostra passasse por uma malha de 8 mm e os agregados foram então secos ao ar até que a umidade se estabilizasse. Na sequência, o solo foi peneirado em conjunto de malhas sobrepostas de 4, 2, 1, 0,5 mm e fundo, sendo os agregados retidos em cada malha posteriormente pesados, compondo os dados de tamanho dos agregados.

Com os agregados retidos nas malhas da prática anterior foi então determinada a distribuição de tamanho dos agregados estáveis em água, onde se analisou se a adição de água faz com que os agregados se rompam e para qual nova classe de agregados eles migram. Colocaram-se esses agregados novamente sobre as malhas das peneiras com os mesmos diâmetros da determinação anterior, e em seguida estas foram posicionadas dentro do aparelho onde foi realizado o peneiramento, adicionando-se água até tocar no fundo da malha superior, deixando nessa condição por 10 min. Em seguida o aparelho foi acionado por mais 10 min, promovendo uma agitação branda. Ao final, as malhas foram removidas, cada uma contendo uma classe de agregados, que, para serem quantificados, foram secos em estufa a 105°C.

Com as massas dos agregados retidos nas classes de \emptyset : < 0,5, 0,5-1,0, 1,0-2,0 e 2,0-4,0 mm e o \emptyset médio da respectiva classe, determinou-se o \emptyset médio ponderado aritmético e geométrico dos agregados secos ao ar (DMA_s e DMG_s, respectivamente) e estáveis em água (DMA_e e DMG_e, respectivamente), bem como o índice de estabilida-

de de agregados ($IEA_{DMA} = DMA_{Aea}/DMA_{Sa}$ e $IEA_{DMG} = DMGe_{a}/DMG_{sa}$).

O DMA e o DMG são calculados utilizando-se as seguintes fórmulas:

$$DMA = \sum_{i=1}^n (pi * di) \quad DMG = exp \left[\sum_{i=1}^n (pi * \ln di) \right], \text{ em que:}$$

i representa a classe de agregados (8 – 4, 4 – 2, 2 – 1, 1 – 0,5 e <0,5 mm); *pi* é a proporção de agregados presentes na respectiva classe em relação à massa total de agregados; e *d* é o diâmetro médio da classe (respectivamente 6, 3, 1,5, 0,75 e 0,25 mm).

Com os dados de DMA é possível conhecer qual a quantidade relativa de solo em cada classe de agregado, onde, quanto maior o valor de DMA, maior a porcentagem de agregados retidos nas malhas maiores. Com os dados de DMG se estima o tamanho da classe de agregados de maior ocorrência, onde os valores obtidos revelarão a classe de agregados que predomina na amostra (KEMPER & CHEPIL, 1965).

Por fim, foi feita a determinação da granulometria do solo segundo o método da pipeta. Uma fração da amostra seca ao ar foi fragmentada com auxílio de rolo de madeira sobre uma base de borracha. Foram separadas duas alíquotas de 20 g, sendo uma seca em estufa a 105°C por 24 h para a determinação da umidade da amostra e a outra preparada para o procedimento.

2.5 Estatística

O delineamento experimental foi o de blocos completos ao acaso, compostos por quatro repetições, sendo cada repetição formada por cinco plantas, retirando-se as amostras de solo da trincheira aberta a 20 cm do caule da planta central (Figura 1).

Os resultados foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade dos dados por meio dos testes de Lilliefors e Cochran, respectivamente. Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F para bifatorial, sendo os tratamentos e a camada os dois fatores e, em se detectando diferenças estatísticas, foi aplicado o teste de separação de médias de Tukey a 5% de probabilidade. Além disso, também foram realizadas análises de correlação de Pearson através do programa de análises estatísticas ASSISTAT Versão 7.7 beta.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Experimento 1 – Fontes de adubação nitrogenada

A granulometria amostrada no estudo aponta para um solo com textura franca em todas as camadas avaliadas (Figura 2).

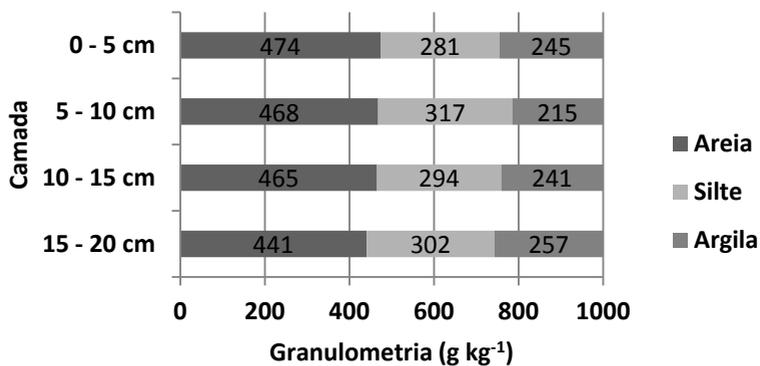


Figura 2. Composição granulométrica do solo na camada de 0 – 20 cm estratificada a cada 5 cm.

A porosidade total foi maior no tratamento com adubação orgânica na camada superficial do solo, nas demais profundidades não foram verificadas diferenças entre tratamentos (Figura 3).

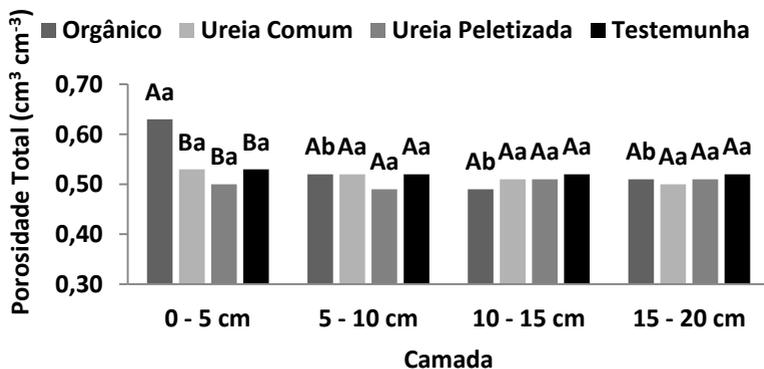


Figura 3. Desdobramento das médias da interação entre tratamento e camada para a porosidade total.

F-crítico (5%) interação= 2,073. F calculado= 3,10 - significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$). CV(%)= 6,38. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente dentro da mesma camada. Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem estatisticamente dentro do mesmo tratamento.

Não se verificou interação entre as médias da macroporosidade, mas sim em cada fator separadamente (Figura 4). As maiores médias de macroporosidade foram observadas na testemunha e as menores nos tratamentos com adubo orgânico e ureia comum. O tratamento com ureia peletizada obteve média intermediária, não diferindo dos demais tratamentos. Em profundidade, somente verificou-se média superior na camada superficial em relação às demais.

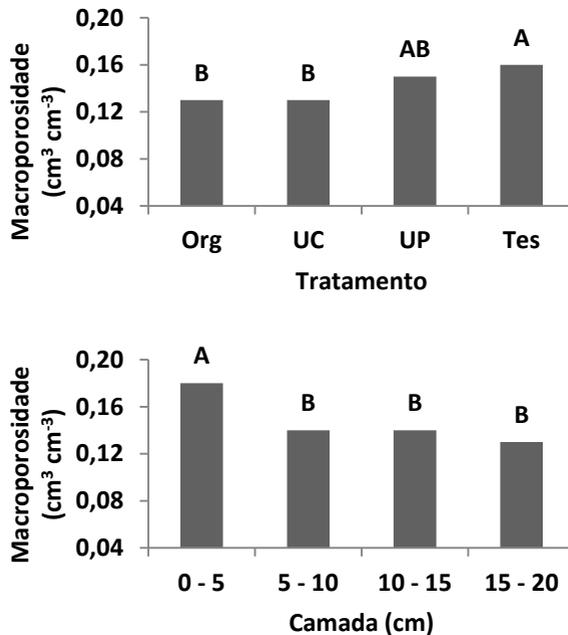


Figura 4. Valores médios de macroporosidade para o fator tratamento e camada.

F-crítico (5%)= 2,790 – F tratamento = 4,06* F camada= 7,80**. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$). * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 = p < 0.05$). CV(%)= 19,32. Médias seguidas de mesma letra não apresentam diferença estatística significativa. Org: Orgânico; UC: Ureia Comum; UP: Ureia Peletizada; Tes: Testemunha.

Os valores de macroporosidade em todos os tratamentos se mostraram adequados para não prejudicar o desenvolvimento das raízes e fluxos de água e ar no solo, ficando acima do nível crítico de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (ARRUDA et al., 2010; MORETI et al., 2006; RICHART et al., 2005; SILVA et al., 2006).

Quanto ao tamanho de poros intermediários (mesoporosidade), não houve efeitos dos tratamentos e camadas (Figura 5).

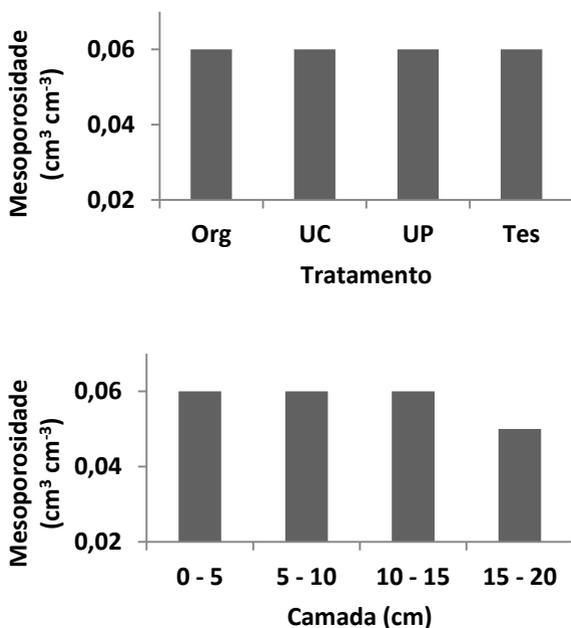


Figura 5. Valores médios de mesoporosidade para o fator tratamento e camada.

F-crítico (5%)= 2,790 – F tratamento = 0,78^{NS} F camada= 2,08^{NS}. ^{NS} não significativo ($p \geq 0.05$). CV(%)= 19,93. Médias seguidas de mesma letra não apresentam diferença estatística significativa. Org: Orgânico; UC: Ureia Comum; UP: Ureia Peletizada; Tes: Testemunha.

A microporosidade apresentou interação entre os fatores avaliados (Figura 6), com o tratamento com adubo orgânico apresentando média superior aos demais na camada superficial e superior às médias das camadas subsequentes. O tratamento testemunha apresentou maior microporosidade na camada de 15 – 20 cm em comparação à camada de 0 – 5 cm.

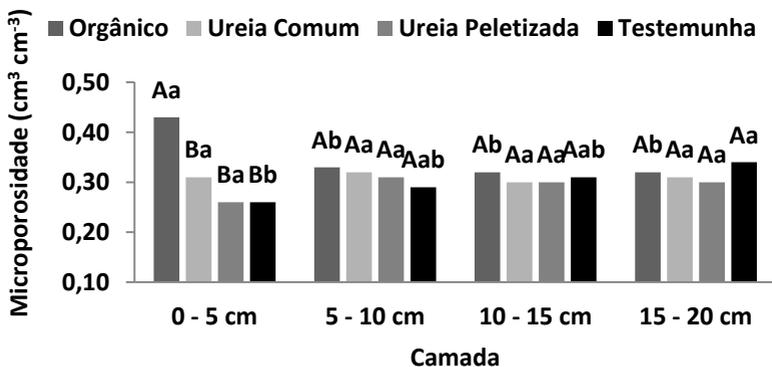


Figura 6. Desdobramento das médias da interação entre tratamento e camada para microporosidade.

