

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**ANÁLISE DE IMAGENS NO ESTUDO DA POROSIDADE EM LATOSSOLO
CULTIVADO COM BATATA (*Solanum tuberosum* L.) SOB DOIS SISTEMAS DE
IRRIGAÇÃO**

MARIANA REGO MONTEIRO GOMES

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp - Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU-SP
Fevereiro- 2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**ANÁLISE DE IMAGENS NO ESTUDO DA POROSIDADE EM LATOSSOLO
CULTIVADO COM BATATA (*Solanum tuberosum* L.) SOB DOIS SISTEMAS DE
IRRIGAÇÃO**

MARIANA REGO MONTEIRO GOMES

Orientadora: Prof^a Dr^a Maria Helena Moraes

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp - Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU-SP
Fevereiro- 2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO -
SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA
- LAGEADO - BOTUCATU (SP)

G633a Gomes, Mariana Rego Monteiro, 1983-
Análise de imagens no estudo da porosidade em latossolo cultivado com
batata (*Solanum tuberosum* L.) sob dois sis-. temas de irrigação. - Botucatu :
[s.n.], 2008.
vii, 51 f. : il. color., gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008
Orientador: Maria Helena Moraes
Inclui bibliografia.

1. Solo. 2. Batata. 3. Análise de imagem. 4. Ciência do solo. 5. Solos -
Porosidade. I. Moraes, Maria Helena. II. Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências
Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: "ANÁLISE DE IMAGENS NO ESTUDO DA POROSIDADE EM LATOSSOLO
CULTIVADO COM BATATA (*Solanum tuberosum* L.) SOB DOIS SISTE-
MAS DE IRRIGAÇÃO"**

ALUNA: MARIANA REGO MONTEIRO GOMES

ORIENTADORA: PROFª DRª MARIA HELENA MORAES

Aprovado pela Comissão Examinadora

m. Helena Moraes

PROFª DRª MARIA HELENA MORAES

[Signature]

PROFª DRª MARIA DE FÁTIMA GUIMARÃES

Katluce Maltoni

PROFª DRª KÁTIA LUCIENE MALTONI

Data da Realização: 01 de fevereiro de 2008.

À Deus, a meus pais, Maria e Vagner, minha irmã Carolina, minha avó Vilma, minha tia Gina e ao meu noivo Guilherme, que me incentivaram e apoiaram na realização deste trabalho.

DEDICO E OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

À professora Maria Helena Moraes, pelos ensinamentos, orientação, apoio e amizade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Miguel Cooper da Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz” (ESALQ), pela disponibilidade do laboratório de micromorfologia, e ao seu técnico Anderson pela ajuda na confecção das lâminas.

Ao Silvio e Silvinho do Setor de Fotografia da Universidade Estadual Paulista – Campus Rubião Júnior.

A professora Magali Leonel do Centro de Amidos e Raízes Tropicais (CERAT), pela disponibilidade do laboratório de microscopia e ao Ataliba pela colaboração na análise das lâminas.

Aos funcionários do Departamento de Recursos Naturais, Roberto, Jair, Hélio, Sônia e Noel pelo auxílio nas atividades desenvolvidas.

Aos Colegas, Carla, Simério, Rafael e Inocêncio pelo auxílio e amizade.

A todos que de algum modo contribuíram para a realização deste trabalho.

Obrigada.

SUMÁRIO

| | Página |
|---|---------------|
| 1.RESUMO..... | 1 |
| 2.SUMMARY..... | 3 |
| 3. INTRODUÇÃO..... | 5 |
| 4. REVISÃO DE LITERATURA..... | 7 |
| 4.1 Cultura da batata..... | 7 |
| 4.2 Sistemas de irrigação..... | 9 |
| 4.3 Resistência do solo a penetração..... | 11 |
| 4.4 Densidade do solo..... | 12 |
| 4.5 Análise de imagens..... | 13 |
| 4.6 Matéria orgânica..... | 14 |
| 5. MATERIAL E MÉTODOS..... | 18 |
| 5.1 Localização da área..... | 18 |
| 5.2 Histórico da área..... | 20 |
| 5.3 Avaliações..... | 20 |
| 5.3.1 Matéria orgânica..... | 20 |
| 5.3.2 Densidade do solo..... | 21 |
| 5.3.3 Resistência do solo à penetração..... | 21 |
| 5.3.4 Porosidade..... | 22 |
| 5.3.4.1 Macroporosidade..... | 23 |
| 5.3.4.2 Análise de lâminas delgadas..... | 24 |
| 5.3.5 Análise estatística..... | 25 |
| 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 25 |
| 6.1 Matéria orgânica..... | 25 |
| 6.2 Densidade do solo..... | 26 |
| 6.3 Umidade..... | 28 |

| | |
|---|----|
| 6.4 Resistência do solo a penetração..... | 29 |
| 6.5 Macroporosidade..... | 31 |
| 6.6 Porosidade Total..... | 37 |
| 7 CONCLUSÕES..... | 42 |
| 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 44 |

LISTA DE TABELAS

| | Página |
|--|---------------|
| Tabela 1 Caracterização granulométrica e argila dispersa em água para os | |
| Tabela 2 tratamentos e camadas estudados..... | 19 |
| Tabela 3 Densidade do solo (kg dm^{-3}) para os tratamentos e camadas estudados... | 26 |
| Tabela 4 Análise de variância para os valores de umidade..... | 27 |
| Tabela 5 Valores médios de umidade do solo (m m^{-3}) para os tratamentos e | |
| camadas estudados..... | 27 |
| Tabela 6 Análise de variância para os valores de matéria orgânica..... | 29 |
| Tabela 7 Teores médios de matéria orgânica (g dm^{-3}) para os tratamentos e | |
| camadas estudados..... | 29 |
| Tabela 8 Análise de variância para os valores de resistência do solo a penetração. | 30 |
| Tabela 9 Análise de variância para os valores de macroporosidade..... | 31 |
| Tabela 10 Porcentagem de macroporos para as áreas e camadas estudadas..... | 32 |
| Tabela 11 Classificação dos poróides quanto a sua forma..... | 37 |
| Tabela 12 Classificação dos poróides quanto a sua classe..... | 38 |

LISTA DE FIGURAS

| | Página |
|---|---------------|
| Figura 1 Gabarito utilizado para medição da resistência do solo à penetração na área de pastagem..... | 21 |
| Figura 2 Coleta com caixa de papel cartão de 0,10- 0,20 m na área de pastagem..... | 22 |
| Figura 3 Coleta com amostrador de PVC de 0,20-0,30 m na área de plantio com irrigação via canhão..... | 22 |
| Figura 4 Bomba a vácuo e dessecador utilizados na impregnação das amostras..... | 24 |
| Figura 5 Gráfico de resistência do solo a penetração nas quatro áreas estudadas..... | 30 |
| Figura 6 Imagens binarizadas do tratamento mata nas camadas 0-0,10 m (A); 0,10-0,20 m (B) e 0,20-0,30 m (C)..... | 33 |
| Figura 7 Imagens binarizadas do tratamento pastagem nas camadas 0-0,10 m (A), 0,10-0,20 m (B) e 0,20-0,30 m (C)..... | 34 |
| Figura 8 Imagens binarizadas do tratamento CCP nas camadas 0-0,10 m (A); 0,10-0,20 m (B) e 0,20-0,30 m (C)..... | 35 |
| Figura 9 Imagens binarizadas do tratamento CCC nas camadas 0-0,10 m (A); 0,10-0,20 m (B) e 0,20-0,30 m (C)..... | 36 |
| Figura 10 Lâminas delgadas do tratamento mata das camadas 0-0,10 m (A); 0,10-0,20 m (B) e 0,20-0,30 m (C)..... | 40 |
| Figura 11 Lâminas delgadas do tratamento pastagem das camadas 0-0,10 m (A); 0,10-20 m (B) e 0,20-0,30 m (C)..... | 40 |
| Figura 12 Lâminas delgadas do tratamento CCC das camadas 0-0,10m (A); 0,10-0,20 m (B) e 0,20-0,30 m (C)..... | 41 |
| Figura 13 Lâminas delgadas do tratamento CCP das camadas 0-0,10 m (A); 0,10-0,20 m (B) e 0,20-0,30 m (C)..... | 41 |

ANÁLISE DE IMAGENS NO ESTUDO DA POROSIDADE EM LATOSSOLO CULTIVADO COM BATATA (*Solanum tuberosum* L.) SOB DOIS SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO. Botucatu, 2008. 51f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Agricultura) Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Autora: MARIANA REGO MONTEIRO GOMES

Orientadora: MARIA HELENA MORAES

1 RESUMO

A cultura da batata requer especial atenção no preparo do solo, sendo necessário descompactar o solo antes do plantio a fim de que se proporcione uma estrutura adequada para permitir o crescimento das raízes e para que não ocorra o acúmulo de água. A estrutura condiciona o arranjo das partículas que, por sua vez, determina a distribuição dos poros. O monitoramento da qualidade do solo é necessário e pode ser realizado mediante avaliação dos seus atributos físicos, que são importantes para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. O emprego da técnica de análise de imagens permite o estudo de amostras de solo não deformadas e a identificação dos constituintes elementares e suas associações. Este trabalho teve por objetivo avaliar e quantificar, por meio da análise de imagens, as modificações na porosidade de um Latossolo Vermelho, no município de Paranapanema, no estado de São Paulo, cultivado com batata sob dois manejos de irrigação. Os tratamentos foram constituídos de: cultivo convencional de batata, em produção agrícola a três anos, irrigado via pivô central (CCP), cultivo convencional de batata, em produção agrícola a três anos, irrigado via canhão (CCC) e, como referência da estrutura do solo, foram utilizadas, também, as áreas de pastagem e mata nativa. Nas áreas de cultivo empregava-se a rotação de culturas com feijão/batata/milho/batata na área CCP e feijão/trigo/milho/batata na área CCC.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com três repetições. As amostras de solo foram coletadas na linha da batata, antecedendo a colheita, nos meses de setembro e outubro de 2006. Três amostras deformadas foram retiradas em cada área para análise química do solo. Para avaliação da resistência do solo à penetração, da porosidade e da densidade do solo, foram abertas três trincheiras de 1,00m x 0,50m em cada parcela. Para a interpretação dos dados de porosidade, obtidos das lâminas delgadas de solo, utilizou-se o programa KS 300 da Zeiss. Todos os dados foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. O sistema de preparo convencional, associado à irrigação por aspersão do tipo autopropelido, canhão e pivô central, promove grande desestruturação do solo, contribuindo para uma maior suscetibilidade à erosão. No sistema de irrigação por aspersão do tipo autopropelido canhão a alta intensidade de aplicação de água causa maior desestruturação em comparação à irrigação por aspersão do tipo pivô central. Nas áreas irrigadas por aspersão do tipo autopropelido canhão e pivô central a macroporosidade é maior em decorrência da formação de grandes fissuras que não têm ligação entre si e não favorecerão a infiltração da água no solo. Na área de pastagem, apesar da menor macroporosidade, a infiltração de água deverá ser favorecida pela presença dos poros tipo canais resultantes da atividade das raízes. A análise das lâminas delgadas evidenciou a predominância de poros arredondados médios, nas áreas de plantio, mata e pastagem. O uso prolongado do solo sob pastagem promoveu diminuição da macroporosidade e aumento da densidade do solo e da resistência do solo à penetração ao longo do perfil. A análise de imagens permitiu a diferenciação entre as áreas de plantio, mata e pastagem e o detalhamento da porosidade do solo.

Palavras chave: solo, propriedades físicas, densidade do solo.

IMAGE ANALYSIS FOR POROSITY STUDY OF A LATOSSOL CULTIVATED WITH POTATO (*Solanum tuberosum* L.) UNDER TWO IRRIGATION SYSTEMS.