F-crítico (5%) interação= 2,073. F calculado= 4,11 - significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$). CV(%)= 11,94. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente dentro da mesma camada. Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem estatisticamente dentro do mesmo tratamento.

Estudos como os de Arruda et al. (2010) e Moreti et al. (2006) não detectaram diferenças entre porosidade total, macroporosidade e microporosidade em sistemas submetidos a manejos com fontes de adubação mineral, orgânica ou sem adição de nutrientes. Já Andreola et al. (2000) apresentaram um estudo onde mostram que tanto a adubação mineral quanto a orgânica acarretaram em menor macroporosidade, corroborando com o que foi observado nos tratamentos com adubação orgânica e ureia comum, e um incremento na microporosidade, fato esse só observado para o tratamento com adubo orgânico. Bronick & Lal (2005) também apontam para um aumento da porosidade total em solos adubados com fontes orgânicas.

Para a distribuição das classes de poros no perfil, observou-se que a macroporosidade diminuiu em profundidade, corroborando com os dados apresentados por Andreola et al. (2000) e Espanhol et al. (2007). Porém, esses autores encontraram um aumento da microporosidade em profundidade, o que só ocorreu no tratamento testemunha, para o presente estudo. Para as médias de microporidade dos tratamentos com ureia verifica-se que as mesmas se mantiveram estáveis. E no tratamento orgânico ocorreu uma diminuição da microporosidade em profundidade.

A densidade do solo apresentou interação entre os tratamentos e as camadas (Figura 7), onde as menores médias foram encontradas nos

tratamentos com adubo orgânico, seguido pela testemunha, ureia peletizada e ureia comum, para a camada de 0 – 5 cm. Em relação à profundidade, apenas os tratamentos adubo orgânico e testemunha apresentaram diferenças, com menores valores na camada superficial, sendo para a testemunha também verificado valores iguais na camada de 5 – 10 cm.

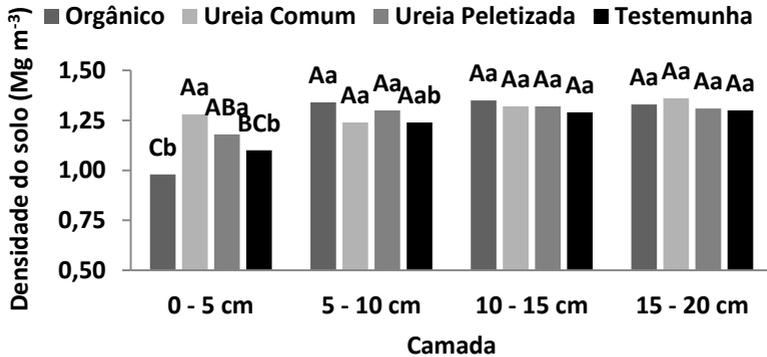


Figura 7. Desdobramento das médias da interação entre tratamento e camada para a densidade do solo.

F-crítico (5%) interação= 2,073. F calculado= 2,33 - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 < p < 0.05$). CV(%)= 7,63. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente dentro da mesma camada. Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem estatisticamente dentro do mesmo tratamento.

Em alguns estudos não foram encontradas diferenças entre as médias obtidas para a densidade do solo quando o solo foi submetido a fontes de adubação mineral e orgânica (ARRUDA et al., 2010; ESPANHOL et al., 2007). Mas existem estudos, corroborando com o que foi encontrado no presente trabalho, que mostram o tratamento orgânico e a camada superficial, em geral, apresentando uma menor densidade do solo (ANDREOLA et al., 2000). Esses mesmos autores atribuem a menor densidade do solo ao aumento da macroporosidade e à diminuição da microporosidade, fato esse que não se aplica ao presente estudo. No entanto, a porosidade não é a única maneira de explicar a alteração da densidade. Bronick & Lal (2005), Luciano et al. (2014) e Richart et al. (2005) atribuem a menor densidade à maior presença de material orgânico, que se dá na superfície do solo e em manejos de adubação com material orgânico. Ainda segundo Richart et al. (2005) isso se deve ao

fato de a matéria orgânica possuir uma densidade cerca de 2,5 vezes menor do que os demais constituintes do solo.

Na Figura 8 está demonstrado que houve significância somente para a separação de médias dos tratamentos onde foi aplicada adubação, observando-se menores médias de resistência à penetração para os tratamentos orgânico e ureia comum, e a maior média referente ao tratamento ureia peletizada. A testemunha apresentou médias intermediárias.

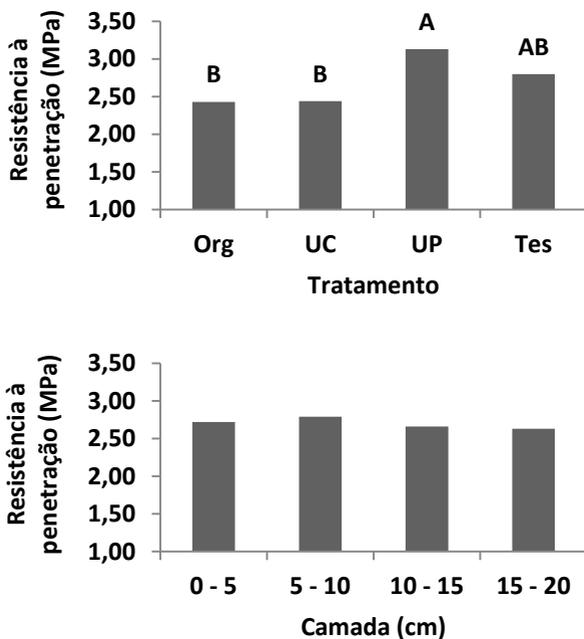


Figura 8. Valores médios de resistência à penetração para o fator tratamento e camada.

F-crítico (5%)= 2,790 – F tratamento = 10,86** F camada= 0,51^{NS}. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$). ^{NS} não significativo ($p \geq 0.05$). CV(%)= 14,97. Médias seguidas de mesma letra não apresentam diferença estatística significativa. Org: Orgânico; UC: Ureia Comum; UP: Ureia Peletizada; Tes: Testemunha.

Conforme descrito por Moreti et al. (2006), também não foi possível distinguir a influência da adubação orgânica ou mineral, visto que, para a adubação mineral, a ureia comum se igualou ao tratamento com adubação orgânica, mas foi menor do que aquele com ureia peletizada. Os mesmos autores, porém, encontraram menor resistência à penetração em profundidade, o que não ocorreu no presente estudo.

A menor resistência à penetração do tratamento com adubo orgânico e sua menor densidade em superfície corroboram com o que alguns autores demonstraram, de que uma menor densidade do solo resulta em menor resistência à penetração (LUCIANO et al., 2014; SANTANA et al., 2006). Porém, fora essas duas médias em específico, essa relação não foi uma tendência presente. Richart et al. (2005) relacionam de forma indireta a maior macroporosidade a uma menor resistência à penetração, porém, no presente estudo, ocorreu uma relação completamente inversa, com menor macroporosidade quando se teve uma menor resistência à penetração.

A única classe de agregados secos ao ar que apresentou diferenças foi a de tamanho superior a 4 mm (Tabela 2). Houve interação entre os fatores, sendo observado que o único tratamento que variou em profundidade foi a testemunha, com um aumento da quantidade de agregados em profundidade. Esse aumento influenciou para que nas camadas de 10 – 15 cm e 15 – 20 cm, ocorressem as maiores médias.

Tabela 2. Desdobramento da interação para agregados > 4mm e valores médios das demais classes de agregados secos ao ar para os fatores tratamentos e camada.

Tratamentos	Camada (cm)				Média Tratamento	Estatística
	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20		
Agregados >4mm (g)						CV(%)= 19,11
Orgânico	10,19 Aa	10,40 Aa	8,15Ba	10,06 ABa	9,70	F crítico (5%) ¹ = 2,073
Ureia Comum	9,92Aa	9,43Aa	9,36Ba	9,86 ABa	9,64	F calculado= 2,83*
Ureia Peletizada	8,63Aa	9,03Aa	10,36ABa	8,16 Ba	9,05	F crítico (5%) ² = 2,790
Testemunha	9,19Ab	9,33Ab	13,10Aa	12,99 Aa	11,15	F trat.= 3,6*
Média Camada	9,48	9,55	10,24	10,27		F camada= 0,83 ^{NS}
Agregados 4 – 2mm (g)						CV(%)= 11,11
Orgânico	8,02	8,22	7,25	7,92	7,85	F crítico (5%) ¹ = 2,073
Ureia Comum	7,20	7,65	7,74	6,94	7,38	F calculado= 0,74 ^{NS}
Ureia Peletizada	8,19	7,78	7,91	7,78	7,92	F crítico (5%) ² = 2,790
Testemunha	7,38	7,44	7,68	7,93	7,61	F trat.= 1,32 ^{NS}
Média Camada	7,70	7,77	7,65	7,64		F camada= 0,08 ^{NS}

Agregados 2 – 1mm (g)						CV(%)= 10,65
Orgânico	4,37	4,31	4,59	4,38	4,41	F crítico (5%) ¹ = 2,073
Ureia Comum	4,71	4,72	4,83	4,60	4,72	F calculado= 1,61 ^{NS}
Ureia Peletizada	4,63	4,76	4,29	4,85	4,63	F crítico (5%) ² = 2,790
Testemunha	4,52	4,84	3,98	3,73	4,27	F trat.= 2,89*
Média Camada	4,56	4,66	4,42	4,39		F camada= 1,07 ^{NS}
Agregados 1 – 0,5mm (g)						CV(%)= 18,48
Orgânico	3,46	3,40	4,20	3,83	3,72	F crítico (5%) ¹ = 2,073
Ureia Comum	4,10	4,01	3,99	3,39	3,87	F calculado= 1,41 ^{NS}
Ureia Peletizada	4,08	4,12	3,56	4,23	4,00	F crítico (5%) ² = 2,790
Testemunha	3,91	4,04	3,76	3,16	3,72	F trat.= 0,57 ^{NS}
Média Camada	3,89	3,89	3,88	3,65		F cama- da=0,44 ^{NS}
Agregados <0,5mm (g)						CV(%)= 29,61
Orgânico	3,25	3,86	5,16	4,09	4,09	F crítico (5%) ¹ = 2,073
Ureia Comum	4,13	5,02	4,32	4,34	4,45	F calcula- do=0,78 ^{NS}
Ureia Peletizada	4,82	5,25	3,88	5,25	4,80	F crítico (5%) ² = 2,790
Testemunha	4,85	5,28	5,43	4,65	5,05	F trat.= 1,51 ^{NS}
Média Camada	4,26	4,85	4,70	4,58		F camada= 0,54 ^{NS}

¹ F crítico para a interação. ² F crítico para cada fator isolado. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p<0.01). * significativo ao nível de 5% de probabilidade (0.01 =< p < 0.05). ^{NS} não significativo (p >= 0.05). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente dentro da mesma camada. Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente dentro do mesmo tratamento.

Para a classe de agregados estáveis em água maiores que 4 mm, observou-se diferença quando da comparação com os agregados secos ao ar, que apresentaram uma relação inversa a esses, sendo nos agregados estáveis em água observado uma diminuição em profundidade, e os tratamentos testemunha e ureia peletizada apresentando médias inferiores aos demais tratamentos (Tabela 3).

Na classe de agregados estáveis em água entre 4 – 2 mm, o tratamento com adubo orgânico apresentou maior média na camada superficial, diminuindo em profundidade. Já na camada de 5 – 10 cm, o trata-

mento com ureia peletizada apresentou as maiores médias, sendo aquele com ureia comum o tratamento com menor média para essa camada.

Na classe de 2 – 1 mm, com exceção do tratamento ureia peletizada, houve uma diminuição da quantidade de agregados em profundidade. Na camada superficial, a maior média foi encontrada no tratamento com adubo orgânico e a menor no tratamento ureia peletizada. Na camada seguinte, a maior média foi observada na testemunha e a menor no tratamento ureia comum.

Por fim, a classe de agregados menores do que 0,5 mm apresentou significância somente para a camada, sendo que a menor quantidade dessa classe de agregados foi observada na superfície, em comparação com as demais camadas, a partir de 5 cm.

Tabela 3. Desdobramento da interação para agregados compreendidos nas classes de 4-1mm e valores médios das demais classes de agregados estáveis em água para os fatores tratamentos e camada.

Tratamentos	Camada (cm)				Média Tratamento	Estatísticas
	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20		
Agregados >4mm (g)						CV(%)= 27,07
Orgânico	5,32	3,75	1,42	2,21	3,18 A	F crítico (5%) ¹ = 2,073
Ureia Comum	4,62	3,42	2,98	3,24	3,57 A	F interação= 1,84 ^{NS}
Ureia Peletizada	4,02	2,78	1,86	1,13	2,45 B	F crítico (5%) ² = 2,790
Testemunha	3,38	2,54	1,30	1,58	2,20 B	F trat.= 10,79**
Média Camada	4,34 a	3,12 b	1,89 c	2,04 c		F camada= 34,56**
Agregados 4 – 2mm (g)						CV(%)=32,44
Orgânico	3,10 Aa	1,71 ABb	1,57 Ab	1,36 Ab	1,94	F crítico (5%) ¹ = 2,073
Ureia Comum	1,89 Ba	1,01 Ba	1,85 Aa	0,89 Aa	1,41	F calculado= 3,25**
Ureia Peletizada	1,99 Ba	2,10 Aa	1,71 Aa	1,13 Aa	1,73	F crítico (5%) ² = 2,790
Testemunha	1,47 Ba	1,32 ABa	1,64 Aa	1,90 Aa	1,58	F trat.= 2,75 ^{NS}
Média Camada	2,11	1,54	1,69	1,32		F camada= 6,17**

Agregados 2 – 1mm (g)						CV(%)= 30,09
Orgânico	3,13 Aa	2,27 ABab	1,98 Ab	1,91 Ab	2,32	F crítico (5%) ¹ = 2,073
Ureia Comum	2,65 ABa	1,11 Cb	2,33 Aa	1,01 Ab	1,78	F calculado= 2,43*
Ureia Peletizada	1,87 Ba	1,41 BCa	1,80 Aa	1,17 Aa	1,56	F crítico (5%) ² = 2,790
Testemunha	2,08 ABab	2,69 Aa	2,72 Aa	1,53 Ab	2,26	F trat.= 6,18**
Média Camada	2,43	1,87	2,21	1,41		F camada= 8,98**
Agregados 1 – 0,5mm (g)						CV(%)= 17,53
Orgânico	4,48	4,97	4,97	4,60	4,76	F crítico (5%) ¹ = 2,073
Ureia Comum	4,89	4,74	4,92	5,32	4,97	F calculado= 0,77 ^{NS}
Ureia Peletizada	4,37	4,45	4,77	4,45	4,51	F crítico (5%) ² = 2,790
Testemunha	4,48	3,96	4,42	5,46	4,58	F trat.= 0,98 ^{NS}
Média Camada	4,56	4,53	4,77	4,96		F camada= 0,96 ^{NS}
Agregados <0,5mm (g)						CV(%)= 13,48
Orgânico	12,78	17,58	19,34	20,70	17,60	F crítico (5%) ¹ = 2,073
Ureia Comum	14,53	22,14	16,90	21,12	18,67	F calculado= 1,75 ^{NS}
Ureia Peletizada	17,04	21,50	19,56	21,02	19,78	F crítico (5%) ² = 2,790
Testemunha	17,72	18,70	20,21	20,96	19,40	F trat.= 2,28 ^{NS}
Média Camada	15,52 b	19,98 a	19,00 a	20,95 a		F camada= 13,88**

¹ F crítico para a interação. ² F crítico para cada fator isolado. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < 0.01). * significativo ao nível de 5% de probabilidade (0.01 ≤ p < 0.05). ^{NS} não significativo (p ≥ 0.05). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente dentro da mesma camada. Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente dentro do mesmo tratamento.

O diâmetro médio aritmético de agregados secos ao ar apresentou interação entre os tratamentos e a camada (Figura 9), sendo que nas camadas até 10 cm, o tratamento com adubo orgânico apresentou as maiores médias, seguido pela testemunha. O tratamento com ureia peletizada apresentou o menor valor para DMA_s na camada de 5 – 10 cm. Em profundidade, o tratamento com adubo orgânico apresentou os maiores valores de DMA_s nas camadas superficiais, não sendo verificadas diferenças para os tratamentos ureia comum e testemunha. Para o tratamento ureia peletizada, verificou-se o menor valor na camada de 5 – 10 cm.

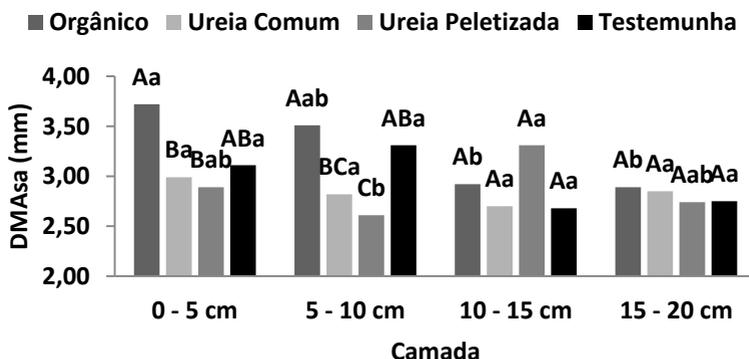


Figura 9. Desdobramento da interação para diâmetro médio aritmético de agregados secos ao ar (DMAAs) para os fatores tratamento e camada. F-crítico (5%) interação= 2,073. F calculado= 2,33 - significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$). CV(%)= 11,27. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente dentro da mesma camada. Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem estatisticamente dentro do mesmo tratamento.

Para a variável diâmetro médio de agregados estáveis em água (Figura 10) e o índice de estabilidade de agregados (Figura 11) não foi encontrada interação entre os fatores, porém, houve diferença entre as médias, quando analisado cada fator separadamente.

Nas Figuras 10 e 11, observa-se que, para os tratamentos, apenas a média da testemunha foi inferior às demais, enquanto que para a profundidade, as maiores médias foram encontradas na superfície, sendo que para DMAEa, as menores médias foram observadas nas camadas de 10 – 15 e 15 – 20 cm.

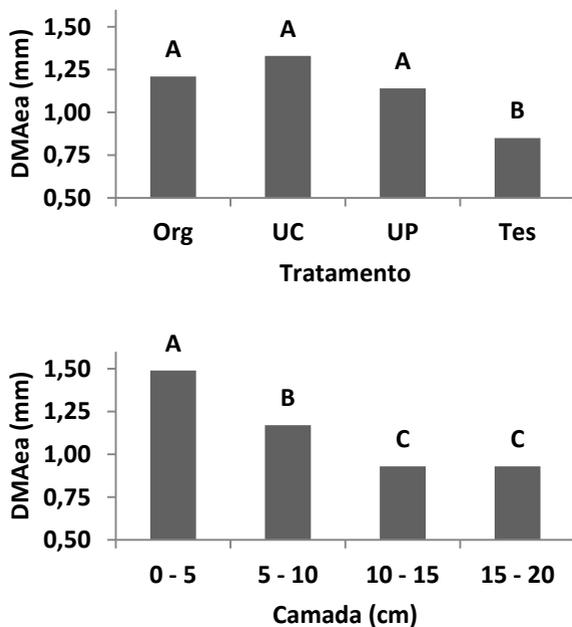


Figura 10. Valores médios de diâmetro médio aritmético de agregados estáveis em água (DMAea) para os fatores tratamentos e camada.

F-crítico (5%)= 2,790 – F tratamento = 11,43** F camada= 19,73**. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$). CV(%)= 21,15. Médias seguidas de mesma letra não apresentam diferença estatística significativa. Org: Orgânico; UC: Ureia Comum; UP: Ureia Peletizada; Tes: Testemunha.

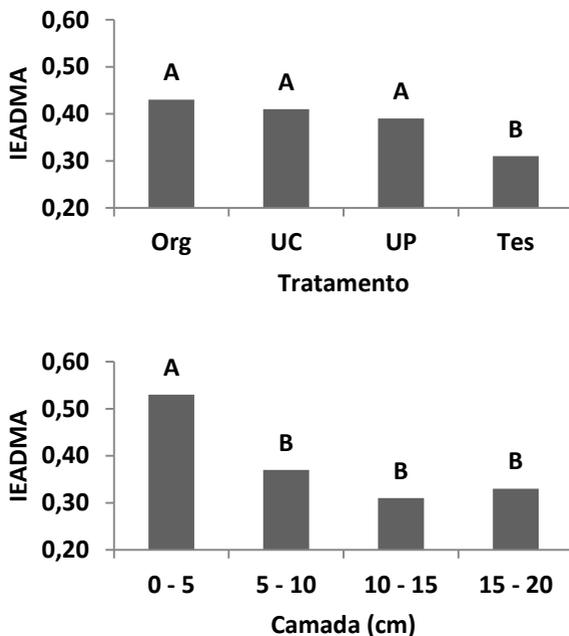


Figura 11. Valores médios de índice de estabilidade do diâmetro médio aritmético de agregados (IEADMA) para os fatores tratamentos e camadas.

F-crítico (5%)= 2,790 – F tratamento = 7,77** F camada= 28,87**, ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$). CV(%)= 20,42. Médias seguidas de mesma letra não apresentam diferença estatística significativa. Org: Orgânico; UC: Ureia Comum; UP: Ureia Peletizada; Tes: Testemunha.

Para o diâmetro médio geométrico de agregados secos ao ar e estáveis em água (DMGsa e DMGea) houve interação entre os fatores, já para o índice de estabilidade de agregados, só foi observado significância entre as camadas (Figuras 12, 13 e 14).

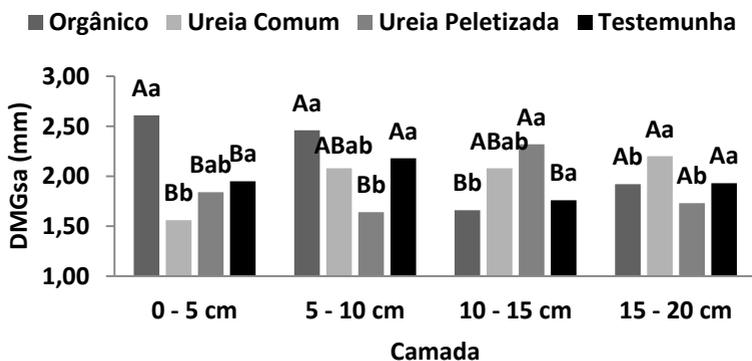


Figura 12. Desdobramento da interação para diâmetro médio geométrico de agregados secos ao ar (DMGsa) entre tratamento e camada.

F-crítico (5%) interação= 2,073. F calculado= 6,55 - significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$). CV(%)= 14,05. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente dentro da mesma camada. Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem estatisticamente dentro do mesmo tratamento.

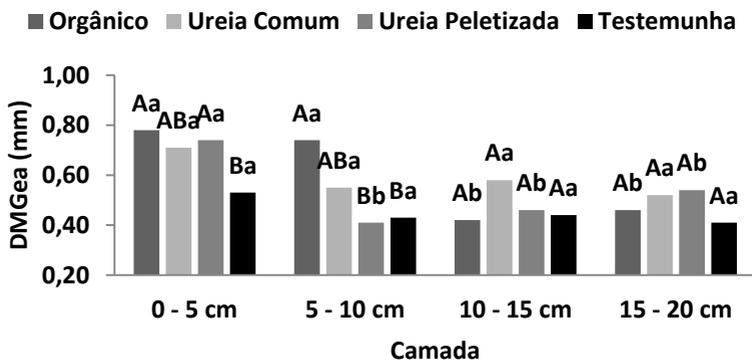


Figura 13. Desdobramento da interação para diâmetro médio geométrico de agregados estável em água (DMGea) entre tratamento e camada.