Botucatu, 2008. 51f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: MARIANA REGO MONTEIRO GOMES

Adviser: MARIA HELENA MORAES

2 SUMMARY

Potato crop requires special attention to soil preparation, there being necessary soil decompaction before sowing, so that there could be a suitable structure to allow root growth and for the water accumulation not to occur. The structure limits the arrangement of the particles that, as well, determines pore distribution. The monitoring of soil quality is necessary and it can be done through the evaluation of its physical attributes, which are important for the sustainability of the crop systems. The use of the technique consisted of image analysis allows the study of undisturbed samples of soil and the identification of the elementary components and their associations. The research had as objective to evaluate and quantify, through image analysis, the modifications in porosity of a Red Latossol in the city of Paranapanema, state of São Paulo, cultivated with potato under two irrigation systems. The treatments consisted of the following: conventional cropping system of potato, in crop production for 3 years, irrigated by a center pivot (CCP); conventional cropping system of potato, in crop production for 3 years, irrigated by a gun sprinkler (CCC), natural pasture and native forest. In the crop areas, rotation crop system was used. The completely randomized design was used, with three replications. The samples of soil were collected in the potato row before harvest, in the months of September and October of 2006. Three disturbed samples

were collected from each plot for soil chemical analysis. Three trenches with 1,00m x 0,50m were open in each plot to evaluate soil penetration resistance, porosity and density. For the interpretation of the porosity data, obtained from the thin sections, the program KS 300 Zeiss was used. All data obtained was submitted to the Tukey test at a probability level of 5%, using the SISVAR program. The conventional cropping system associated to sprinkler irrigation using a gun sprinkler and traveler irrigation machine and to a center pivo promote high soil degradation, contributing to erosion susceptibility. In the sprinkler irrigation using a gun sprinkler and traveler irrigation machine, the high intensity of water supply promotes higher degradation compared to sprinkler irrigation using a center pivo. In the areas where irrigated sprinkler irrigation using a gun sprinkler and traveler irrigation machine and a center pivot were used, macroporosity was higher due to formation of large fissures that do not have connection between each other will not favor water infiltration into soil. In the area with natural pasture, despite of the lower macroporosity, water infiltration should be favored by canal pores due to root activity. The thin sections analysis indicated predominance of round average pores, in the crop areas, forest and natural pasture. The extended use of soil under pasture resulted in decrease of total porosity and increase of soil density and soil penetration resistance. The image analysis allowed the areas of cropping, forest and natural pasture to be differentiated from each other; besides, it showed the details of soil porosity.

Keywords: soil, physical properties, soil density.

3 INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma espécie originária dos Andes na América do Sul. Das espécies cultivadas, comercialmente, apenas *Solanum tuberosum* é extensivamente cultivada em todo o mundo. Hoje, a batata possui um grande significado na dieta humana: nutricionistas da FAO afirmam que uma dieta composta de batata e leite poderia suprir, em caráter de emergência, todos os nutrientes de que o organismo humano precisa para se manter. Atualmente, a batata é o 4º alimento mais consumido no mundo, após arroz, trigo e milho. Uma plantação saudável de batata pode ser limitada pela competição com plantas invasoras, pragas, nematóides, doenças e fatores ambientais. Esses últimos estão associados ao solo, água, temperatura, luz, qualidade do ar ou nutrição mineral.

Devido as suas características, a cultura da batata requer especial atenção no preparo do solo, porém, devido às condições de clima e solo do Brasil, este preparo, quando excessivo, é prejudicial à sustentabilidade da produção agrícola. O sistema radicular da batata é frágil, por isso é necessário que haja uma descompactação do solo antes do plantio a fim de que se proporcione uma estrutura adequada que permita o crescimento das raízes e para que não ocorra o acúmulo de água. É importante observar a umidade do solo

para evitar a formação de torrões, garantindo um bom preparo, sem que haja a necessidade de um repasse. Os torrões e as pedras reduzem o contato entre as raízes e o solo, prejudicando o desenvolvimento das plantas e causando deformações no tubérculo, e o acúmulo de água causa podridão do mesmo. Uma boa estrutura melhora a permeabilidade do solo a água, dá melhores condições de aeração e penetração de raízes. A água é retida no solo em seus poros, devido a fenômenos de capilaridade e adsorção. A textura determina a área de contato entre as partículas sólidas e a água e as proporções de poros de diferentes tamanhos. A estrutura condiciona o arranjo das partículas que, por sua vez, determina a distribuição de poros.

De modo geral se recomenda um preparo de solo com aração e gradagem até 30 cm de profundidade para o plantio de batata . A aração visa enterrar os restos culturais, controlar plantas daninhas e “cortar o solo”, revolvendo-o, tornando-o mais solto, permeável, menos compactado, aerado, permitindo melhores condições de desenvolvimento das plantas de batata. A gradagem destorroa e nivela o solo arado. Muitas vezes, o preparo do solo é feito apenas com a enxada rotativa, dependendo da condição de desagregação desejada. A desagregação e a distribuição dos agregados no perfil do solo precisam ser adequadas à cultura, épocas de preparo do solo e de plantio, quantidade e disponibilidade de água, teor de matéria orgânica e suscetibilidade do solo à erosão.

O monitoramento da qualidade do solo é necessário e pode ser realizado mediante avaliação dos seus atributos físicos, que são importantes para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. A micromorfologia é uma técnica muito útil no estudo da gênese do solo e na avaliação e no monitoramento de diversas práticas agrícolas. Com o auxílio das técnicas de processamento e análise digital de imagens, a micromorfologia é capaz de fornecer resultados de porosidade com precisão, além de possibilitar a visualização das alterações estruturais causadas pela compactação e adensamento. O uso de técnicas de análise de imagens nos estudos quantitativos e qualitativos de estrutura do solo tem se tornado mais comum, com maior acesso a equipamentos e programas, e maior número de pesquisadores na área. Essas técnicas, associadas à micromorfologia, permitem o estudo quantitativo de modificações estruturais em amostras indeformadas.

Este trabalho objetivou avaliar pela análise de imagens as alterações na porosidade de um Latossolo cultivado com batata.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Cultura da batata

A batata (*Solanum tuberosum* L.), também conhecida como batatinha ou batata inglesa, é nativa da Cordilheira dos Andes (América Latina). Foi introduzida por volta de 1570 na Europa e 1620 na América do Norte. No Brasil, o cultivo mais intenso da batata, juntamente com outras hortaliças, iniciou-se na década de 20, no cinturão verde de São Paulo. Hoje, as regiões Sul e Sudeste são as principais produtoras.

Sua produtividade é afetada pela temperatura; as temperaturas diárias médias ótimas se situam entre 18 e 22°C. Geralmente, são necessárias noites com temperatura menor que 15°C para a formação de tubérculos, que é praticamente inibida a temperaturas menores que 10°C ou maiores que 30°C. A batata exige um solo bem drenado e arejado.

Comumente, os bataticultores utilizam sistemas de preparo que mobilizam intensamente a camada superficial do solo, favorecendo a degradação e a erosão, causando prejuízos econômicos e comprometendo a competitividade da cultura

(BOLLER et al., 2003). Com frequência, o cultivo da batata é feito em solo de moderada a alta declividade que, sendo intensamente preparado, pode ser erodido. Neste caso, as taxas de infiltração de água, porosidade, aeração e capacidade de retenção de água ficam reduzidas, dificultando a obtenção de alta produtividade de batata (RACHAWAL; DEDECEK, 1996).

O desenvolvimento das raízes da batata é superficial (45 - 60 cm), ocorrendo a maior proporção até 30 cm de profundidade. A pouca profundidade das raízes é atribuída à fragilidade das mesmas em penetrar camadas compactadas ou outras camadas restritivas. A compactação do solo, devido ao tráfego de máquinas, pode restringir a penetração das raízes da batata sendo, normalmente, influenciada pelo conteúdo de umidade do solo no momento da operação de mecanização (GUIMARAES; BETTINNI, 2001).

Durante o estágio vegetativo, a cultura é sensível a variações de umidade do solo. Períodos de falta de água, moderados, podem resultar em decréscimo de produtividade de tubérculos ou mesmo de sua qualidade (REICHARDT, 1990). Por esse motivo, a produção de batata depende de um adequado suprimento e fornecimento de água para as raízes. A água é o maior constituinte das plantas de batata, totalizando de 90-95% dos tecidos verdes e de 75-85% dos tubérculos. Ela é importante em muitos processos fisiológicos necessários para o crescimento e desenvolvimento e, é fonte de carbono, oxigênio e hidrogênio. Um terço (em peso) dos carboidratos e proteínas, nos tecidos das plantas, é derivado dos constituintes químicos presentes na água (CURWEN, 1993).

A elevada exigência hídrica da cultura da batata, associada a elevados custos de produção e alto risco da atividade, faz com que a irrigação seja prática indispensável para a obtenção de produtividade elevada.

Dentre as propriedades físicas do solo, a estrutura é afetada pelo manejo e pode ser analisada segundo variáveis relacionadas à sua forma e ou à sua estabilidade (ALBUQUERQUE et al., 1995). De modo geral, com o aumento da intensidade de cultivo, tem sido observada alteração no tamanho dos agregados do solo, incremento na densidade do solo, redução da porosidade total e aumento da resistência do solo à penetração (ALBUQUERQUE et al., 1995; ALVARENGA; DAVIDE, 1999; ANJOS et al., 1994; D'ANDREA, 2001). Silva (2005) observou, em solos sob cultivo convencional de batata, aumento da densidade do solo, redução do volume total de poros e redução da resistência à penetração nas camadas mais superficiais. Estudos relacionando atributos físicos do solo e

aspectos de qualidade e produtividade de tubérculos de batata inglesa, em Latossolos e Cambissolos, desenvolvidos por Rachwall e Dedecek (1996), mostraram que a deficiência de aeração e a porosidade efetiva correlacionaram-se negativamente com a produção de tubérculos rachados.

4.2 Sistemas de irrigação

De modo geral, ao iniciar um projeto de irrigação deve-se ter em mente: aumentar a produção, economizar trabalho e água, minimizar a deterioração da estrutura do solo e a perda de nutrientes (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006). Práticas adequadas de manejo de irrigação são imprescindíveis para minimizar os custos de investimento, operação e manutenção e ainda, garantir a sustentabilidade dos sistemas hidroagrícolas com economia de água (BARRETO; FACCIOLI; SILVA, 2004).

Tradicionalmente, os métodos mais utilizados para a irrigação da cultura da batata são a aspersão convencional, os canhões autopropelidos e pivô central. Apesar de possuírem relativa eficiência de irrigação, algumas consequências negativas decorrem do seu uso como aplicação excessiva e desperdício de água e lixiviação de nutrientes no perfil do solo, reduzindo a eficiência das fertilizações e o molhamento da parte aérea das plantas.

No Brasil, a irrigação por aspersão via pivô central e autropropelido, são as mais utilizadas, com mais de 90% das áreas totais de batata irrigadas. O método de irrigação por aspersão apresenta uma variedade enorme de tipos de equipamentos, desde o mais simples, como canos perfurados, até os mais modernos, como os sistemas mecanizados de funcionamento totalmente automático.

No sistema de aplicação por aspersão, a água é aplicada ao solo na forma de uma chuva artificial, através do fracionamento do jato em um número enorme de gotas de água que se espalham no ar, caindo sobre o solo. Essas gotas possuem pequeno diâmetro e são projetadas na forma de nevoeiro. Este fracionamento é obtido pelo fluxo da água sob pressão através de pequenos orifícios. A pressão é normalmente conseguida pelo

bombeamento da água através da canalização até os aspersores para a pulverização do jato d'água (OLLITA, 1940).

O sistema de irrigação por aspersão do tipo autopropelido (canhão) é movimentado por energia hidráulica, sendo composto por um canhão hidráulico (aspersor canhão), montado sobre uma plataforma que se desloca sobre o terreno, irrigando-o simultaneamente. Esse sistema permite irrigar as mais variadas culturas. As gotas de água resultantes deste sistema de irrigação apresentam diâmetros maiores do que as gotas projetadas no sistema pivô central

Tem como principais vantagens a mobilidade e versatilidade do equipamento, a facilidade de operação, a menor quantidade de tubos e acessórios, o fato de não exigir sistematização da área a ser irrigada, o maior rendimento operacional, a menor perda de áreas com canais e a menor quantidade de mudanças e transporte de máquina e moto-bomba (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2007). Suas limitações se resumem ao alto consumo de energia e à alta intensidade de aplicação (vazão do canhão), que pode provocar problemas de degradação do solo (BARRETO; FACCIOLI; SILVA, 2004).

O sistema de irrigação por aspersão do tipo pivô central é um sistema de movimentação circular, movido por energia elétrica que possui uma linha lateral de 200 a 800 metros suspensa por uma estrutura formada por torres dotadas de rodas, triângulos e treliças. Seu sistema de propulsão promove movimento de rotação da linha em torno de um ponto pivô que lhe serve de tomada de água e ancoragem.

As principais vantagens desse sistema são economia de mão-de-obra, a manutenção do alinhamento e da velocidade em todas as irrigações, o retorno do sistema ao ponto inicial após completar uma irrigação e a boa uniformidade de aplicação. As principais desvantagens são as altas intensidades de aplicação na extremidade da linha do pivô, e a perda de até 20% da área irrigada, quando a área não é circular (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2007).

O impacto da gota de água sobre o solo é conhecido como erosão por embate. Este processo causa um fenômeno conhecido como salpicamento, que consiste basicamente no arremesso das partículas destacadas do solo a distâncias que podem chegar a 1,5m (BERTONI; LOMBARDI, 1990).

O impacto de gotas providas da irrigação por aspersão sobre um Latossolo Vermelho Escuro, avaliado por Vilela (1995), resultou no aumento do número de agregados menores que de 0,5 mm, devido a redução dos agregados maiores a tamanhos menores, causado pelo embate das gotas.