F-crítico (5%) interação= 2,073. F calculado= 3,26 - significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$). CV(%)= 18,72. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente dentro da mesma camada. Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem estatisticamente dentro do mesmo tratamento.

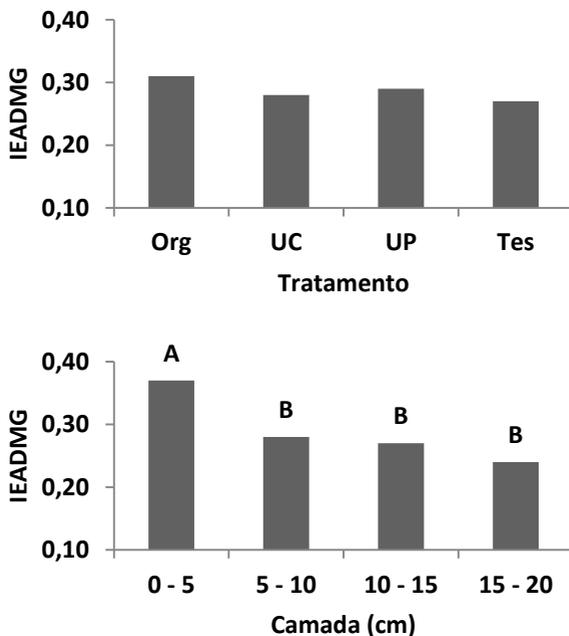


Figura 14. Desdobramento da interação para índice de estabilidade do diâmetro médio geométrico de agregados (IEADMG) entre tratamento e camada.

F-crítico (5%)= 2,790 – F tratamento = 1,20^{NS} F camada= 15,22^{**}. ^{**} significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$). ^{NS} não significativo ($p \geq 0.05$). CV(%)= 19,32. Médias seguidas de mesma letra não apresentam diferença estatística significativa. Org: Orgânico; UC: Ureia Comum; UP: Ureia Peletizada; Tes: Testemunha.

Analisando a Figura 12, observa-se que as maiores médias foram encontradas no tratamento com adubo orgânico até 10 cm de profundidade, sendo para a camada de 10 – 15 cm, verificados maiores valores para o tratamento ureia peletizada. O único tratamento que se manteve estável em profundidade foi a testemunha, e aquele com ureia comum apresentou um aumento do DMGsa em profundidade.

Para o DMG_{Gea} foi observado um decréscimo dos valores em profundidade, exceto para a testemunha. Entre os tratamentos, a testemunha apresentou o menor DMG_{Gea} nas camadas de 0 – 5 e 5 – 10 cm, sendo esta última igual àquela com tratamento ureia peletizada. O tratamento com adubação orgânica apresentou os maiores valores de DMG_{Gea}

para 0 – 10 cm quando comparado com a testemunha e também com ureia peletizada para 5 – 10 cm (Figura 13).

O índice de estabilidade de agregados só foi significativo para a profundidade, sendo as maiores médias observadas na camada de 0 – 5 cm, não apresentando diferenças nas três camadas inferiores (Figura 14).

Andreola et al. (2000) observaram que ao usarem uma fonte orgânica de adubação ocorreu uma diminuição da massa de agregados maiores que 4,76 mm, mas um incremento na quantidade de agregados compreendidos entre 1 e 4,76 mm. Essa tendência não foi observada no presente estudo, visto que, para a classe de agregados secos ao ar foi observado que o tratamento com adubo orgânico, juntamente com aquele com ureia comum, apresentaram as maiores médias. Para as classes de agregados estáveis em água não foi detectada nenhuma tendência clara em relação à utilização ou não de adubo orgânico.

Inversamente do que constataram Arruda et al. (2010) e Espanhol et al. (2007), mas corroborando ao descrito por Bronick & Lal (2005), a adubação orgânica contribuiu para o aumento do diâmetro médio geométrico e índice de estabilidade dos agregados. A tendência observada de maior diâmetro médio de agregados presentes na camada superficial com posterior diminuição em profundidade também foi constatada por outros autores (Espanhol et al., 2007; Comin et al., 2013).

Para a umidade volumétrica verificaram-se interações significativas em todas as tensões aplicadas (Tabela 4).

Tabela 4. Desdobramento da interação para umidade volumétrica das amostras por tratamento e por camada submetidas a tensões de 0 a 600kPa.

Tratamentos	Camada (cm)								Estatística
	0 - 5		5 - 10		10 - 15		15 - 20		
Umidade Volumétrica (cm ³ cm ⁻³) Tensão 0kPa									
Orgânico	0,63	A a	0,52	A b	0,49	A b	0,51	A b	CV(%)= 6,38 F crítico (5%)= 2,073 F calculado= 3,1**
Ureia Comum	0,53	B a	0,52	A a	0,51	A a	0,5	A a	
Ureia Peletizada	0,5	B a	0,49	A a	0,51	A a	0,51	A a	
Testemunha	0,53	B a	0,52	A a	0,52	A a	0,52	A a	

Umidade Volumétrica (cm ³ cm ⁻³) Tensão 0,6kPa													
Orgânico	0,5	A	a	0,41	AB	b	0,4	A	b	0,4	A	b	CV(%)= 11,28 F crítico (5%)= 2,073 F calculado= 2,6*
Ureia Comum	0,4	B	a	0,46	A	a	0,39	A	a	0,38	A	a	
Ureia Peletizada	0,37	B	a	0,39	AB	a	0,39	A	a	0,38	A	a	
Testemunha	0,38	B	a	0,38	B	a	0,4	A	a	0,42	A	a	
Umidade Volumétrica (cm ³ cm ⁻³) Tensão 6kPa													
Orgânico	0,47	A	a	0,39	A	ab	0,38	A	ab	0,37	A	b	CV(%)= 13,2 F crítico (5%)= 2,073 F calculado= 2,34*
Ureia Comum	0,37	B	a	0,44	A	a	0,36	A	a	0,36	A	a	
Ureia Peletizada	0,33	B	a	0,36	A	a	0,37	A	a	0,36	A	a	
Testemunha	0,33	B	a	0,35	A	a	0,37	A	a	0,39	A	a	
Umidade Volumétrica (cm ³ cm ⁻³) Tensão 60kPa													
Orgânico	0,43	A	a	0,36	AB	ab	0,35	A	ab	0,34	A	b	CV(%)= 14,74 F crítico (5%)= 2,073 F calculado= 2,5*
Ureia Comum	0,33	B	a	0,41	A	a	0,33	A	a	0,33	A	a	
Ureia Peletizada	0,28	B	a	0,33	AB	a	0,33	A	a	0,32	A	a	
Testemunha	0,29	B	a	0,31	B	a	0,34	A	a	0,36	A	a	
Umidade Volumétrica (cm ³ cm ⁻³) Tensão 600kPa													
Orgânico	0,4	A	a	0,33	AB	a	0,32	A	a	0,32	A	a	CV(%)= 16,62 F crítico (5%)= 2,073 F calculado= 2,04*
Ureia Comum	0,31	AB	a	0,39	A	a	0,3	A	a	0,31	A	a	
Ureia Peletizada	0,26	B	a	0,31	AB	a	0,3	A	a	0,3	A	a	
Testemunha	0,26	B	a	0,29	B	a	0,31	A	a	0,34	A	a	

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$). * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente dentro da mesma camada. Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente dentro do mesmo tratamento.

O tratamento com adubo orgânico apresentou as maiores médias para umidade volumétrica na camada superficial em todas as tensões aplicadas, exceto para a tensão de 600 kPa, na qual foi igual ao tratamento ureia comum. Na camada de 5 – 10 cm, para as tensões de 06, 60 e 600 kPa, o tratamento com ureia comum e a testemunha apresentaram, respectivamente, os maiores e menores valores. Para essa camada, os tratamentos com adubo orgânico e ureia peletizada obtiveram valores intermediários. Para as demais camadas, não foram evidenciadas diferenças entre os tratamentos. Em profundidade, verificaram-se diferenças

apenas para o tratamento orgânico, que apresentou maiores valores na camada superficial.

Na Figura 15 é possível observar as curvas de retenção de água no solo para cada tratamento de fonte de N aplicado. O tratamento com adubo orgânico em superfície (Tabela 4) deteve as maiores médias de umidade volumétrica para a camada de 0 – 20 cm.

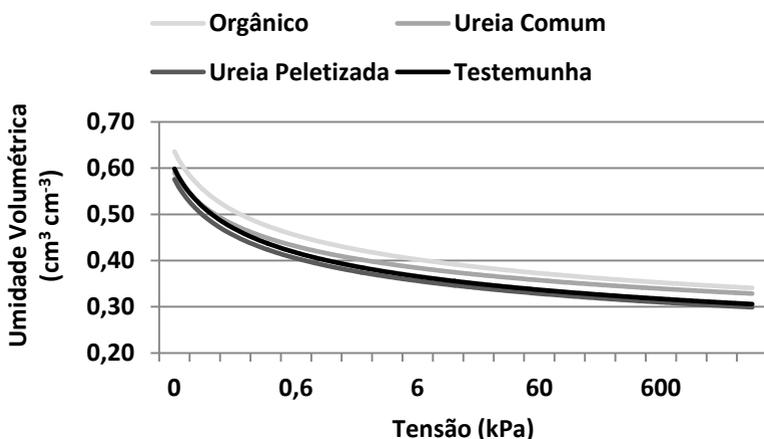


Figura 15. Curva de retenção de água no solo para a camada de 0 – 20 cm nos tratamentos avaliados.

As maiores médias de umidade volumétrica observadas no tratamento com adubo orgânico podem estar associadas ao fato que, para esse tratamento, foi verificado também maior microporosidade (Figura 6). Com isso a água fica mais fortemente aderida aos microporos, fazendo com que, ao final da aplicação de uma mesma tensão, o tratamento com adubação orgânica permaneça com maior umidade. Observa-se que o tratamento testemunha, detentor de mais macroporos (Figura 4), foi o tratamento que apresentou as menores médias de umidade volumétrica (em relação ao tratamento ureia comum na camada de 5 – 10 cm), pois a tensão necessária para retirar a água desses poros maiores é menor do que aquela necessária para drenar microporos.

A condutividade hidráulica (CH), amostrada somente na camada de 0 – 5 cm, não apresentou diferenças entre as médias dos tratamentos avaliados (Tabela 5). Porém, analisando a sua correlação com algumas variáveis amostradas, observaram-se elevados valores de correlação positiva com a macroporosidade, umidade volumétrica (0 kPa) e agre-

gados secos ar ao (4,0 – 2,0 mm) e negativa com a porosidade total, meso e microporosidade, densidade do solo e agregados estáveis em água (4,0 – 2,0 e 1,0 – 0,5 mm) (Tabela 6). Resultados semelhantes foram descritos por Moreti et al. (2006), quando os autores analisaram diferentes fontes de adubação orgânica e mineral em Selvíria - MS.

Tabela 5. Médias da condutividade hidráulica de acordo com a fonte de nitrogênio aplicada com seu respectivo coeficiente de variação (CV%).

Condutividade Hidráulica (cm h ⁻¹)	Fontes de Nitrogênio			
	Orgânico	Ureia Comum	Ureia Peletizada	Testemunha
	128	132	142	140

F-crítico (5%)= 3,8625. F calculado= 0,0564 – não significativo (p >= 0.05). CV(%)= 42,77.

Tabela 6. Correlação de Pearson (r) entre os parâmetros apontados em relação à condutividade hidráulica.

Parâmetros	Correlação (r ²)
Porosidade Total (cm ³ cm ⁻³)	-0,99**
Microporosidade (cm ³ cm ⁻³)	-0,99**
Macroporosidade (cm ³ cm ⁻³)	0,99**
Mesoporosidade (cm ³ cm ⁻³)	-0,96*
Densidade do solo (g cm ⁻³)	-0,99*
Umidade volumétrica na tensão 0 kPa	0,98*
Agregados secos ao ar (4,0-2,0 mm)	0,95*
Agregados estáveis em água (4,0-2,0 mm)	-0,99*
Agregados estáveis em água (1,0-0,5 mm)	-0,99*

* e ** significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade (p <0.01).

Foi observado uma tendência de menor CH quanto maior for a porosidade total e agregados estáveis em água (4,0-2,0 mm) (r=-0,99, Tabela 6). Isso se deve a proporção de microporos presentes nas amostras, que, quanto maior a sua representatividade, mais a água tende a ficar retida no solo, diminuindo a sua percolação e, conseqüentemente, a CH. O aumento dos macroporos, umidade volumétrica e agregados secos ao ar (4,0-2,0 mm), todos com altos e positivos valores de correlação coma CH, culmina em uma tendência de aumento da CH, bem como

para uma menor densidade do solo, pois a amostra é composta por espaços vazios de maior diâmetro.

Valores de correlação positiva com a macroporosidade e negativa com microporosidade e densidade do solo também foram relatados por Dalbianco et al. (2008), porém, para a porosidade total, os autores encontraram uma correlação positiva, distinguindo dos dados obtidos no presente experimento. A correlação negativa com a porosidade total pode ser decorrente da maior influência da microporosidade no solo, onde, por ser predominante, acaba influenciando para que, ao contrário do que foi visto por Dalbianco et al. (2008), quanto maior a porosidade total, menor será a condutividade hidráulica do solo em questão.

3.2 Experimento 2 – Manejo de plantas espontâneas

A granulometria amostrada no estudo aponta para um solo com textura franca em todas as camadas avaliadas (Figura 16).

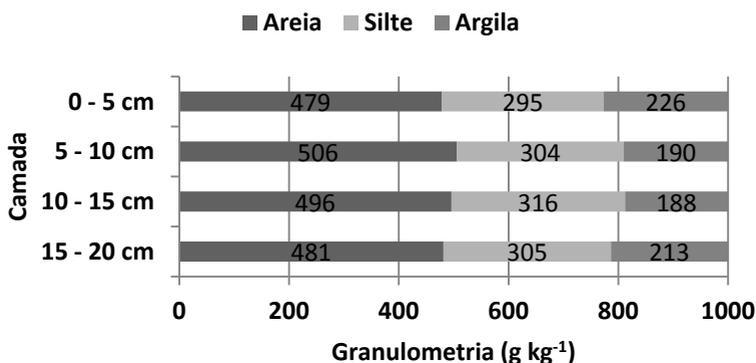


Figura 16. Composição granulométrica do solo na camada de 0 – 20 cm estratificada a cada 5 cm.

Observou-se que os tratamentos não influenciaram significativamente os parâmetros: resistência à penetração, porosidade total e micro, meso e macroporosidade (Tabela 7). Entretanto, para os mesmos parâmetros, quando se avaliou as camadas, somente a microporosidade apresentou diferenças significativas, aumentando em profundidade. Com coeficientes de variação (CV%) de medianos a baixos, pode-se inferir que essa ausência de diferenças estatísticas se deve ao fato das médias serem bastante homogêneas, mostrando que o manejo das plantas espontâneas não influenciou os parâmetros analisados.

Tabela 7. Médias de resistência à penetração, porosidade total, microporosidade, mesoporosidade e macroporosidade e estatísticas.

Tratamentos	Resistência à Penetração (MPa)	Porosidade Total (cm ³ cm ⁻³)	Microporosidade (cm ³ cm ⁻³)	Mesoporosidade (cm ³ cm ⁻³)	Macroporosidade (cm ³ cm ⁻³)
Roçada	2,82	0,49	0,27	0,07	0,16
Dessecagem	2,89	0,49	0,27	0,06	0,15
Testemunha	2,57	0,51	0,28	0,06	0,18
F crítico (5%)= 3,27	1,17 ^{NS}	1,78 ^{NS}	0,64 ^{NS}	1,56 ^{NS}	1,72 ^{NS}
Camadas					
0 - 5 cm	2,99	0,50	0,25 b	0,07	0,17
5 - 10 cm	2,70	0,50	0,28 ab	0,07	0,16
10 - 15 cm	2,75	0,50	0,27 ab	0,06	0,17
15 - 20 cm	2,60	0,50	0,29 a	0,06	0,15
F crítico (5%)= 2,88	0,86 ^{NS}	0,10 ^{NS}	3,94*	1,36 ^{NS}	0,92 ^{NS}
CV (%)	22,40	8,19	10,57	25,05	23,91

*significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$). ^{NS} não significativo ($p \geq 0.05$). Médias seguidas de mesma letra não apresentam diferença estatística significativa.

Alcântara & Ferreira (2000), mostraram que há maior porosidade total para tratamentos com cobertura vegetal, seguido de dessecagem e roçada. Resultados semelhantes foram observados por Carmo et al. (2011), ao compararem tratamentos com e sem roçada das plantas de cobertura. Essas diferenças entre tratamentos não ficaram evidentes no presente trabalho, pois a porosidade total não sofreu influência dos manejos das plantas espontâneas, corroborando com os trabalhos de Centurion et al. (2004), ao compararem a roçada com a testemunha, e de Espanhol et al. (2007), ao compararem a roçada e dessecagem. Em profundidade, Carmo et al. (2011) e Espanhol et al. (2007) também não observaram diferenças estatísticas para a porosidade total entre os tratamentos aplicados.

As médias obtidas para a microporosidade corroboram com o trabalho de Espanhol et al. (2007), onde também não foi observado diferenças entre roçada e dessecagem, mas houve um aumento em profundidade. Apesar de Carmo et al. (2001) e Centurion et al. (2004) também não terem encontrado diferenças entre a roçada e o solo coberto (testemunha), esses autores também não observaram diferenças da

microporosidade em profundidade, divergindo dos dados obtidos nesse estudo.

A macroporosidade não diferiu entre os tratamentos aplicados, corroborando com Centurion et al. (2004) e Espanhol et al. (2007). Porém, esses autores encontraram diferenças em profundidade, onde ambos apontam uma diminuição da macroporosidade em profundidade, divergindo do presente trabalho onde não foram observadas diferenças. Já Carmo et al. (2011), também não encontraram diferenças em profundidade, porém observaram um aumento da macroporosidade em solos onde foi mantida a cobertura vegetal.

A macroporosidade ficou acima do nível crítico de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, sendo adequada para o desenvolvimento das raízes e fluxos de água e ar no solo (ARRUDA et al., 2010; MORETI et al., 2006; RICHART et al., 2005; SILVA et al., 2006).

A densidade do solo foi influenciada, sobretudo, pela profundidade, observando-se um aumento da densidade em profundidade para os tratamentos roçada e dessecação, sendo a testemunha a único tratamento que não sofreu essa influência (Figura 17). Para a camada de 15 – 20 cm, a testemunha apresentou a menor densidade do solo.

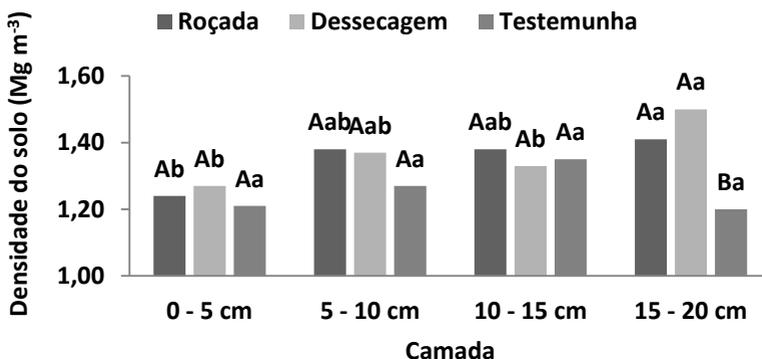


Figura 17. Desdobramento das médias da interação entre tratamento e camada para a densidade do solo.

F-crítico (5%) interação= 2,38. F calculado= 2,77 - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 < p < 0.05$). CV(%)= 6,23. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente dentro da mesma camada. Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem estatisticamente dentro do mesmo tratamento.

De forma geral, os dados obtidos para a densidade do solo corroboram com diversos outros autores, os quais relatam que um solo coberto apresenta menor densidade que solos onde é feito algum manejo de supressão das espontâneas (Alcântara & Ferreira, 2000; Carmo et al., 2011; Centurion et al., 2004). Ainda, Espanhol et al. (2007) também observaram em seu trabalho que o manejo através de roçada ou dessecação não apresentaram diferenças significativas. O aumento da densidade em profundidade também é descrito por Carmo et al. (2011), onde os autores atribuem essa característica ao fato de, nas camadas superficiais do solo, se encontrarem os maiores teores de matéria orgânica, diminuindo em profundidade.

As maiores médias de densidade do solo em profundidade podem estar correlacionadas ao aumento que também foi observado na microporosidade ao longo do perfil. Com espaços vazios de menor diâmetro, há uma tendência de ser observada uma maior densidade do solo (ANDREOLA et al., 2000).

Os agregados secos ao ar só apresentaram diferenças para as médias do fator camada para as classes >4 mm, com maior valor na camada de 10 – 15 cm em relação a 0 – 5 cm, e a classe <0,5 mm, na qual a maior média foi a da camada superficial, 0 – 5 cm, e as menores médias das duas camadas compreendidas entre 10 – 20 cm. Para a camada de 2 – 1 mm, observou-se influência dos tratamentos, onde a roçada apresentou a menor média e a testemunha, a maior (Tabela 8).

Tabela 8. Valores médios das classes de agregados secos ao ar para os fatores tratamentos e camadas.

Tratamentos	Camadas				Média Tratamento	Estatística
	0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 15 cm	15 - 20 cm		
Agregados >4mm (g)						
Roçada	7,81	7,83	8,56	6,79	7,75	CV(%)= 16,35
Dessecagem	7,65	7,59	8,44	8,63	8,08	¹ F tratamento= 0,75 ^{NS}
Testemunha	5,82	8,12	9,37	6,80	7,53	² F camada= 4,05*
Média Camada	7,09 b	7,85 ab	8,79 a	7,41 ab		³ F interação= 1,95 ^{NS}

Agregados 4 – 2mm (g)						CV(%)= 10,01 ¹ F tratamento= 3,00 ^{NS} ² F camada= 2,77 ^{NS} ³ F interação= 2,02 ^{NS}
Roçada	6,53	7,63	6,71	7,47	7,09	
Dessecagem	7,18	7,20	8,04	7,12	7,39	
Testemunha	7,15	7,44	7,34	8,57	7,63	
Média Camada	6,95	7,42	7,36	7,72		
Agregados 2 – 1mm (g)						CV(%)= 8,87 ¹ F tratamento= 5,00* ² F camada= 1,45 ^{NS} ³ F interação= 0,70 ^{NS}
Roçada	4,56	4,71	4,31	4,32	4,48 b	
Dessecagem	4,63	4,75	4,55	4,35	4,57 ab	
Testemunha	5,07	4,90	4,59	5,09	4,91 a	
Média Camada	4,75	4,79	4,48	4,59		
Agregados 1 – 0,5mm (g)						CV(%)= 15,49 ¹ F tratamento= 0,84 ^{NS} ² F camada= 0,83 ^{NS} ³ F interação= 0,15 ^{NS}
Roçada	4,19	3,95	3,93	3,83	3,98	
Dessecagem	4,20	4,27	3,95	4,14	4,14	
Testemunha	4,63	4,31	4,03	4,10	4,27	
Média Camada	4,34	4,18	3,97	4,02		
Agregados <0,5mm (g)						CV(%)= 22,02 ¹ F tratamento= 2,19 ^{NS} ² F camada= 3,60* ³ F interação= 1,15 ^{NS}
Roçada	7,09	6,06	6,81	6,24	6,55	
Dessecagem	6,74	6,67	5,39	5,88	6,17	
Testemunha	7,56	5,54	4,73	4,42	5,56	
Média Camada	7,13 a	6,09 ab	5,64 b	5,51 b		

¹ F crítico (5%)= 3,27. ² F crítico (5%)= 2,88. ³ F crítico (5%)= 2,38. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p<0.01). * significativo ao nível de 5% de probabilidade (0.01 =< p < 0.05). ^{NS} não significativo (p >= 0.05). Médias seguidas de mesma letra, na linha para camada e na coluna para tratamento, não apresentam diferença estatística significativa.