Quanto mais arenosa for a textura do solo, maior será a vantagem do uso da irrigação por aspersão, pois solos arenosos e franco-arenosos possuem grande capacidade de infiltração de água, o que ocasiona percolação quando se usa da irrigação por superfície (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

4.3 Resistência do solo à penetração

A qualidade física do solo para o crescimento das plantas é determinada não só pela disponibilidade de água, aeração e temperatura, mas também pela resistência que a matriz do solo oferece à penetração das raízes (HAMBLIN, 1985; LETEY, 1985).

A resistência do solo à penetração quantifica a resistência mecânica do solo a deformação imposta por uma força vertical qualquer. Esta resistência está diretamente relacionada com a umidade do solo, havendo entre elas uma relação inversamente proporcional, ou seja, quanto menor a umidade, maior será a resistência à penetração do solo. Isto ocorre porque, à medida que o solo seca, as forças de coesão se tornam maiores, havendo concentração dos agentes cimentantes na solução do solo.

A variabilidade espacial, horizontal e vertical de diversas propriedades do solo, inclusive da resistência a penetração, é dependente de fatores de formação do solo e de fatores relacionados ao manejo do solo (SOUZA et al., 2001).

Araújo, Tormena e Silva (2004), avaliando propriedades indicadoras da qualidade física do solo em um Latossolo Vermelho Distroférrico cultivado e sob mata nativa, verificaram que a área cultivada apresentou maiores valores de resistência a penetração (RP) do que a sob mata nativa. No solo sob mata, os valores de RP atingiram níveis considerados críticos ao crescimento das raízes ($RP \geq 2,0$ MPa), somente para conteúdos de água muito baixos e em valores de densidade do solo elevados.

A comparação de diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Vermelho, estudado por Encide (2005), mostrou que o sistema de manejo mata, apresentou maiores valores de resistência à penetração do que as áreas de sistema de semeadura direta e preparo convencional.

Os atributos físicos de duas áreas de pastagens, uma recuperada e outra degradada, comparados por Moreira et al. (2005), evidenciaram que a degradação da pastagem de braquiária resultou no aumento da densidade do solo e da sua resistência à penetração, bem como na redução da sua porosidade total.

Em trabalho realizado em um Latossolo Vermelho Eutroférico cultivado com cana de açúcar, Souza et al. (2005) observaram valores de resistência do solo a penetração considerados restritivos ao desenvolvimento do sistema radicular. Segundo Grant e Lafond (1993), valores compreendidos entre 1,5 e 3,0 MPa são considerados críticos e dificultam o desenvolvimento radicular das culturas.

A exploração eficiente do solo pelas raízes depende da adequada extensão das mesmas, a qual pode ser impedida por diversos fatores do solo, incluindo toxidez química, deficiência nutricional, condições anaeróbicas ou falta de água. Na ausência desses fatores a extensão da raiz irá depender da resistência e da estrutura do solo. As raízes podem penetrar diretamente na matriz do solo ou, alternativamente, podem usar os espaços macroporosos como um meio de extensão. Segundo Vieira e Muzilli (1995), os efeitos diferenciados sobre os atributos físicos, devido ao tipo de preparo de solo adotado em cada sistema de manejo, são dependentes da intensidade de revolvimento, do trânsito de máquinas, do tipo de equipamento utilizado, do manejo dos resíduos vegetais e das condições de umidade do solo no momento do preparo. A relação entre o manejo e a qualidade do solo pode ser observada pela avaliação das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. O efeito do manejo sobre as propriedades físicas do solo é dependente da sua textura e mineralogia, as quais influenciam a resistência a determinada prática agrícola (SEYBOLD et al., 1999).

4.4 Densidade do solo

A densidade do solo é a relação entre a massa do corpo poroso, o solo, e seu volume (LIBARDI, 2005).

A densidade do solo é um atributo que é afetado pela estrutura do solo, grau de compactação, manejo e tipo de cultura (AMÉRICO, 1979). A maioria das culturas é afetada quando a densidade do solo ultrapassa $1,5 \text{ Kg.dm}^{-3}$, principalmente pela falta de oxigênio para respiração radicular, devido a baixa porosidade e má drenagem, e por impedimento mecânico para o crescimento das raízes, limitando-se à zona de absorção de água e nutrientes (SOUZA; COGO; VIEIRA, 1997). A camada superficial dos solos sob mata e pastagem, de modo geral, exibe baixos valores de densidade, ao passo que aqueles submetidos a cultivos contínuos mostram comumente densidades mais elevadas (ANDRADE et al., 2005).

Klein e Libardi (2002) trabalhando com um solo argiloso, detectaram valores de densidade do solo significativamente maiores, até a profundidade de 40 cm, no sistema plantio direto irrigado em comparação ao plantio direto sequeiro, decorrentes da pressão provocada pelo trânsito de máquinas e implementos agrícolas, em solo com teores elevados de água.

A influência dos sistemas de preparo do solo sobre atributos físicos de um Argissolo Vermelho foi estudada por Silva et al. (2005). Os autores observaram que o incremento da densidade do solo acompanhou a redução dos teores de matéria orgânica.

O efeito de diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Vermelho, foi avaliado por Souza, Carneiro e Paulino (2005), que verificaram que a densidade do solo apresentou aumento nas áreas que sofreram ação antrópica, não tendo sido observada diferença significativa no fator profundidade, com exceção da pastagem.

Mitsuik (2006), estudando diferentes sistemas de manejos, observou que com o preparo do solo, houve redução da densidade da área cultivada, quando comparada à pastagem a uma profundidade de 15 cm.

A análise de dois sistemas de rotação de culturas em um Latossolo Vermelho, independentemente da rotação de plantas utilizadas, mostrou que as amostras superficiais do solo apresentaram menores densidades do solo em relação às subsuperficiais. (FONSECA et al., 2007),

A produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto, usando diferentes rotações de pastejo, avaliada por Spera et al. (2004), mostrou que nos sistemas de produção sob pastagem houve um aumento da densidade do solo e menores valores de

porosidade total e na floresta subtropical, menores valores de densidade e maiores valores de porosidade total e macroporosidade.

4.5 Matéria orgânica

Embora um solo produtivo seja composto de menos que 5% de matéria orgânica esta determina, em grande parte, a produtividade do solo. Serve como uma fonte de alimento para microrganismos, por meio de reações químicas e influencia as propriedades físicas do solo. O acúmulo de matéria orgânica no solo é influenciado, fortemente, pela temperatura e pela disponibilidade de oxigênio.

A influência da matéria orgânica na agregação do solo é um processo dinâmico, sendo necessário o acréscimo contínuo de material orgânico para manter a estrutura adequada ao desenvolvimento das plantas (WOHLENBERG et al., 2004), bem como a distribuição do espaço poroso do solo, parâmetro afetado pela matéria orgânica.

Souza e Alves (2003), estudando um Latossolo Vermelho sob diferentes usos e manejos, observaram que os sistemas cerrado, semeadura direta e cultivo mínimo apresentaram os maiores valores médios de matéria orgânica, o sistema preparo convencional apresentou valor intermediário e os sistemas seringueira e pastagem tiveram os menores valores, nas três profundidades estudadas. Nesses dois sistemas ocorreu redução substancial nos teores de matéria orgânica, em relação aos demais, provavelmente pelo uso e manejo inadequados e essa mesma redução foi observada em profundidade.

O comportamento físico hídrico de um Latossolo Vermelho Amarelo, analisados por Carvalho, Figueiredo e Costa (1999) mostrou redução dos teores de matéria orgânica, em profundidade. Tal comportamento foi evidente da camada superficial para a subsequente, devido a deposição superficial de resíduos animais e vegetais que a matéria orgânica representa, bem como pela natureza superficial das raízes da maioria dos vegetais, resultando em um teor mais elevado de matéria orgânica na superfície.

4.6 Análise de imagens

O monitoramento da qualidade do solo pode ser realizado empregando-se a micromorfologia, que é uma técnica de estudo de amostras não deformadas de solo e de rochas que permite, com a ajuda de técnicas microscópicas, identificar os constituintes elementares e as diversas associações destes (esqueleto, plasma, nódulos, etc.), além de permitir precisar as suas relações mútuas no espaço e, muitas vezes, no tempo (FILIZOLA; GOMES, 2004). Esta técnica descreve o arranjo dos constituintes do solo e identifica os processos responsáveis pela sua formação e transformação, bem como explica algumas de suas particularidades ou feições (formação de crostas, modificações do espaço poroso pelas técnicas agrícolas, etc.). A extensão, formato, tamanho e conectividade dos macroporos, interferem na maneira como o solo será explorado pelas raízes durante seu crescimento (RINGROSE-VOASE, 1996).

Apesar de ser uma técnica de laboratório, não é possível separá-la do estudo prévio de campo, constituindo uma técnica complementar, assim como as análises químicas, físicas e mineralógicas utilizadas em complementação aos trabalhos de campo. Ela é uma ferramenta que permite observar os componentes estruturais do solo na sua forma natural, possibilitando melhor visualização do comportamento da estrutura e do espaço poroso do solo, em áreas sob processo de degradação.

Os primeiros trabalhos que utilizaram análises de imagens nos estudos da estrutura e dimensão de macroporos no solo obtinham imagens em primeira e segunda dimensão. Ringrose-Voase e Bullock (1984) descreveram um sistema chamado ANOPOR, o qual alocava planos individuais vistos em segunda dimensão como resultado de espaços porosos seccionados em imagens de classe de formas de poros. Porém, este sistema não podia ser utilizado quando o espaço poroso estava altamente associado à imagem 2-D, porque não contava com o espaço poroso que existia em discretos planos de poros seccionados. Devido a esse empecilho foi desenvolvido o sistema ANOSOL (RINGROSE-VOASE, 1990), o qual permite a quantificação de dados obtidos por qualquer imagem da estrutura do solo. Este sistema é baseado em imagens de primeira dimensão, usando linhas de interceptação através da estrutura, permitindo o estudo de componentes como espaços poroso e sólido do solo.

A macroporosidade é um importante indicador do espaço disponível para a elongação de raízes e a circulação de água e ar na capacidade de campo do solo (BULLOCK; THOMASSON, 1979). O conhecimento detalhado da geometria dos espaços porosos pode ser útil para o melhor entendimento de como as raízes exploram o solo (RINGROSE-VOASE, 1996). Nesse sentido, a análise de imagens tem sido utilizada para estudar o efeito de variados sistemas de cultivo sobre a estrutura do solo.

A continuidade horizontal e vertical dos poros do solo é uma característica importante da estrutura do solo, influenciando as taxas de infiltração e os processos de aeração. Os poros de empacotamento que resultam da aproximação de grãos de material grosseiro ou agregados são irregulares, orientados ao acaso e fortemente interconectados. As cavidades são relativamente grandes, com formas esféricas e alongadas às vezes irregulares, não estando interconectados com outros. Os canais são alongados, com formas mais ou menos cilíndricas, paredes relativamente lisas, diâmetro praticamente constante na maior parte do seu comprimento e bastante interconectados com outros poros. As câmaras são poros cavitários, interconectados por canais. As vesículas são poros semelhantes as cavidades com paredes alisadas e forma bem arredondada e regular. As fissuras possuem um dos seus eixos geométricos muito menor que os outros dois, paredes irregulares sendo formados pela contração do solo (CASTRO et al., 2003)

Souza et al. (2006), estudando a micromorfologia de um Latossolo Vermelho Eutroférico cultivado com cana de açúcar e sua relação com os atributos físicos do solo, por meio de observações microscópicas das lâminas delgadas, constataram diferenças na geometria do espaço poroso, em consequência de alterações causadas pelo manejo. Os valores médios da densidade do solo observados foram de 1,38 a 1,41 kg dm⁻³. Segundo Arshad et al. (1996), valores acima de 1,40 kg dm⁻³ restringem o crescimento radicular em solo argiloso.

O estudo de bioporos, em pomar de laranja, realizado por Lima et al. (2005) mostrou maior porosidade total na área de mata, sendo todos os poros oriundos de atividade biológica, quando comparado ao pomar de laranja.

A avaliação das alterações na macroporosidade de um Latossolo Vermelho, submetido ao cultivo de café, milho e eucalipto, resultou na formação de fissuras paralelas na superfície (0,10 - 0,15m) na área com milho. Nas áreas cultivadas com café e

eucalipto, a distribuição de poros mostrou-se homogênea, com a predominância de câmaras e cavidades na área com eucalipto e cavidades e canais na área com café (MORAES, 2006).

A análise de imagens de blocos de um Latossolo Vermelho sob semeadura direta, preparo convencional e mata, feita por Encide (2005), mostrou que a área de mata apresentou a maior porcentagem de macroporos, 17,74%, enquanto o preparo convencional e semeadura direta 10,10% e 7,14%, respectivamente.

Soares, Espindola e Castro (2005), estudando uma seqüência topográfica de um Latossolo, em área cultivada com citrus, observaram pela análise das lâminas delgadas de solo a presença de estruturas modificadas pelo uso agrícola, em subsuperfície, com alterações estruturais observadas pela modificação na geometria dos poros, surgindo poros planares, bem como estruturas em blocos.