Para as médias de classes de agregados estáveis em água (Tabela 9), na classe >4 mm observou-se influência tanto do manejo quanto da camada, mas sem interação entre os fatores.

Tabela 9. Desdobramento da interação para agregados 4 – 1 mm e valores médios das demais classes de agregados estáveis em água para os fatores tratamentos e camada.

Tratamentos	Camada				Média tratamento	Estatística
	0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 15 cm	15 - 20 cm		
Agregados >4mm (g)						CV(%)= 57,89 ¹ F tratamento= 5,88** ² F camada= 6,19** ³ F interação= 1,28 ^{NS}
Roçada	3,28	2,56	1,82	0,84	2,13 A	
Dessecagem	1,49	0,74	0,92	0,86	1,00 B	
Testemunha	2,29	2,61	1,75	0,59	1,81 AB	
Média Camada	2,35 a	1,97 a	1,50 ab	0,76 b		
Agregados 4 – 2mm (g)						CV(%)= 20,83 ¹ F tratamento= 13,12** ² F camada= 34,10** ³ F interação= 3,92*
Roçada	2,74 Aa	2,09 Ab	1,29 Ac	1,00 Ac	1,78	
Dessecagem	1,81 Ba	1,36 Bab	0,88 Ab	1,18 Ab	1,31	
Testemunha	1,72 Ba	1,54 Ba	1,25 Aab	0,70 Ab	1,30	
Média Camada	2,09	1,66	1,14	0,96		
Agregados 2 – 1mm (g)						CV(%)= 25,25 ¹ F tratamento= 3,85* ² F camada= 13,33** ³ F interação= 2,76*
Roçada	2,59 Aa	1,92 Aab	1,28 Ab	1,72 Ab	1,88	
Dessecagem	1,75 Ba	1,57 Aa	1,37 Aa	1,17 ABa	1,47	
Testemunha	2,26 Aba	2,01 Aa	1,65 Aa	0,69 Bb	1,65	
Média Camada	2,20	1,83	1,43	1,19		
Agregados 1 – 0,5mm (g)						CV(%)= 19,44 ¹ F tratamento= 0,16 ^{NS} ² F camada= 4,27* ³ F interação= 1,49 ^{NS}
Roçada	4,34	4,12	3,79	3,83	4,02	
Dessecagem	4,27	3,95	3,71	3,52	3,86	
Testemunha	4,59	4,05	4,54	2,57	3,94	
Média Camada	4,40 a	4,04 ab	4,01 ab	3,31 b		
Agregados <0,5mm (g)						CV(%)= 10,26 ¹ F tratamento= 3,54* ² F camada= 11,47** ³ F interação= 1,45 ^{NS}
Roçada	16,71	20,40	21,24	22,23	20,15 B	
Dessecagem	20,41	22,35	22,61	23,23	22,15 A	
Testemunha	18,28	18,89	21,17	25,07	20,85 AB	
Média Camada	18,47 c	20,55 bc	21,67 ab	23,51 a		

¹ F crítico (5%)= 3,27. ² F crítico (5%)= 2,88. ³ F crítico (5%)= 2,38. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$). * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 = p < 0.05$). ^{NS} não significativo ($p \geq 0.05$). Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente dentro da mesma camada. Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem estatisticamente dentro do mesmo tratamento.

Os maiores valores foram encontrados em superfície, 0 – 10 cm, diminuindo em profundidade. A roçada foi o tratamento que apresentou a maior média da classe >4 mm, com a dessecagem apresentando as menores médias.

A classe de agregados 4 – 2 mm apresentou interação entre os fatores, sendo a roçada o tratamento que apresentou as maiores médias para as duas primeiras camadas do solo, e, em profundidade, verificou-se uma diminuição das médias entre a camada de 0 – 5 cm e 15 – 20 cm para todos os tratamentos.

A outra classe que apresentou interação entre os fatores foi a de 2 – 1 mm, sendo verificadas as maiores médias para os tratamentos roçada e testemunha (0 – 5 cm) e a dessecagem, a menor média. Na camada de 15 – 20 cm, o tratamento com a dessecagem apresentou a média intermediária aos demais tratamentos, sendo na testemunha verificado a menor média. Em profundidade, somente o tratamento com dessecagem se manteve estável, sendo verificada para os demais uma diminuição dos agregados 2 – 1 mm ao longo do perfil do solo, menores valores na última camada.

Na classe de agregados compreendidos entre 1 – 0,5 mm houve influência só do fator camada, observando-se a menor média na camada de 15 – 20 cm. Para a última classe de agregados estáveis em água, <0,5 mm, tratamento e camada influenciaram as médias, sem apresentar interação entre os fatores. Houve um aumento das médias quando se compara a camada de 0 – 5 cm para a de 15 – 20 cm. O tratamento dessecagem apresentou a maior média para essa classe, e a menor foi observada na roçada.

O diâmetro médio aritmético dos agregados secos ao ar só apresentou significância estatística para a camada, onde se observou menor diâmetro na camada superficial e maior diâmetro nas duas camadas entre 5 – 15 cm, a camada entre 15 – 20 cm apresentou diâmetro médio intermediário (Figura 18).

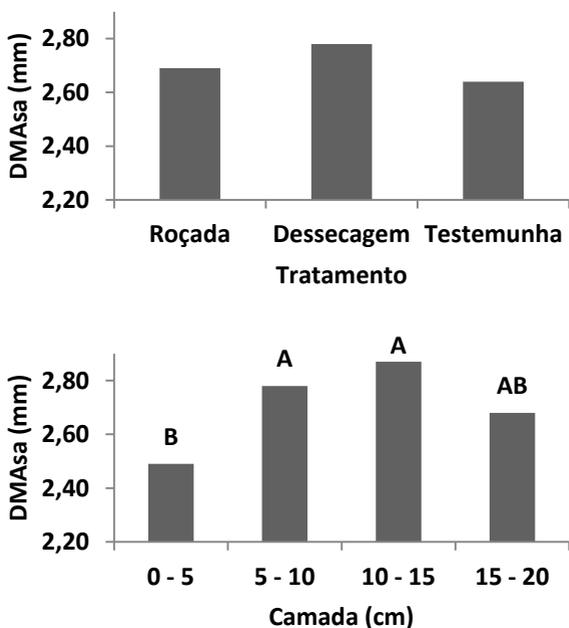


Figura 18. Valores médios de diâmetro médio aritmético de agregados secos ao ar (DMAAs) para os fatores tratamentos e camadas.

Tratamento: F-crítico (5%)= 3,27 – F calculado: 1,49^{NS}. Camada: F-crítico (5%)= 2,88 – F calculado: 5,63**. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$). ^{NS} não significativo ($p \geq 0.05$). CV(%)= 8,76. Médias seguidas de mesma letra não apresentam diferença estatística significativa.

Para o diâmetro médio aritmético dos agregados estáveis em água foi observado interação entre os fatores tratamento e profundidade (Figura 19). Nas camadas superficiais, 0 – 15 cm, verificou-se maior diâmetro médio para os tratamentos roçada e testemunha, sendo que para 0 – 5 e 10 – 15 cm, a testemunha e a roçada, respectivamente, apresentaram valores intermediários aos demais tratamentos. Em profundidade, verificaram-se diferenças apenas para os tratamentos roçada e testemunha, com menores valores do diâmetro médio nas camadas de 10 – 20 cm para roçada e 15 – 20 cm para a testemunha. O tratamento dessecação apresentou as menores médias nas três primeiras camadas e não diferiu em função da profundidade.

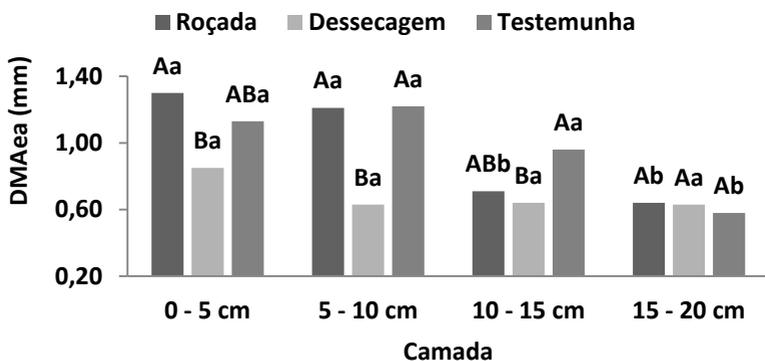


Figura 19. Desdobramento da interação para diâmetro médio aritmético de agregados estáveis em água (DMAea) para os fatores tratamento e camada.

F-crítico (5%) interação= 2,38. F calculado= 4,13 - significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$). CV(%)= 19,35. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente dentro da mesma camada. Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem estatisticamente dentro do mesmo tratamento.

Houve interação entre os fatores analisados para o índice de estabilidade do diâmetro médio aritmético de agregados (Figura 20).

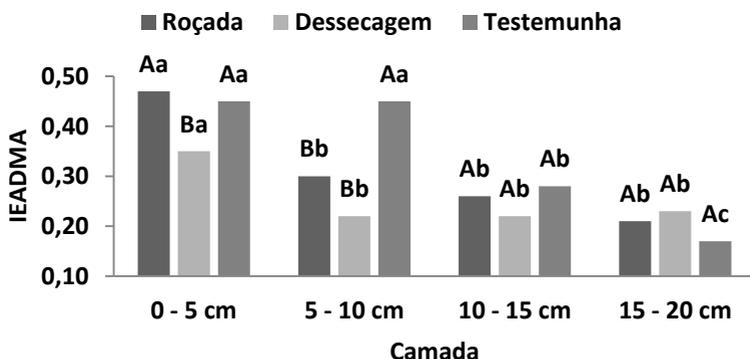


Figura 20. Desdobramento da interação para IEADMA (índice de estabilidade do diâmetro médio aritmético de agregados) para os fatores tratamento e camada.

F-crítico (5%) interação= 2,38. F calculado= 6,47 - significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$). CV(%)= 16,69. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente dentro da mesma camada. Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem estatisticamente dentro do mesmo tratamento.

Observou-se uma diminuição do IEADMA em profundidade para todos os tratamentos. Na camada 0 – 5 cm, a dessecagem apresentou o menor IEADMA e, na camada subsequente, somente a testemunha obteve índice superior aos demais tratamentos. Para as demais camadas, os tratamentos não diferiram entre si.

A análise do diâmetro médio geométrico de agregados secos ao ar (DMGsa) apresentou significância somente para a camada amostrada (Figura 21). A camada de 0 – 5 cm apresentou o menor diâmetro médio e a camada 10 – 15 cm o maior. As outras duas camadas analisadas apresentaram valores intermediários.