A ocorrência de compactação na camada superficial do solo, dá origem aos poros denominados fissuras ou planares, os quais promovem grande redução na taxa de infiltração de água (SOARES, ESPINDOLA ; PEREIRA, 2005). Lima et al. (2005) e Pagliai (1987) citam os poros fissurais como indicativos de processos de estresse físico do solo. De acordo com Mermut (1992), fissuras apresentando formas alongadas, curvadas e acomodadas, caracterizam processos de umedecimento e secagem do solo.

Souza et al. (2006), associam a presença de poros arredondados com menor condução de água ao longo do perfil, em razão da provável baixa conectividade entre esses poros, enquanto poros complexos contribuem de forma inversa para a infiltração de água no solo (COOPER, 1999; FOX; BRYANT; FOX, 2004).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização da área

O trabalho foi realizado na Fazenda Bananal, no município de Paranapanema, no estado de São Paulo, localizado à latitude 23° 23' 19" S e longitude 48° 43' 22" W, a 610 metros de altitude. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, textura média (OLIVEIRA, 1999), apresentando relevo plano, com declividade média de 2%. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical úmido (Cwa), com inverno seco e verão chuvoso. Na Tabela 1 encontra-se a caracterização granulométrica e de argila dispersa em água para os tratamentos e camadas estudados.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e três repetições.

As avaliações foram realizadas em áreas distintas, porém apresentando a mesma classe de solo, não sendo separadas em parcelas; as amostras foram coletadas, aleatoriamente, em área total. As áreas selecionadas para o estudo apresentavam quatro sistemas de manejo: pastagem, mata, cultivo de batata irrigado via pivô central e cultivo de batata irrigado via canhão.

O trabalho foi constituído pelos seguintes tratamentos: cultivo convencional de batata, em produção agrícola há três anos, irrigado via pivô central (CCP), cultivo convencional de batata, em produção agrícola há três anos, irrigado via canhão (CCC), pastagem, estabelecida há dez anos e mata nativa. Nas áreas sob cultivo empregava-se a prática de rotação de culturas.

Tabela 1. Caracterização granulométrica e de argila dispersa em água para os tratamentos camadas estudados.

| Tratamentos | Areia Grossa | Areia Fina | Areia Total | Argila | Silte | Argila Dispersa | Classe de Textura do Solo |
|-------------------|-----------------|---------------|----------------|--------|-------|--------------------|------------------------------|
| Camada (m) | | | | | | | |
| 0-0,10 | | | | | | | |
| Pastagem | 47 | 189 | 236 | 430 | 334 | 180 | Argilosa |
| Mata | 30 | 142 | 172 | 649 | 179 | 298 | Muito Argilosa |
| CCP | 23 | 192 | 215 | 550 | 235 | 254 | Argilosa |
| CCC | 21 | 150 | 171 | 579 | 250 | 306 | Argilosa |
| 0,10-0,20 | | | | | | | |
| Pastagem | 32 | 195 | 227 | 463 | 310 | 216 | Argilosa |
| Mata | 15 | 135 | 150 | 673 | 177 | 321 | Muito Argilosa |
| CCP | 31 | 189 | 220 | 544 | 236 | 264 | Argilosa |
| CCC | 26 | 148 | 174 | 583 | 243 | 297 | Argilosa |
| 0,20-0,30 | | | | | | | |
| Pastagem | 22 | 190 | 212 | 500 | 288 | 230 | Argilosa |
| Mata | 13 | 132 | 145 | 691 | 164 | 330 | Muito Argilosa |
| CCP | 34 | 185 | 219 | 560 | 221 | 259 | Argilosa |
| CCC | 19 | 136 | 155 | 609 | 236 | 324 | Muito Argilosa |

CCP- cultivo convencional de batata irrigado via pivô central; CCC- cultivo convencional de batata irrigado via canhão.

5.2 Histórico das áreas

A área de CCP era anteriormente cultivada com feijão na safra 2004/2005. Para o plantio de batata na safra 2005/2005 foi feito o preparo do solo com uma aração, subsolagem e uma gradagem. Após a colheita da batata a área foi preparada com subsolagem e gradagem para o plantio de milho para a safra 2005/2006. Após a colheita do milho, o solo foi preparado com duas passadas de grade-aradora, uma subsolagem e uma grade niveladora para o plantio da batata em junho de 2006.

A área CCC era anteriormente cultivada com feijão na safra 2004/2005. Para o plantio de trigo na safra 2005/2005 foi realizado o preparo de maneira convencional. Sob a palhada do trigo plantou-se milho no sistema de semeadura direta na safra 2005/2006. Após a colheita do milho o solo foi preparado com duas passadas de grade-aradora, uma subsolagem e uma grade niveladora para o plantio da batata em maio de 2006.

5.3 Avaliações

As amostras de solo foram coletadas na linha da batata, antecedendo a colheita, nos meses de setembro e outubro de 2006. Nas áreas de pastagem e mata nativa a coleta foi realizada ao acaso. Foram realizadas coletas nas camadas de 0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m de profundidade.

5.3.1 Matéria orgânica

Para a determinação da matéria orgânica (RAIJ et al., 1987) foram coletadas amostras nas camadas de 0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, com três repetições por área.

5.3.2 Densidade do solo

A densidade do solo, nas duas áreas de plantio com batata, foi determinada pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997), utilizando-se um anel com 0,05 m de altura e 0,05 m de diâmetro, introduzido verticalmente no perfil, entre 0-0,10 m; 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m de profundidade. Nas áreas de mata e pastagem utilizou-se o método do torrão impermeabilizado com parafina (EMBRAPA, 1997).

Nas áreas de plantio optou-se pelo método do anel volumétrico, pois o solo encontrava-se solto, permitindo a introdução do anel no perfil do solo. Já nas áreas de pastagem e mata optou-se pelo método do torrão impermeabilizado com parafina, pois o solo apresentava, respectivamente, consistência muito firme e grande quantidade de raízes no momento da coleta, não possibilitando a introdução do anel volumétrico.

5.3.3 Resistência do solo à penetração

Para a determinação da resistência do solo à penetração foram abertas três trincheiras de 1,00m x 0,50m em cada parcela. A avaliação foi feita utilizando-se um penetrômetro de bolso marca DIK, com leituras em kg cm^{-2} . As medições, realizadas com o auxílio de um gabarito, confeccionado em plástico transparente (Figura 1), ocorreram a partir de 2,5 cm abaixo da superfície do solo, a cada 5 cm na horizontal e 5 cm na vertical, totalizando 28 pontos por parcela.



Figura 1. Gabarito utilizado para medição da resistência do solo à penetração na área de pastagem.

5.3.4 Porosidade do solo

Para a determinação da porosidade do solo foram coletadas amostras com estrutura indeformada, nas quatro áreas estudadas. Nas áreas de mata e pastagem as amostras foram coletadas nas camadas de 0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m de profundidade, na forma de pequenos paralelepípedos, de maneira a não se deformarem. Para essa coleta utilizaram-se caixas feitas de papel cartão (Figura 2), com base de 0,08 m, largura de 0,13 m e 0,10 m de altura (FILIZOLA; GOMES, 2004). Nas duas áreas com plantio de batata as amostras foram retiradas com o auxílio de tubos de PVC de seis polegadas de diâmetro, cortados com 0,08 m de altura (Figura 3).



Figura 2. Coleta com caixa de papel cartão de 0,10- 0,20m na área de pastagem.



Figura 3. Coleta com amostrador de PVC de 0,20-0,30m na área de plantio com irrigação via canhão.

Nas áreas de estudo foram utilizados diferentes coletores em função da consistência muito firme ou solta que o solo apresentava no momento da coleta. Nas áreas de plantio de batata o solo estava solto e a caixa de papel cartão não permitiu a retirada das amostras com estrutura indeformada, por isso, optou-se por um coletor que possuísse paredes mais rígidas, que não se deformassem durante a coleta, ou seja, tubos de PVC. Já nas áreas de pastagem e mata o solo apresentava consistência mais firme e as caixas de papel cartão permitiram a retirada das amostras sem deformá-las.

Os poros identificados nas amostras foram classificados em três grupos, de acordo com sua forma: arredondados ($I \leq 5$), alongados ($5 < I \leq 25$) e complexos ($I > 25$), utilizando-se o índice:

$$I = P^2 / (4\pi A)$$

Onde,

P = perímetro do poro.

A = área do poro.

A equação utilizada para o cálculo do índice I foi determinada segundo a micropedologia matemática, tornando-se uma equação universal, não possuindo autor.

Os poros foram caracterizados quanto ao tamanho como pequenos, aqueles que ocupam área menor que $15,6\mu\text{m}^2$, médios, aqueles que ocupam área maior que $15,6\mu\text{m}^2$ e menor que $156\mu\text{m}^2$ e grandes, aqueles que ocupam área maior que $156\mu\text{m}^2$, segundo trabalho de Souza et al. (2006).

5.3.4.1 Análise de imagem de blocos

Para a determinação da macroporosidade do solo, as amostras coletadas foram secas ao ar para posterior impregnação com resina poliéster não saturada, diluída com monômero de estireno e misturada com pigmento fluorescente “Uvitex”® (Ciba Specialty Chemicals), que permite a distinção dos poros, quando iluminados com luz

ultravioleta (MURPHY, 1986). A impregnação foi feita com o auxílio de um dessecador e uma bomba de vácuo (Figura 4). Após a impregnação e o endurecimento das amostras utilizou-se uma serra elétrica para cortar os blocos com uma espessura em torno de 0,01m, realizando-se, em média, sete cortes por amostra. Em seguida, as amostras foram polidas e as imagens registradas com uma câmera digital, com incidência de luz negra, no estúdio de fotografia da UNESP - Câmpus Rubião Júnior. Posteriormente, utilizando-se o programa Adobe Photoshop CS2, as imagens foram binarizadas (transformadas em preto e branco) e analisadas por contraste de cor pelo programa ImageJ, fornecendo a porcentagem total de macroporos.

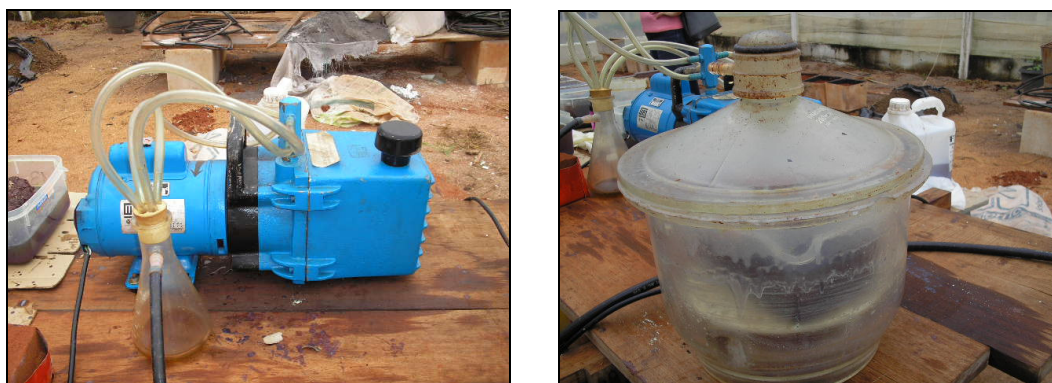


Figura 4. Bomba de vácuo e dessecador utilizados na impregnação das amostras.

5.3.4.2 Análise de lâminas delgadas

Após o corte dos blocos foram preparadas lâminas delgadas com 5 x 7 cm e com espessura aproximada de 0,3 μ , para o detalhamento da porosidade das amostras. Imagens digitalizadas foram adquiridas a partir de uma câmera digital JVC, acoplada a um microscópio eletrônico modelo Axioskop 2 Plus da marca Zeiss. As imagens foram processadas pelo software KS 300 da ZEISS permitindo a interpretação da porosidade das amostras.

5.3.5 Análise estatística

Os dados originais foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa Sisvar v. 4.2 (FERREIRA, 2003).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Matéria Orgânica

Os valores da análise de variância, para os teores de matéria orgânica (Tabela 2), mostraram diferença significativa para todas as causas de variação avaliadas.

Tabela 2. Análise de variância para os valores de matéria orgânica.

| Causas da variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F |
|----------------------------|------|-----------|----------|---------|
| Tratamentos (A) | 3 | 352,3330 | 117,4444 | 5,512* |
| Camadas (B) | 2 | 734,0000 | 367,0000 | 17,226* |
| Interação (A x B) | 6 | 447,3333 | 74,5555 | 3,499* |
| Resíduo | 96 | 511,3333 | 21,3055 | |
| Total (Tratamentos) | 107 | 2045,0000 | | |

C.V.% = 14,65% D.M.S. = 6,00

* significativo a 5 % de probabilidade

A matéria orgânica variou de 24,67 g dm⁻³ a 47,33 g dm⁻³, sendo os maiores valores observados na camada 0-0,10 m no tratamento pastagem, havendo redução

dos valores ao longo dos perfis (Tabela 3). No tratamento pastagem os teores decresceram de 47,33 g dm⁻³ para 24,67 g dm⁻³, enquanto no tratamento mata variaram de 41,00 g dm⁻³ a 26,00 g dm⁻³.

Tabela 3. Teores médios de matéria orgânica (g dm⁻³) para os tratamentos e camadas estudados.

| Camadas (m) | Tratamentos | | | |
|------------------|-------------|----------|----------|----------|
| | Pastagem | Mata | CCP | CCC |
| 0-0,10 | 47,33 aA | 41,00 aA | 26,67 bA | 33,33 bA |
| 0,10-0,20 | 33,67 aB | 30,00 aB | 26,67 aA | 33,00 aA |
| 0,20-0,30 | 24,67 aC | 26,00 aB | 25,33 aA | 29,33 aA |
| Média | 35,22 a | 32,33 a | 26,55 b | 31,88 a |

CCP- cultivo convencional de batata irrigado via pivô central; CCC- cultivo convencional de batata irrigado via canhão. Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem significativamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Já nos tratamentos com cultivo de batata, os valores variaram entre 26,67 g dm⁻³ e 25,33 g dm⁻³ para o tratamento CCP, enquanto que para o tratamento CCC variaram entre 33,33 g dm⁻³ e 29,33 g dm⁻³ para as camadas de 0-0,10m e 0,10-0,20m, respectivamente. Essa homogeneidade nos teores de matéria orgânica, observada nas áreas de plantio, pode ser atribuída ao preparo do solo, o qual é realizado pelo menos duas vezes ao ano. O preparo do solo favorece a decomposição da matéria orgânica contribuindo, portanto, para os menores valores observados para os tratamentos com cultivo de batata.

Os teores de matéria orgânica foram decrescentes ao longo do perfil em todos os tratamentos, resultado também obtido por Carvalho, Figueiredo e Costa (1999), estudando o comportamento físico hídrico de um Latossolo Vermelho Amarelo, sob diferentes sistemas de manejo.

6.2 Densidade do solo

A partir dos valores obtidos na análise de variância para a densidade do solo (Tabela 4), pode-se observar diferenças significativas entre os tratamentos a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Análise de variância para os valores de densidade do solo.

| Causas da variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|
| Tratamentos (A) | 3 | 1,0626 | 0,3542 | 45,024 * |
| Camadas (B) | 2 | 0,0021 | 0,0011 | 0,135 ^{ns} |
| Interação (A x B) | 6 | 0,0727 | 0,0121 | 1,541 ^{ns} |
| Resíduo | 24 | 0,1888 | 0,0079 | |
| Total (Tratamentos) | 35 | 1,3262 | - | |

C.V.% = 7,23

D.M.S. = 0,12

* significativo a 5 % de probabilidade

De acordo com Guimarães e Betini (2001), em solos de textura fina, densidades acima de $1,2 \text{ kg dm}^{-3}$ e para solos de textura grossa, valores acima de $1,3 \text{ kg dm}^{-3}$ já podem afetar a produção e a qualidade dos tubérculos. Os valores encontrados neste trabalho (Tabela 5) não atingiram valores superiores a $1,2 \text{ kg dm}^{-3}$, considerados prejudiciais ao desenvolvimento da cultura. A textura do solo é importante pelas características a ela associadas, tais como disponibilidade de água, maior ou menor facilidade de ser trabalhado, formação de crostas superficiais e compactação. A batata é muito sensível à falta de água, pois transpira muito e tem raízes muito frágeis, com baixa capacidade de penetração no solo. São os solos de textura mediana aqueles melhor capacitados para fornecer água às plantas, enquanto solos compactados afetam grandemente a produção.

Tabela 5. Densidade do solo (kg dm^{-3}) para os tratamentos e camadas estudados.

| Camadas (m) | Tratamentos | | | |
|--------------------|--------------------|-------------|------------|------------|
| | Pastagem | Mata | CCP | CCC |
| 0-0,10 | 1,58 a | 1,16 b | 1,11 b | 1,09 b |
| 0,10-0,20 | 1,44 a | 1,27 ab | 1,10 bc | 1,07 c |
| 0,20-0,30 | 1,47 a | 1,29 a | 1,08 b | 1,04 b |
| Média | 1,46 a | 1,28 b | 1,10 c | 1,07 c |

CCP- cultivo convencional de batata irrigado via pivô central; CCC- cultivo convencional de batata irrigado via canhão. Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Na camada de 0-0,10 m, a maior densidade do solo foi encontrada na área pastagem, $1,58 \text{ kg dm}^{-3}$, assim como observado por Spera et al. (2004), não havendo

diferença estatisticamente significativa entre os demais tratamentos (Tabela 5). Esse comportamento pode ser atribuído ao pisoteio contínuo de animais, uma vez que esta pastagem foi implantada e está ocupada por animais há vários anos.

Na mata, a densidade de $1,16 \text{ kg dm}^{-3}$ pode ser explicada pela formação de canais, devido à presença de raízes e da fauna do solo.

Nos dois tratamentos com plantio de batata os valores de $1,11 \text{ kg dm}^{-3}$ e $1,09 \text{ kg dm}^{-3}$ para CCP e CCC, respectivamente, são justificados pela pulverização do solo que ocorreu devido aos sistemas de preparo, empregados no manejo da cultura.

Na pastagem a compactação da camada superficial é clara, quando comparada às demais camadas, ou seja, $1,58 \text{ kg dm}^{-3}$ e $1,44 \text{ kg dm}^{-3}$ nas camadas 0-0,10 m e 0,10-0,20 m, respectivamente, resultado que evidencia o efeito do pisoteio de animais.

Comportamento inverso ao da pastagem é observado na mata, ou seja, a densidade aumenta de $1,16 \text{ kg dm}^{-3}$ na camada 0-0,10 m para $1,27 \text{ kg dm}^{-3}$ na camada de 0,10-0,20m e, para $1,29 \text{ kg dm}^{-3}$ na camada de 0,20-0,30 m, como decorrência dos menores valores de matéria orgânica (Tabela 3) e da atividade biológica no solo.

Nos tratamentos de plantio de batata os valores de densidade do solo são mais homogêneos devido ao intenso preparo do solo, necessário a implantação da cultura, resultando em menores valores de densidade do solo.

6.3 Umidade

Conforme pode ser observado na tabela 6 não houve diferença significativa entre os teores de água do solo para os tratamentos e camadas estudados. A homogeneidade dos teores de umidade nos quatro tratamentos e camadas estudados pode ser observada na tabela 7.

Tabela 6. Análise de variância para os valores de umidade.

| Causas da variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|
| Tratamentos (A) | 3 | 49,3118 | 16,4373 | 1,534 ^{ns} |
| Camadas (B) | 2 | 52,4417 | 26,2209 | 2,447 ^{ns} |
| Interação (A x B) | 6 | 1000,1150 | 16,6858 | 1,557 ^{ns} |
| Resíduo | 24 | 257,1420 | 10,7143 | |
| Total (Tratamentos) | 35 | 459,0105 | - | |

C.V.% = 10,95 D.M.S. = 4,26

* significativo a 5 % de probabilidade

Tabela 7. Valores médios de umidade do solo (m m^{-3}) para os tratamentos e camadas estudados.

| Camadas (m) | Tratamentos | | | |
|--------------------|--------------------|-------------|------------|------------|
| | Pastagem | Mata | CCC | CCP |
| 0-0,10 | 0,32 a | 0,35 a | 0,26 a | 0,28 a |
| 0,10-0,20 | 0,29 a | 0,29 a | 0,28 a | 0,30 a |
| 0,20-0,30 | 0,30 a | 0,30 a | 0,29 a | 0,31 a |
| Média | 0,30 a | 0,31 a | 0,27 a | 0,29 a |

CCP- cultivo convencional de batata irrigado via pivô central; CCC- cultivo convencional de batata irrigado via canhão. Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.4 Resistência do solo à penetração

Para a resistência do solo à penetração foram encontradas diferenças significativas entre a área de pastagem e as demais, nas três profundidades avaliadas (Tabela 8) enquanto, para as áreas de mata, CCP e CCC, não se observaram diferenças significativas para esta propriedade do solo (Figura 5). O maior valor de resistência do solo a penetração, de 1,72 MPa, ocorreu na camada de 0,10-0,20 m na pastagem, resultado corroborado por Moreira et al. (2005), que constataram que a degradação da pastagem de braquiária resultou no aumento da densidade do solo e da sua resistência à penetração, bem como na redução da sua porosidade total. Entretanto, esse valor mais alto não restringiu o

crescimento das raízes, estando abaixo de 2,0 MPa, valor este considerado crítico por alguns autores, entre eles Araújo, Tormena e Silva (2004).

Tabela 8. Análise de variância para os valores de resistência do solo a penetração.

| Causas da variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F |
|---------------------|------|--------|--------|---------------------|
| Tratamentos (A) | 3 | 6,6924 | 2,2308 | 42,236* |
| Camadas (B) | 2 | 0,3777 | 0,0189 | 3,578* |
| Interação (A x B) | 6 | 0,4874 | 0,0812 | 1,539 ^{ns} |
| Resíduo | 24 | 1,2668 | 0,0528 | |
| Total (Tratamentos) | 35 | 8,8243 | - | |

C.V.% = 36,82

D.M.S. = 0,30

* significativo a 5 % de probabilidade

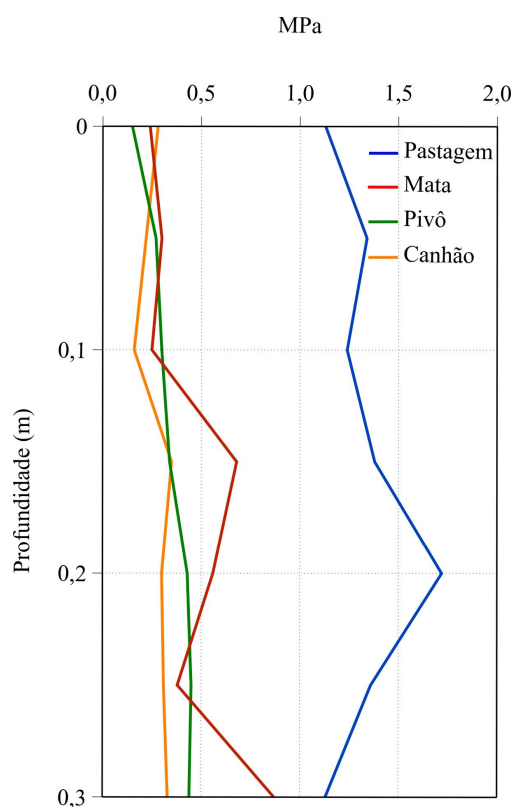


Figura 5- Gráfico de resistência do solo à penetração nas quatro áreas estudadas.

Os valores obtidos para os quatro tratamentos podem ser considerados baixos, possivelmente em decorrência da umidade do solo que variou de $0,26 \text{ m m}^{-3}$ a $0,35 \text{ m m}^{-3}$ no momento da determinação.

Os resultados encontrados estão em acordo com os obtidos por Encide (2005), que também observou maiores valores de resistência à penetração nas áreas de mata quando comparados aos valores de resistência à penetração do solo nas áreas de cultivo. Estes maiores valores de resistência podem ser atribuídos aos maiores teores de argila na mata quando comparado às áreas de cultivo de batata.

6.5 Macroporosidade

A análise da macroporosidade média dos tratamentos, a partir da análise de imagens dos blocos polidos, resultou em diferenças significativas entre os tratamentos nas três camadas estudadas, conforme pode ser observado na tabela 9.

Tabela 9. Análise de variância para os valores de macroporosidade.

| Causas da variação | G.L. | S.Q. | Q.M. | F |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
| Tratamentos (A) | 3 | 937,6857 | 312,5619 | 121,482 * |
| Camadas (B) | 2 | 592,4887 | 296,2444 | 115,140 * |
| Interação (A x B) | 6 | 1341,8956 | 223,6493 | 86,925 * |
| Resíduo | 96 | 246,9997 | 2,5729 | |
| Total (Tratamentos) | 107 | 3119,0699 | | |

C.V.% = 31,88

D.M.S. = 1,15

* significativo a 5 % de probabilidade

Na camada superficial, entre 0 e 0,10 m, os tratamentos com preparo convencional do solo e irrigação mostraram maiores valores de macroporosidade (Tabela 10), sendo 7,00% para o CCP e 20,85% para o CCC. Essa maior macroporosidade é resultante da intensa mobilização do solo, ocasionada pelo cultivo da batata. O valor mais alto observado no tratamento CCC, na camada de 0-0,10 m, é justificado pela maior desestruturação causada pelo sistema de irrigação por aspersão do tipo autopropelido (canhão). Os tratamentos mata e pastagem resultaram em valores menores de macroporosidade, 3,56% e 1,95%, respectivamente, macroporosidade essa que é decorrente da atividade da macrofauna e das

raízes das plantas presentes nas duas áreas. Spera et al. (2004) também encontraram menores valores de macroporosidade e porosidade total na área de pastagem, quando comparado a área de mata. Os maiores valores de macroporosidade, observados em sub-superfície para a área CCC, podem ser explicados pelos maiores teores de argila total e dispersa em água quando comparado com a área CCP. Quanto mais argila dispersa, maior será o bloqueio dos poros em função do carreamento e deposição pela água de irrigação.