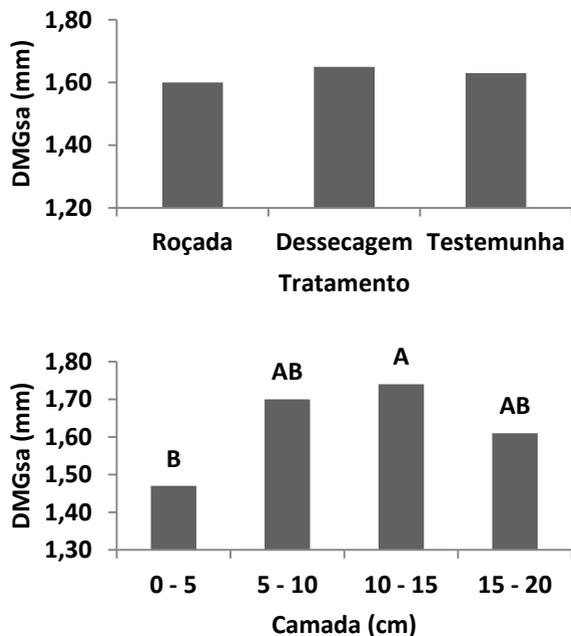


Figura 21. Valores médios de diâmetro médio geométrico de agregados secos ao ar (DMGsa) para os fatores tratamentos e camadas.

Tratamento: F-crítico (5%)= 3,27 – F calculado: 0,46^{NS}. Camada: F-crítico (5%)= 2,88 – F calculado: 4,79**. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$). ^{NS} não significativo ($p \geq 0.05$). CV(%)= 11,09. Médias seguidas de mesma letra não apresentam diferença estatística significativa.

O diâmetro médio geométrico de agregados estáveis em água (DMGea) apresentou interação entre os fatores analisados, com diminuição dos valores em profundidade para os tratamentos roçada e testemunha (Figura 22), o que também foi descrito por Espanhol et al. (2007). Nas duas primeiras camadas amostradas, o menor DMGea foi observado no tratamento com dessecação, corroborando com os dados apresentados por Alcântara & Ferreira (2000), mas que, observaram as maiores médias para a testemunha, e não para a roçada.

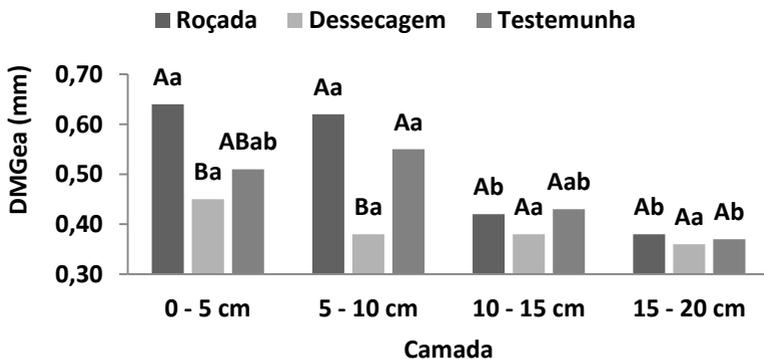


Figura 22. Desdobramento da interação para DMGea (diâmetro médio geométrico de agregados estáveis em água) para os fatores tratamento e camada.

F-crítico (5%) interação= 2,38. F calculado= 2,44 - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 < p < 0.05$). CV(%)= 16,58. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente dentro da mesma camada. Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem estatisticamente dentro do mesmo tratamento.

Com significância apenas para cada fator isoladamente, para o índice de estabilidade de diâmetro médio geométrico de agregados (IE-ADMG) observou-se a influência dos tratamentos, com a roçada apresentando o maior índice e a dessecagem, o menor. Além disso, foi observada a diminuição do índice em profundidade, com menores valores para 10 – 15 e 15 – 20 cm (Figura 23).

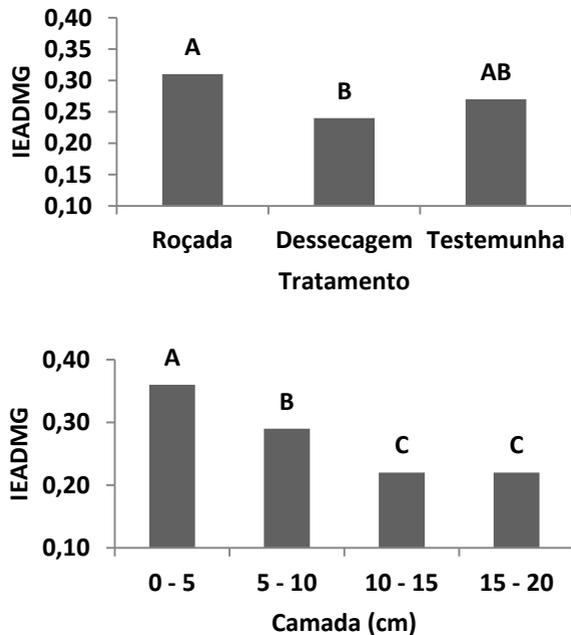


Figura 23. Valores médios de IEADMG (índice de estabilidade do diâmetro médio geométrico de agregados) para os fatores tratamentos e camadas.

Tratamento: F-crítico (5%)= 3,27 – F calculado: 7,74**. Camada: F-crítico (5%)= 2,88 – F calculado: 21,29. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$). CV(%)= 17,88. Médias seguidas de mesma letra não apresentam diferença estatística significativa.

Observou-se um padrão para os diâmetros médios de agregados estáveis em água e para os índices de estabilidade dos agregados, obtidos de forma aritmética ou geométrica, de menores valores para o tratamento dessecação, principalmente em comparação ao tratamento com roçada das espontâneas (Figuras 19, 20, 22 e 23). Nesse manejo há a morte integral da planta, diferente da testemunha, onde a planta espontânea não é manejada, e da roçada, que, por mais que haja o corte da parte aérea, não acontece a morte das raízes. Dalla Rosa et al. (2013) e Brandão & Silva (2012), demonstraram em seus estudos a influência das raízes das plantas de cobertura na formação e estabilidade de agregados, perfazendo a união de agregados menores, para a formação de agregados maiores.

Alcântara & Ferreira (2000) atribuem à roçada uma maior necessidade de práticas de manejo de espontâneas pela perda da dominância apical das plantas e conseqüente estímulo ao crescimento de brotos. Os dados de maiores diâmetros médios de agregados na roçada obtidos nesse estudo podem estar relacionados com a atividade do sistema radicular que continua liberando exsudatos que aumentam a agregação do solo (DALLA ROSA et al., 2013). Além disso, o crescimento de raízes confere pequenas compressões ao solo e, associado aos compostos orgânicos liberados pelas raízes, contribuem para a formação e estabilidade dos agregados (Brandão & Silva, 2012; Dalla Rosa et al., 2013).

A umidade volumétrica não sofreu influência dos tratamentos e, para a camada amostrada, somente nas tensões de 60 e 600 kPa houve diferença significativa (Tabela 10). Em ambas as tensões, houve um incremento da umidade volumétrica em profundidade, com menores umidades na camada de 0 – 5 cm e as maiores observadas na camada de 15 – 20 cm, com valores intermediários para as camadas entre 5 – 15 cm.

Tabela 10. Médias para umidade volumétrica das amostras por tratamento e por camada submetidas a tensões de 0 a 600kPa e desdobramento da separação de médias quando significativo.

Tratamentos	Camada (cm)				Média Tratamento	Estatística
	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20		
Umidade Volumétrica (cm³ cm⁻³) Tensão 0kPa						CV(%)= 8,19 ¹ F tratamento= 1,78 ^{NS} ² F camada= 0,10 ^{NS} ³ F interação= 0,49 ^{NS}
Roçada	0,49	0,50	0,50	0,48	0,49	
Dessecagem	0,49	0,48	0,50	0,49	0,49	
Testemunha	0,50	0,53	0,50	0,53	0,52	
Média Camada	0,49	0,50	0,50	0,50		
Umidade Volumétrica (cm³ cm⁻³) Tensão 0,6kPa						CV(%)= 7,49 ¹ F tratamento= 0,27 ^{NS} ² F camada= 1,36 ^{NS} ³ F interação= 0,62 ^{NS}
Roçada	0,35	0,37	0,37	0,37	0,37	
Dessecagem	0,36	0,37	0,36	0,36	0,36	
Testemunha	0,36	0,38	0,35	0,39	0,37	
Média Camada	0,36	0,37	0,36	0,37		

Umidade Volumétrica (cm ³ cm ⁻³) Tensão 6kPa						CV(%)= 8,25 ¹ F tratamento= 0,00 ^{NS} ² F camada= 2,41 ^{NS} ³ F interação= 0,22 ^{NS}
Roçada	0,32	0,35	0,34	0,35	0,34	
Dessecagem	0,33	0,35	0,33	0,34	0,34	
Testemunha	0,32	0,34	0,33	0,36	0,34	
Média Camada	0,32	0,35	0,33	0,35		
Umidade Volumétrica (cm ³ cm ⁻³) Tensão 60kPa						CV(%)= 9,07 ¹ F tratamento=0,21 ^{NS} ² F camada= 3,28* ³ F interação= 0,40 ^{NS}
Roçada	0,28	0,31	0,29	0,31	0,30	
Dessecagem	0,30	0,31	0,29	0,31	0,30	
Testemunha	0,27	0,31	0,30	0,33	0,30	
Média Camada	0,28 b	0,31 ab	0,29 ab	0,32 a		
Umidade Volumétrica (cm ³ cm ⁻³) Tensão 600kPa						CV(%)= 10,57 ¹ F tratamento= 0,64 ^{NS} ² F camada= 3,94* ³ F interação= 0,52 ^{NS}
Roçada	0,24	0,27	0,26	0,30	0,27	
Dessecagem	0,25	0,28	0,27	0,27	0,27	
Testemunha	0,26	0,29	0,27	0,30	0,28	
Média Camada	0,25 b	0,28 ab	0,27 ab	0,29 a		

¹ F crítico (5%)= 3,27. ² F crítico (5%)= 2,88. ³ F crítico (5%)= 2,38. * significativo ao nível de 5% de probabilidade (0.01 =< p < 0.05). ^{NS} não significativo (p >= 0.05). Médias seguidas de mesma letra não apresentam diferença estatística significativa.

A condutividade hidráulica não foi influenciada pelos diferentes manejos de plantas espontâneas (Tabela 11). Contudo, confrontando seus valores com as demais variáveis analisadas na camada de 0 – 5 cm, foram encontradas algumas correlações significativas (Tabela 12).

Tabela 11. Médias da condutividade hidráulica de acordo com o manejo das plantas espontâneas com seu respectivo coeficiente de variação (CV%).

Condutividade Hidráulica (cm h ⁻¹)	Manejo das Espontâneas		
	Roçada	Dessecagem	Testemunha
	93	78	92

F-crítico (5%)= 3,8625. F calculado= 0,0564 – não significativo (p >= 0.05). CV(%)= 42,77.

Tabela 12. Correlação de Pearson (r) entre os parâmetros apontados em relação à condutividade hidráulica.

Parâmetros	Correlação (r ²)
DMGsa	0,97*
DMAsa	0,98*
DMGea	0,98*
DMAea	0,98*
Resistência à penetração	0,63*
Densidade do solo (g cm ⁻³)	-0,96*
Umidade volumétrica na tensão 0 kPa	0,98*
Agregados secos ao ar (>4,0 mm)	0,96*
Agregados secos ao ar (4,0-2,0 mm)	0,97*
Agregados secos ao ar (1,0-0,5 mm)	-0,96*
Agregados estáveis em água (4,0-2,0 mm)	0,98*
Agregados estáveis em água (<0,5 mm)	-0,99*

* significativo ao nível de 5 de probabilidade (p <0.05).