O espaço poroso do solo, avaliado pelas imagens dos blocos, mostrou-se diferente para os tratamentos estudados. Na área com mata, a maioria dos poros formou-se em função da atividade dos organismos do solo. Percebe-se, nas três camadas, a presença de cavidades de tamanhos e formas diferentes (Figura 6). Encide (2005), também observou a redução de macroporos com o aumento da profundidade na área de mata.

Tabela 10. Porcentagem de macroporos para as áreas e camadas estudadas.

| Camadas(m) | Tratamentos | | | |
|------------------|-------------|---------|--------|----------|
| | Pastagem | Mata | CCP | CCC |
| 0-0,10 | 1,95 cA | 3,56 cA | 7,00 b | 20,85 Aa |
| 0,10-0,20 | 1,27 cA | 3,42 bA | 6,52 a | 3,56 Bb |
| 0,20-0,30 | 0,80 cA | 2,67 bA | 6,34 a | 2,41 bB |
| Média | 1,34 d | 3,22 c | 6,62 b | 8,94 a |

CCP- cultivo convencional de batata irrigado via pivô central; CCC- cultivo convencional de batata irrigado via canhão. Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na pastagem há predominância de poros tipo canais (Figura 7), resultante da grande extensão, ramificação e atividade das raízes das gramíneas presentes na área, comportamento observado para as três camadas de solo estudadas. Esse resultado está de acordo com Silva (2008), que cita que as gramíneas possuem raízes fasciculadas que penetram no solo, dando a forma de um grande emaranhado, bem mais denso e volumoso que o das raízes das outras plantas.

Nos tratamentos com cultivo percebe-se a formação de poros tipo fissuras (Figuras 8 e 9), que indicam degradação da estrutura do solo como resultado da intensa mobilização da camada superficial e do impacto da água decorrente da irrigação por

aspersão. Há ocorrência de fissuras de grandes dimensões, alternadas com camadas de massa mais densa, camadas essas que passam a predominar na parte inferior da camada de 0,20-0,30 m, tanto para o tratamento CCP como para o CCC. De acordo com Castro et al. (2003) e Soares, Espindola e Pereira, (2005), os poros tipo fissuras ou planares promovem grande redução na taxa de infiltração de água no solo.

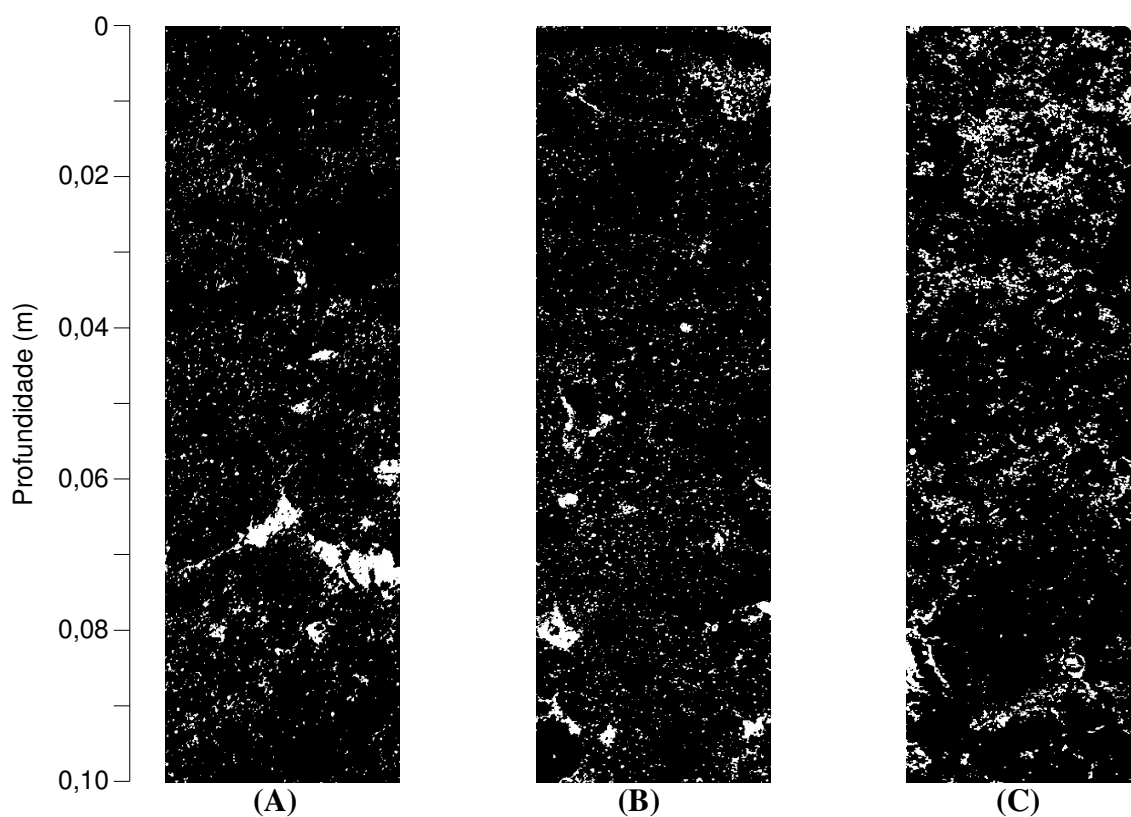


Figura 6. Imagens binarizadas do tratamento mata nas camadas 0-0,10m (A); 0,10-0,20m (B) e 0,20-0,30m (C).

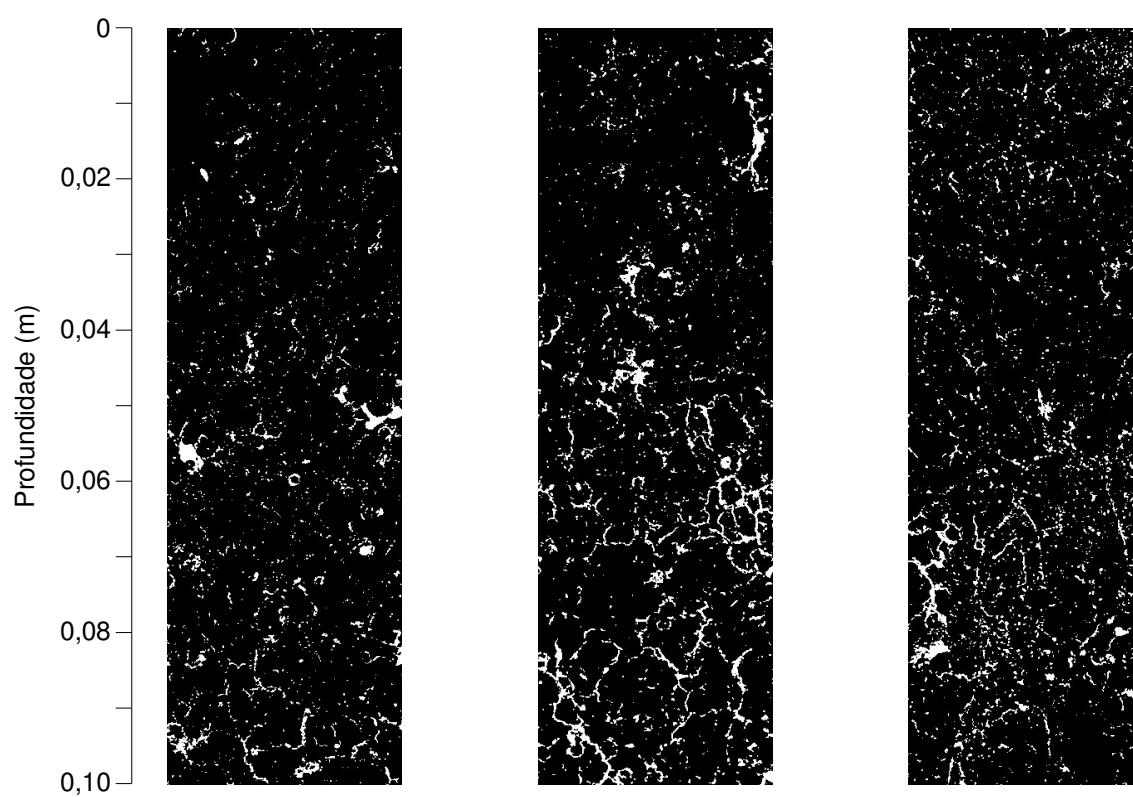


Figura 7. Imagens binarizadas do tratamento pastagem nas camadas 0-0,10m (A); 0,10-0,20m (B) e 0,20-0,30m (C).

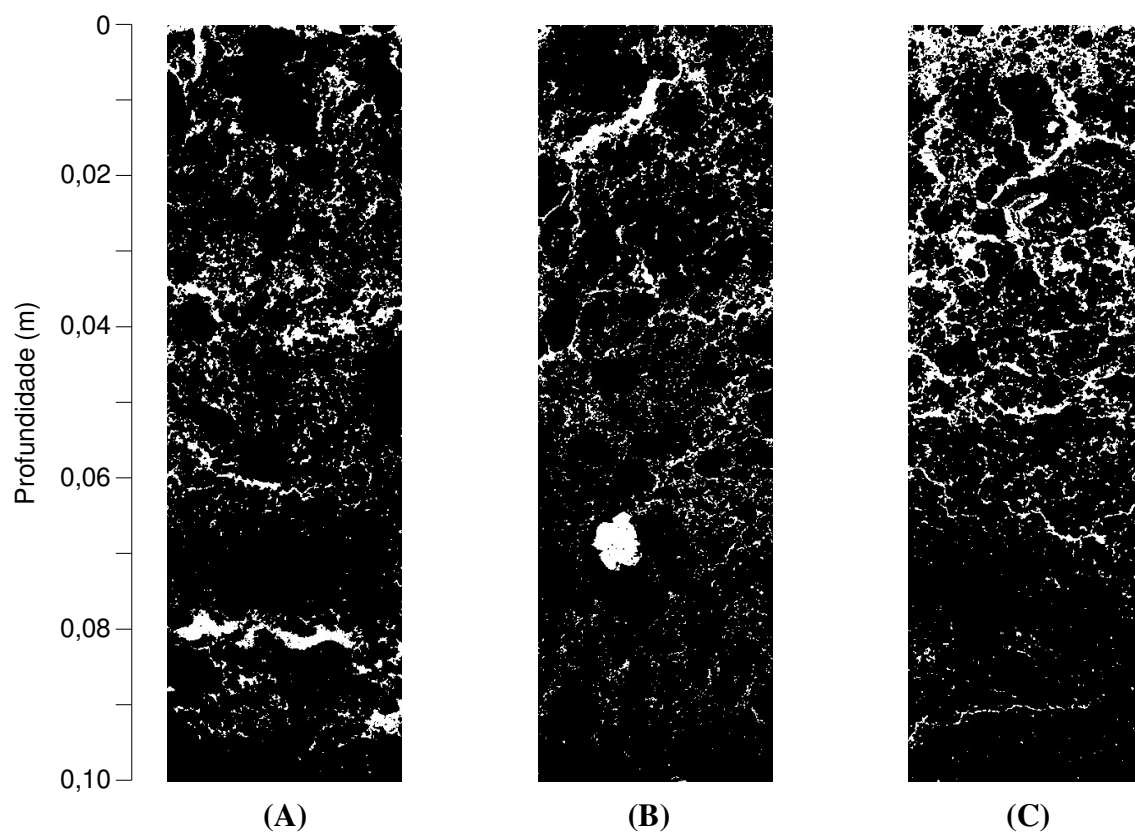


Figura 8. Imagens binarizadas do tratamento CCP nas camadas 0-0,10m (A); 0,10-0,20m (B) e 0,20-0,30m (C).

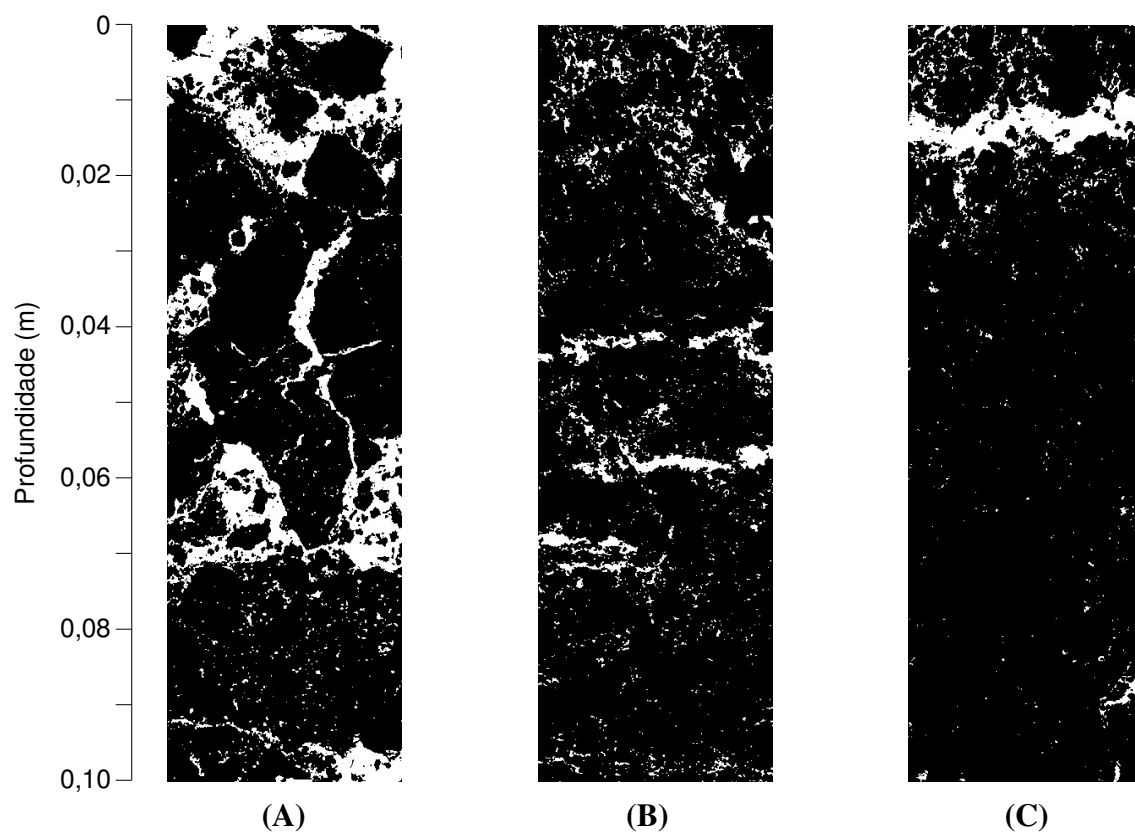


Figura 9. Imagens binarizadas do tratamento CCC nas camadas 0-0,10m (A); 0,10-0,20m (B) e 0,20-0,30m (C).

6.6 Porosidade Total

Os resultados obtidos pelas análises micromorfológicas de lâminas delgadas mostram que os poros predominantes foram os arredondados, nos quatro tratamentos e camadas estudados (Tabela 11). Em razão da avaliação dos poros ser realizada em um plano bidimensional, parte dos poros caracterizados como arredondados podem na realidade ser canas cortados transversalmente. A proporção desses poros arredondados variou entre 94,0% e 97,3% para a pastagem, 94,8% e 96,0% para a mata, 92,1% e 93,0% para o CCP e 90,1 e 95,9% para o CCC.

Tabela 11. Classificação dos poros quanto a sua forma.

| Tratamentos Camadas | Poros | | |
|------------------------|-----------------|-----------|-----------|
| | Arredondados(*) | Alongados | Complexos |
| | |% | |
| Pastagem | | | |
| 0-0,10 | 94,00 | 6,00 | - |
| 0,10-0,20 | 94,00 | 6,00 | - |
| 0,20-0,30 | 97,30 | 2,70 | - |
| Mata | | | |
| 0-0,10 | 94,80 | 4,90 | 0,30 |
| 0,10-0,20 | 96,00 | 4,00 | - |
| 0,20-0,30 | 94,80 | 5,20 | - |
| CCP | | | |
| 0-0,10 | 92,10 | 7,00 | 0,90 |
| 0,10-0,20 | 93,00 | 6,40 | 0,60 |
| 0,20-0,30 | 92,90 | 6,60 | 0,50 |
| CCC | | | |
| 0-0,10 | 95,90 | 3,70 | 0,40 |
| 0,10-0,20 | 95,60 | 4,40 | - |
| 0,20-0,30 | 90,10 | 9,10 | - |

(*)Arredondados ($I \leq 5$) Alongados ($5 < I \leq 25$) Complexos ($5 < I \leq 25$ ou >25).

Souza et al. (2006), observaram maior proporção de poros complexos de 0-0,26 m, em um Latossolo Vermelho cultivado com cana de açúcar; os autores associam a presença de poros arredondados com menor condução de água ao longo do perfil, em razão da provável baixa conectividade entre esses poros.

Quanto a classe de tamanho (Tabela 12) houve predominância dos poros arredondados médios ($15,6\mu\text{m}^2$ e $156\mu\text{m}^2$), seguidos por poros grandes ($>156\mu\text{m}^2$) e pequenos ($<15,6\mu\text{m}^2$).

Tabela 12. Classificação dos poros quanto a sua forma e tamanho.

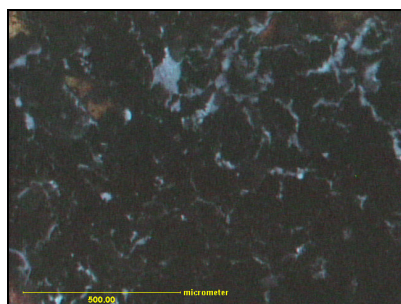
| Tratamentos Camadas | Poros | | | | | | | | |
|------------------------|-----------------|-------|-------|-----------|-------|--------|-----------|---|--------|
| | Arredondados(*) | | | Alongados | | | Complexos | | |
| | P(**) | M | G | P | M | G | P | M | G |
| Pastagem | % | | | % | | | % | | |
| 0-0,10 | 8,90 | 61,77 | 29,33 | - | 4,25 | 95,74 | - | - | - |
| 0,10-0,20 | 5,64 | 58,40 | 35,96 | - | 2,18 | 97,82 | - | - | - |
| 0,20-0,30 | 6,24 | 56,33 | 37,43 | - | 13,33 | 86,67 | - | - | - |
| Mata | | | | | | | | | |
| 0-0,10 | 10,23 | 53,93 | 25,26 | - | - | 100,00 | - | - | 100,00 |
| 0,10-0,20 | 5,68 | 61,19 | 33,13 | - | 2,73 | 97,22 | - | - | - |
| 0,20-0,30 | 5,62 | 54,30 | 40,08 | - | 4,25 | 95,75 | - | - | - |
| CCP | | | | | | | | | |
| 0-0,10 | 11,22 | 59,29 | 29,48 | - | 8,77 | 91,23 | - | - | 100,00 |
| 0,10-0,20 | 11,36 | 64,22 | 24,42 | - | 4,06 | 99,04 | - | - | 100,00 |
| 0,20-0,30 | 7,44 | 52,83 | 39,73 | - | 2,09 | 97,91 | - | - | 100,00 |
| CCC | | | | | | | | | |
| 0-0,10 | 5,23 | 57,89 | 36,88 | - | - | 100,00 | - | - | 100,00 |
| 0,10-0,20 | 5,68 | 58,78 | 35,54 | - | - | 100,00 | - | - | 100,00 |
| 0,20-0,30 | 6,53 | 63,96 | 29,51 | - | 4,44 | 95,56 | - | - | - |

(*) Arredondados ($I \leq 5$) Alongados ($5 < I \leq 25$) Complexos ($5 < I \leq 25$ ou >25).

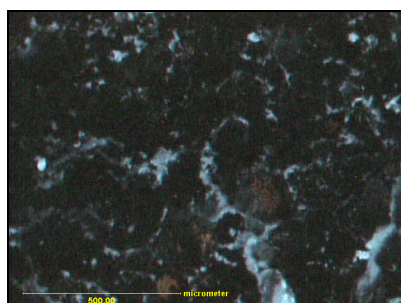
(**) P (pequeno, entre 0 e $15,6\mu\text{m}^2$), M (médio, entre $15,6\mu\text{m}^2$ e $156\mu\text{m}^2$) e G (grande, maior que $156\mu\text{m}^2$).

Na pastagem (Figura 10), os poros médios variaram entre 56,33% e 61,77%, os poros grandes entre 29,33% e 37,43% e os pequenos entre 5,64 % e 8,90%. Na área com mata (Figura 11), esses valores variaram de 53,96% a 61,19% para poros médios, de 25,26% a 40,08% para os poros grandes e de 5,62% a 10,23% para poros pequenos. Nos tratamentos com cultivo de batata os valores encontrados foram de 52,83% a 64,22%, 29,48% a 39,73% e 7,44% a 11,36%, para CCP (Figura 12), enquanto no CCC (Figura 13) foram de 57,89% a 63,96%, 29,51 a 36,88% e 5,23 a 6,68% de poros médios, grandes e pequenos, respectivamente.

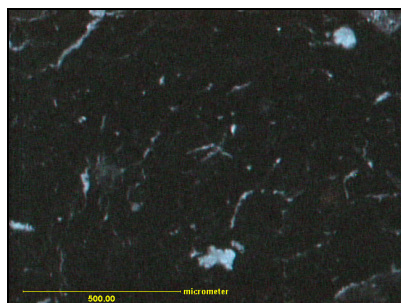
Para os quatro tratamentos foram observados, em menores proporções, poros alongados com predominância da presença de poros grandes, seguidos pelos poros médios, inverso ao que ocorreu para os poros arredondados, e não houve a presença de poros pequenos. Na pastagem os valores observados variaram entre 2,18% e 13,33% de poros médios e de 86,67% a 97,82% de poros grandes. O tratamento mata não apresentou poros alongados médios na camada de 0-0,10m, variando de 2,73% a 4,25 entre as camadas de 0,10m e 0,30m, e de 95,75% a 100% de poros grandes. No tratamento CCP, os valores para as três camadas estudadas variaram de 2,09% a 8,77% de poros médios e 91,23 a 99,04% de poros grandes, e enquanto no CCC foram observados poros alongados médios apenas na camada de 0,20m - 0,30m no valor de 4,44%, já os poros grandes variaram de 95,56 a 100%. Poros complexos foram encontrados apenas nas três camadas do tratamento CCP e na superfície (0-0,10m) da mata e do CCC, com ocorrência de 100% de poros grandes. De acordo com Cooper, (1999) e Fox, Bryant e Fox (2004), poros complexos contribuem para a infiltração de água no solo.



(A)

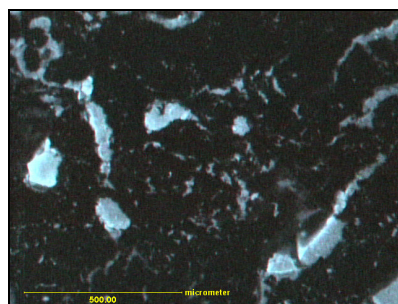


(B)

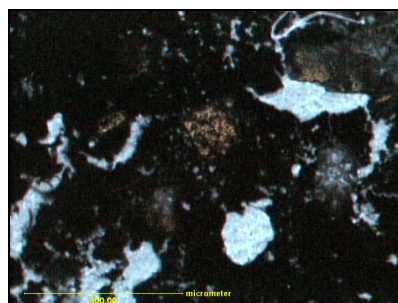


(C)

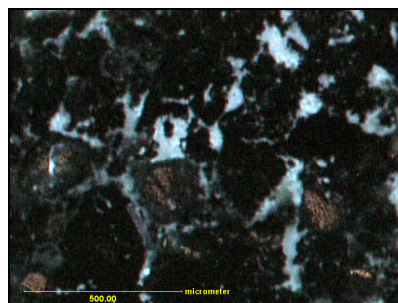
Figura 10. Lâminas delgadas do tratamento pastagem das camadas 0-0,10m (A); 0,10-20m (B) e 0,20-0,30m (C).



(A)

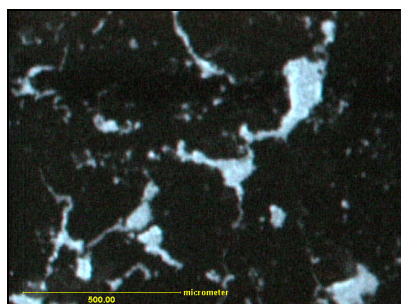


(B)

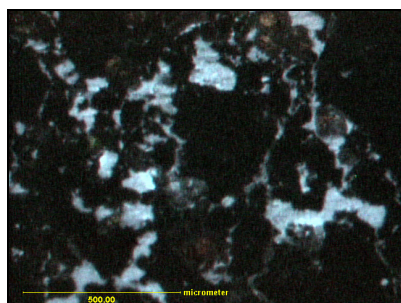


(C)

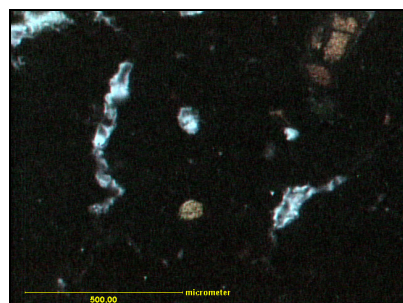
Figura11. Lâminas delgadas do tratamento mata das camadas 0-0,10m (A); 0,10-0,20m (B) e 0,20-0,30m (C).