Apesar do teste F não ter sido significativo a 5% (p=0,0564, Tabela 11), é possível verificar uma tendência entre os tratamentos. O manejo com dessecação das plantas de cobertura apresentou uma redução da CH de cerca de 15% em comparação aos demais tratamentos. Com a dessecação há a morte integral da planta, o que não ocorre na testemunha e na roçada, sendo que nesta última, apesar do corte da parte aérea, as raízes ainda continuam vivas. Com isso, a atividade radicular, a liberação de exsudatos e atividade biológica, diminuem no tratamento dessecação, reduzindo também a possibilidade de formação de macroporos biológicos e a umidade do solo. Dessa forma, pode-se inferir que no tratamento com dessecação das plantas de cobertura têm-se condições desfavoráveis para a transmissão de água no solo (CH) em comparação aos tratamentos testemunha e roçada, corroborando com os menores índices de agregação observados no tratamento dessecação.

Quando analisadas as relações existentes entre a CH e outros parâmetros da física do solo (Tabela 12), observou-se correlação positiva e significativa entre a CH com o diâmetro médio de agregados (DMAsa, DMAea, DMGsa e DMGea), o que também fica evidenciado ao se observar correlação positiva entre a CH e classes de agregados de

maior diâmetro (agregados secos ao ar $> 2,0$ mm e estáveis em água da classe de $4,0 - 2,0$ mm). Além disso, quando se observa as classes de agregados que obtiveram correlação significativa, porém negativa, nota-se que são as classes de menor diâmetro médio (agregados secos ao ar $1,0 - 0,5$ mm e estáveis em água $< 0,5$ mm).

Comparando-se a CH com a densidade do solo, observa-se que quanto menor for a densidade, maior será a CH, pois se tem maior volume de poros. Os maiores valores de IEADMA para os tratamentos roçada e testemunha em comparação à dessecação (Figura 19, 0-5 cm) corroboram as correlações positivas entre CH e DMA e agregados estáveis em água (Tabela 12), assim como a redução de 15% da CH no tratamento dessecação. Por fim, quanto maior a capacidade do solo saturado em reter essa água (correlação positiva entre a CH e umidade volumétrica na tensão 0 kPa), nesse experimento observou-se que se pode inferir que é também maior a condutividade hidráulica.

4. CONCLUSÕES

1 - O uso da adubação orgânica com cama sobreposta de suínos em pomar de macieira durante dois anos aumentou a porosidade total, a microporosidade, os agregados estáveis em água entre 4-2 mm, o DMG-sa, a umidade volumétrica e diminuiu a densidade do solo em comparação aos demais tratamentos na camada de 0 – 5 cm.

2 - O uso da adubação orgânica ou com ureia comum não alterou os valores de macroporosidade e resistência à penetração, porém esses apresentaram valores inferiores de macroporosidade em relação à testemunha e de resistência à penetração em relação à ureia peletizada.

3 - As fontes de N aumentaram o DMAea, DMGea e o IEADMA em comparação à testemunha.

4 - O manejo das plantas espontâneas com roçada ou dessecação aumentou a densidade do solo em profundidade (15 – 20 cm) e diminuiu a quantidade de agregados secos ao ar da classe de 2 – 1 mm quando comparados com a testemunha.

5 - O manejo com a roçada foi responsável por apresentar a maior quantidade de agregados estáveis em água na classe >4,0 mm e o IE-ADMG, enquanto a dessecação contribuiu para a maior quantidade de agregados estáveis em água na classe <0,5 mm e o menor IEADMG.

6 - O manejo com a dessecação diminuiu o DMAea (0 – 10 cm), IEADMA (0 – 5 cm), DMGea (5 – 10 cm) e reduziu em 15% a condutividade hidráulica do solo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os atributos físicos do solo, quanto à fonte de adubação nitrogenada, apontam a ureia comum e a adubação orgânica como aqueles que apresentam as respostas mais positivas para o solo. Além disso, foi verificado nesses dois tratamentos as maiores produtividades de maçã, 29,6 e 29,0 Mg ha⁻¹, quando comparado com a testemunha e o tratamento com ureia peletizada, 22,8 e 24,8 Mg ha⁻¹, respectivamente. Para o experimento de manejo das plantas espontâneas, a roçada, tratamento que conferiu as melhores condições físicas para o solo, também propiciou a maior produtividade, 27,8 Mg ha⁻¹, 2 Mg ha⁻¹ a mais que o tratamento dessecação (25,8 Mg ha⁻¹) e 4,4 Mg ha⁻¹ a mais que a testemunha (23,4 Mg ha⁻¹).

De maneira geral, a ausência de diferenças estatísticas entre os tratamentos para alguns atributos físicos do solo, tanto no experimento com manejo das fontes de nitrogênio quanto ao manejo das espontâneas, pode ser devido ao pouco tempo entre a implantação dos tratamentos (Outubro/2011) e a coleta dos dados (Janeiro/2014). Assim, deve ser necessário um tempo maior para que os tratamentos propiciem maior influência nos atributos físicos do solo. Além disso, características inerentes ao tipo de solo, como, neste caso, a presença de um horizonte A húmico, caracterizado pelo alto teor de matéria orgânica, pode tornar mais homogêneo o efeito das fontes de nitrogênio e das plantas espontâneas, agindo lentamente sobre os atributos físicos do solo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACATE. Associação Catarinense de Empresas de Tecnologia. Agronegócio e tecnologia. Santa Catarina. Anuário 2014, 96p. Disponível em: <http://www.acate.com.br/sites/default/files/anuarioacate_0.pdf>.

ALCÂNTARA, E. N. & FERREIRA, M. M. Efeitos de métodos de controle de plantas daninhas na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sobre a qualidade física do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 711-721, 2000.

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma terra roxa estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 857-865, 2000.

ARRUDA, C. A. O.; ALVES, M. V.; MAFRA, A. L.; CASSOL, P. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; SANTOS, J. C. P. Aplicação de dejetos suíno e estrutura de um latossolo vermelho sob semeadura direta. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 804-809, jul. – ago., 2010.

BRANDÃO, E.D. & SILVA, I.F. Formação e estabilização de agregados pelo sistema radicular de braquiária em um Nitossolo Vermelho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.7, p.1193-1199, jul, 2012.

BRONICK, C. J. & LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, v. 124, p. 3-22, 2005.

CARMO, D. L.; NANNETTI, D. C.; DIAS JÚNIOR, M. S; LACERDA, T. M.; ESPÍRITO SANTO, D. J.; ALBUQUERQUE, A. D. Contribuições da vegetação espontânea nas propriedades físico-químicas de um Latossolo e na nutrição do cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 3, p. 233-241, set./dez. 2011.

CENTURION, J.F.; ROQUE, C.G.; CENTURION, M.A.P.C. ; PRADO, R.M. Manejo mecânico e cultura de cobertura na entrelinha da seringueira (PB 235 e RRIM 701) e atributos físicos de um Latossolo Vermelho no Planalto Paulista. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p. 7-13, 2004.

COMIN, J. J.; LOSS, A.; VEIGA, M.; GUARDINI, R.; SCHMITT, D. E.; OLIVEIRA, V.; ARMANDO P.; BELLI FILHO, P.; COUTO, R. R.; BENEDET, L.; MÜLLER JÚNIOR, V.; BRUNETTO, G. Physical properties and organic carbon content of a Typic Hapludult soil fertilised with pig slurry and pig litter in a no-tillage system. **Soil Research**, v. 51, p. 459-470, 2013.

CQFS - RS/SC – COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre: SBCS Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004.

DALBIANCO, L.; REICHERT, J. M.; RODRIGUES, M. F.; WINK, C.; REINERT, D.J. Relações entre a condutividade hidráulica de solo saturado e atributos físicos de uma microbacia hidrográfica. In: **VII Reunião Sul-brasileira de Ciência do Solo**, 2008, Santa Maria. Anais. Santa Maria - RS: SBCS: Núcleo Regional Sul, 2008.

DALLA ROSA J.; MAFRA, A.L.; MEDEIROS, J.C.; ALBUQUERQUE, J.A.; MIQUELUTTI, D.J.; NOHATTO, M.A.; FERREIRA, E.Z.; OLIVEIRA, O.L.P. Soil physical properties and grape yield influenced by cover crops and management systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1352-1360, 2013.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2013.

ESPANHOL, G. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, A. L.; NUNBERG, N. J.; NAVA, G. Propriedades químicas e físicas do solo modificadas pelo controle de ervas e adubação orgânica em macieira. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. VI, p. 83-94, 2007.

HATI, K. M.; MANDAL, K. G.; MISRA, A. K.; GHOSH, P. K.; BANDYOPADHYAY, K. K. Effect of inorganic fertilizer and farmyard manure on soil physical properties, root distribution, and water-use efficiency of soybean in Vertisols of central India. **Bioresource Technology**, v. 97, p. 2182-2188, 2006.

HEID, D. M.; VITORINO, A. C. T.; TIRLONI, C. HOFFMANN, N. T. K. Frações orgânicas e estabilidade dos agregados de um Latossolo vermelho distroférico sob diferentes usos. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, n. 51, p. 143-160, jan. – jun. 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades – Lavoura Permanente**. 2011. Disponível em: <http://www.ibge.com.br/>. Acesso em: 07 ago 2013.

KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In. BLACK, C.A. et al. (Eds.). **Methods of soil analysis – Part 1 – Physical and Mineralogical Analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p.499-510.

LORENSINI, F.; CERETTA, C. A.; GIROTTO, E.; CERINI, J. B.; LOUREZI, C. R.; CONTI, L.; TRINDADE, M. M.; MELO, G. W.; BRUNETTO, G. Lixiviação e volatilização de nitrogênio em um Argissolo cultivado com videira submetida à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.7, p. 1173-1179, 2012.

LUCIANO, R.V.; ALBUQUERQUE, J.A.; MAFRA, Á.L.; COSTA, A.; GRAH, J. Water storage variability in a vineyard soil in the southern highlands of Santa Catarina state. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 82-93, 2014.

MORETI, D.; ALVES, M. C.; PEROZINI, A. C.; PAZ GONZÁLES, A.; SILVA, E.C. condutividade hidráulica e resistência à penetração do solo influenciada por diferentes sistemas de manejo. **Cadernos del Laboratorio Xeolóxico de Laxe**, v. 11, p. 23-28, 2006.

OLIVEIRA, B. S. **Fontes de nutrientes e manejo de plantas espontâneas em pomar de macieira**. Dissertação (Mestrado), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

OLIVEIRA, B.S.; AMBROSINI, V.G.; LOVATO, P.E.; COMIN, J.J.; CERETTA, C.A.; SANTOS JUNIOR, E.; SANTOS, M.A.; LAZZARI, C.J.R.; BRUNETTO, G. Produção e nitrogênio no solo e na solução em pomar de macieira submetido à aplicação de fontes de nutrientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, p. 2164-2170, 2014.

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

SANTANA, M. B.; SOUZA, L. S.; SOUZA, L. D.; FONTES, L. E. F. Atributos físicos do solo e distribuição do sistema radicular de citros como indicadores de horizontes coesos em dois solos de Tabuleiros Costeiros do Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 1-12, 2006.

SCHOENHOLTZ, S. H.; VAN MIEGROET, H.; BURGER, J. A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. **Forest Ecology and Management**, Wageningen, v. 138, p. 335-356, 2000.

SILVA, M. A. S.; MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; ROSA, J. D.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 30, p. 329-337, 2006.

SOUZA, I. A.; RIBEIRO, K.G.; ROCHA, W.W.; PEREIRA, O.G.; CECON, P.R. Physical properties of a red-yellow latosol and productivity of a signalgrass pasture fertilized with increasing nitrogen doses. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1549-1556, 2013.

VEIGA, M. da. **Metodologia para coleta de amostras e análises físicas do solo**. Florianópolis: Epagri, 2011.