(A)

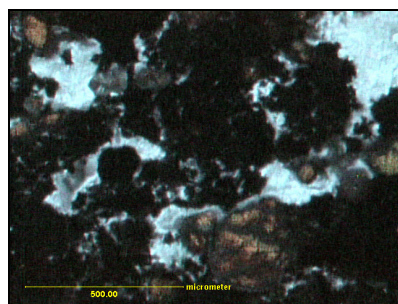


(B)

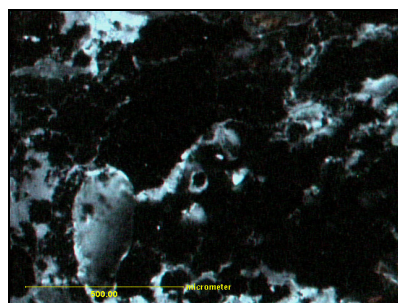


(C)

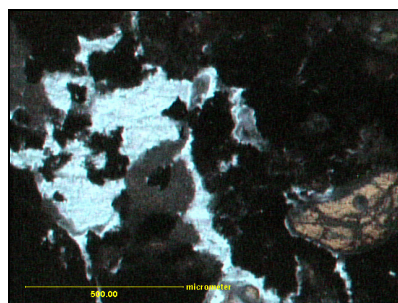
Figura 12. Lâminas delgadas do tratamento CCC das camadas 0-0,10m (A); 0,10-0,20m (B) e 0,20-0,30m (C).



(A)



(B)



(C)

Figura 13. Lâminas delgadas do tratamento CCP das camadas 0-0,10m (A); 0,10-0,20m (B) e 0,20-0,30m (C).

7 CONCLUSÕES

O sistema de preparo convencional associado à irrigação por aspersão do tipo autopropelido canhão e pivô central promovem grande desestruturação do solo, contribuindo para uma maior suscetibilidade à erosão.

No sistema de irrigação por aspersão do tipo autopropelido canhão a alta intensidade de aplicação de água causa maior desestruturação em comparação à irrigação por aspersão do tipo pivô central.

Nas áreas irrigadas por aspersão do tipo autopropelido canhão e pivô central, a macroporosidade é maior em decorrência da formação de grandes fissuras que não têm ligação entre si e não favorecerão a infiltração da água no solo.

Na área de pastagem, apesar da menor macroporosidade, a infiltração de água deverá ser favorecida pela presença dos poros tipo canais resultantes da atividade das raízes.

A análise das lâminas delgadas evidenciou a predominância de poros arredondados médios, nas áreas de plantio, mata e pastagem.

O uso prolongado do solo sob pastagem promoveu diminuição da porosidade total e aumento da densidade do solo e da resistência do solo à penetração.

A análise de imagens permitiu a diferenciação entre as áreas de plantio, mata e pastagem, e o detalhamento da porosidade do solo.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J. A. et al. Rotação de culturas e sistemas de manejo de solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 115-119, jan./abr. 1995.

ALVARENGA, M. I. N.; DAVIDE, A. C. Características físicas e químicas de um latossolo-vermelho-escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 933-942, out./dez. 1999.

AMÉRICO, J. L. **Características físicas e fator de erodibilidade de quatro solos representativos do município de São Mamede Paraíba –Areia**. 1979. 89 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Universidade Federal da Paraíba UFPB, Areia, PB, 1979.

ANDRADE, A. R. S. de. et al. Variabilidade espacial da densidade do solo sob manejo da irrigação. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 322-329, mar./abr. 2005.

ANJOS, J. T. et al. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 139-145, 1994.

ARAUJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 337-345, mar./abr. 2004.

ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Eds.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 123-142. (SSSA. Special publication, 49).

BARRETO, A. N.; FACCIOLI, G. G.; SILVA, A. A.G. Métodos e sistemas de irrigação. In: BARRETO, A. N.; SILVA, A. A. G.; BOLFE, E. L. (Orgs). **Irrigação e drenagem na empresa agrícola: impacto ambiental versus sustentabilidade**. Campina Grande, Embrapa Algodão, 2004. p. 125-171.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. Manual de irrigação. 8º Ed. Viçosa: UFV, ed. 8, 2006, 627p.

BERTONI, J.; LOMBRADI, F.N. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355p

BOLLER, W.; DALLMEYER, A. U.; KLEIN, V. A. Preparo de solo, plantio e amontoa. In: PEREIRA, A. da S.; DANIELS, D. (Eds.). **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2003. p. 177-201.

BULLOCK, P.; THOMASSON, A. J. Rothamsted studies of soil structure II: measurement and characterization of macroporosity by image analysis and comparasion with data from water retention measurement. **Journal of Soil Science**, Oxford, n. 30, p. 391-413, 1979.

CARVALHO, E. J. M.; FIGUEIREDO, M. S.; COSTA, L.M.. Comportamento físico-hídrico de um podzólico vermelho-amarelo câmbico fase terraço sob diferentes sistemas de manejo. **Pesq. agropec. bras.** , Brasília, v. 34, n. 2, 1999 .

CASTRO, S. S.; COOPER, M.; SANTOS, M.C.; VIDAL-TORRADO, P. Micromorfologia do solo: bases e aplicações. In: CURI, N; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S.; ALVAREZ VENEGAS, V. H. (Eds). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade brasileira de ciência do solo. , 2003. v.3, p.107-164.

COOPER, M. **Influência das condições físico-hídricas nas transformações estruturais entre horizonte B latossólico e B textural sobre diabásio**. 1999. 132f. Tese. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

CURWEN, D. Water management. In: ROWE, R. C. (Ed.). **Potato health management**. Madison, the American Phitopatology Society. 1993. p.67-75.

D'ANDREA, A. **Atributos indicadores da qualidade do solo sob sistema de manejo no Sul de Goiás**. 2001. 104 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1997. 212 p.

ENCIDE, A. P. **Métodos não convencionais para avaliação da porosidade e da densidade do solo de um latossolo vermelho**. 2005. 78 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas., Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

FERREIRA, D. F. **Sisvar versão 4.2**. Lavras: UFLA, 2003.

FILIZOLA, H. F.; GOMES, M. A. F. **Coleta e impregnação de amostras de solo para análise micromorfológica**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2004. 4 p. (Comunicado técnico, 20).

FONSECA, G. C. F. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de latossolo sob rotações de cultura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 1, p. 22-30, mar. 2007.

FOX, D. M.; BRYAN, R. B.; FOX, C. A. Changes in pore characteristics with depth for structural crusts. **Geoderma**, Amsterdam, v.120, p.109-120, 2004.

GRANT, C. A.; LAFOND, G. P. The effects of tillage systems and crop sequences on soil bulk density and penetration resistance on a clay soil in Southern Saskatchewan. **Canadian Journal of Soil Science**, Manitoba, v. 73, p. 223-232, 1993.

GUIMARAES, T. G.; BETTINI, M.O. **Irrigação por gotejamento para a cultura da batata**. 2001. Artigo em Hipertexto. Disponível em:<http://www.abbabatatabrasileira.com.br/revista03_018.htm>Acesso em: 03/01/2008.

HAMBLIN, A. P. The influence of soil structure on water movement, crop root growth and water uptake. **Advance Agronomy**, Orlando, v. 38, p. 95-158, 1985.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 857-867. 2002.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advance Soil Science**, Orlando, v. 1, p. 277-294, 1985.

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

LIMA, H. V. et al. Tráfego de máquinas agrícolas e alterações de bioporos em área sob pomar de laranja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa**, v. 29, n. 5, p.677-684, 2005.

MATOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 2º Ed, Viçosa: UFV, 2007. 358p.

MERMUT, A. R. **Introduction to soil micromorphology**. Saskatoon: University of Saskatchewan, Department of Soil Science, 1992. 115 p.

MITISUIK, C. **Efeito de sistemas de preparo de solo e do uso de microorganismos eficazes nas propriedades físicas do solo, produtividade qualidade de batata**. 2006. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia)-Escola Superior de Agronomia Luis de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

MORAES, M. H. **Porosity of a red latosol soil under different use and management systems**. 2006. In: V Congreso internacional de ingenieria agricola, Termas de Chillán, Chile. 2006

MOREIRA, J. A. A. et al. Atributos químicos e físicos de um Latossolo vermelho distroférico sob pastagem recuperada e degradada. **Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia**, v. 35, n. 3, p. 155-161, 2005.

MURPHY, C. P. **Thin section preparation of soils and sediments**. Berkhamsted: AB Academic, 1986. 160 p.

OLLITA, A. F. L. Os métodos de irrigação. 1940. 267p.

OLIVEIRA, J. B. **Solos do estado de São Paulo: descrição das classes registradas no mapa pedológico**. Campinas: IAC, 1999. 112 p. (Boletim científico, n. 45).

PAGLIAI, M. **Effects of different management practices on soil structure and surface crusting. Micromorphologie des sols – soil micromorphology.** In: Internacional working meeting in soil micromorphology. Proceedings. Plasir : Association Française pour L' Étude du Sol, p. 415-421. 1987.

RACHWALL, M. F. G.; DEDECEK, R. A. Influência da aeração e da disponibilidade hídrica em cambissolos e latossolos com diferentes níveis de erosão sobre a produtividade e a qualidade da cultura da batata. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 3, p.485-491, set./dez. 1996.

RAIJ, B. V. et al. A. **Análise química do solo para fins de fertilidade.** Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170 p.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas.** São Paulo: Manoel LTDA. 1990. 189p.

RINGROSE-VOASE, A. J.; BULLOCK, B. The automatic recognition and measurement of soil pore types by image analysis and computer programs. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 35, p. 673-684, 1984.

RINGROSE-VOASE, A. J. One dimensional image analysis of soil structure I: principles. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 41, p. 499-512, 1990.

RINGROSE-VOASE, A. J. Measurement of soil macrospore geometry by image analysis of sections through impregnated soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 183, p. 27-47, 1996.

SEYBOLD, C. A.; HERRICK, J. E.; BREJDA, J. J. Soil resilience: a fundamental component of soil quality. **Soil Science**, Baltimore, v. 164, p. 224-234, 1999.

SILVA, J. A. **Gramíneas.** Artigo em Hipertexto. Disponível em <<http://www.especialidades.org/especialidades/6EN/EN32.htm>>. Acesso em 07/01/2008.

SILVA, M. A. S. et al. Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 544-552, maio/jun. 2005.

SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; FERREIRA, M. M. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na bacia do alto Rio Grande MG. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 719-730, jul./ago. 2005.

SOARES, J. L. N.; ESPINDOLA, C. R.; CASTRO, S. S. de. Alteração física e morfológica em solos cultivados sob sistema tradicional de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 6, p.1005 - 1014, 2005 .

SOARES, J. L. N.; ESPINDOLA, C. R.; PEREIRA, W. L. M. Physical properties of soil under intensive agricultural management. **Sci. Agric.**, Piracicaba, v.62, n.2, p.165-172, 2005.

SOUZA, L. S.; COGO, N. P.; VIEIRA, S. R. Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em pomar cítrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 367-372, 1997.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B. Atributos físicos de um neossolo quartzarênico e um latossolo vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 11, p.1135-1139, 2005.

SOUZA, Z. M. et al. Variabilidade espacial d atributos físicos em um latossolo vermelho distróico sob semeadura direta, em Selvíria, MS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 699-707, 2001.

SOUZA, Z.M.; ALVES, M.C. **Propriedades físicas e teor de matéria orgânica em um Latossolo Vermelho de cerrado sob diferentes usos e manejos.** 2003. Artigo Hipertexto. Disponível em: <<http://br.monografias.com/trabalhos/propriedades-fisicas-ateria/propriedades-fisicas-materia2.shtml>> Acesso em: 04/01/2008.

SOUZA, Z. M.; JÚNIOR, J. M.; COOPER, M.; PEREIRA, G. T. Micromorfologia do solo e sua relação com atributos físicos e hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 3, p.487-492, 2006.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos do solo e na produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.3, p.533 -542, 2004.

VIEIRA, M. J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 19, n. 7, p. 873-882, jul. 1995.

VILELA, L. A. A. **Avaliação do impacto de gotas sobre um Latossolo Vermelho Escuro irrigado por aspersão.** 1995.76p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Lavras. 1995.

WOHLENBERG, E. V.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BLUME, E. Aggregation dynamics of a sandy soil under five cropping systems in rotation and in succession. **Rev. Bras. Ciênc. Solo** , Viçosa , v. 28, n. 5, 2004 .

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)