



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA: SOLOS E NUTRIÇÃO DE
PLANTAS

ANTONIO ÁLISSON FERNANDES SIMPLÍCIO

AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM SOLO CULTIVADO COM
MELANCIA FERTIRRIGADA NO PERÍMETRO IRRIGADO DO BAIXO ACARAU-
CE

FORTALEZA

2013

ANTONIO ÁLISSON FERNANDES SIMPLÍCIO

**AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM SOLO CULTIVADO COM
MELANCIA FERTIRRIGADA NO PERÍMETRO IRRIGADO DO BAIXO ACARAU-
CE**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal do Ceará - UFC, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Adunias dos Santos Teixeira, PhD.

FORTALEZA

2013

ANTONIO ÁLISSON FERNANDES SIMPLÍCIO

**AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM SOLO CULTIVADO COM
MELANCIA FERTIRRIGADA NO PERÍMETRO IRRIGADO DO BAIXO ACARAU-
CE**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal do Ceará - UFC, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre.

Projeto aprovado em: 17/09/2013.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Adunias dos Santos Teixeira – Ph.D
(Orientador)

Rubens Sonsol Gondim- Dr
(Examinador)

Prof. Raimundo Nonato de Assis Jr. - Dr
(Examinador)

Raimundo Alípio de Oliveira Leão - Dr
(Examinador)

Agradeço a Deus acima de tudo.

Ao meu amado pai João Simplício dos Santos e minha irmã Aline Fernandes Simplício, pelo apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

A DEUS pela vida, saúde e coragem para enfrentar todos os desafios.

A meu amado pai João Simplício dos Santos: Você sempre esteve presente em todos os momentos da minha vida, sorrindo comigo nas horas de felicidade e me aconselhando/apoiando nas horas difíceis, obrigado por NUNCA desistir de mim.

In memoriam de Mirian Lopes Lessa e Antônio Augusto Lessa por estarem sempre presentes, mesmo na ausência.

A toda a minha família: Minhas irmãs Aline Fernandes Simplício e Isadora Andrade Braga Simplício. Minha madrasta Dorisvalda Andrade Braga. Minhas tias e tios: Maria Simplício dos Santos (Elma), Ana Simplício dos Santos (Elda), José Simplício Cavalcante e Afonso Martins Evangelista. A meus queridos primos Afonso Martins Evangelista Jr.(Juninho), Celia Martins Evangelista, AntonioClédson Ribeiro (Pequeno), Cleidimar Simplício Ribeiro (Neneca).

Ao meu orientador Prof. Adunias dos Santos Teixeira, por sempre acreditar que eu sempre posso mais.

Ao DrRaimundo Alípio de Oliveira Leão, pelo incentivo.

A todos os professores Raimundo Nonato de Assis Junior, Jaedson Mota, Boanerges Aquino, Ismail Soares, Maria Eugênia Ortiz Escobar, Fernando Felipe Ferreira Hernandez e Caludivan Feitosa.

A todos os meus colegas de mestrado, Alcione Guimarães, Antônio Alves Filho, Carlos Vítor, Cleiton Saialy, Luis Fancinêlio, Gildivan dos Santos, Bruno Meneses, Gilciane dos Santos, Jordânia Maria, Odílio Coimbra, Henrique Souza Vasconcelos, Lucas Aguiar, Daniel Barbosa, José Oliveira Filho e Thales Pantaleão.

Ao meu amigo Paulo Ricardo, bolsista de graduação CNPq, pela participação indispensável nesse trabalho.

Aos professores Dr. Ricardo Ness e Dr. Raimundo Nonato de Assis Junior por ceder seus laboratórios; e aos laboratoristas Francisco de Assis e Franzé pelo apoio.

Aos amigos que dividiram “teto” Rafael Bezerra, Hernandez Rufino e Leonardo Rufino.

Agradeço ao apoio financeiro da Capes/Reuni para a realização desse trabalho.

Enfim, a todos que contribuíram direta e indiretamente para minha formação.

“Viver no mundo sem tomar consciência do significado do mundo é como vagar por uma imensa biblioteca sem tocar nos livros”

(Os Ensinaamentos Secretos de Todos os Tempos)

RESUMO

Uma das mais importantes e modernas tecnologias atualmente usadas na produção agrícola são os sistemas de fertirrigação, que consiste em aplicar os nutrientes necessários pelas culturas, juntamente com a água da irrigação, proporcionando uma melhoria na eficiência de produção. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as possíveis alterações nos atributos físicos de um solo, causadas pela fertirrigação por gotejamento, em um cultivo de melancia (*Citrullus lanatus* L.) no Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú, no Estado do Ceará. Foram coletadas amostras de solo com estrutura deformada e indeformada em três épocas diferentes do ciclo da cultura (no início do ciclo da cultura (E1), com 34 dias após o plantio (E2) e 59 dias após o plantio (E3)); para duas camadas (0 – 0,15 e 0,15 – 0,30 m) em três situações de manejo de irrigação (área de influência do bulbo úmido fertirrigado contendo a cultura – CC, área de influencia do bulbo úmido fertirrigado sem a cultura - SC e área cultivada apenas irrigada - SF (sem fertirrigação)). Foram realizadas análises físicas de granulometria, argila dispersa em água, densidade do solo e da partícula, porosidade (total, macroporosidade e microporosidade), condutividade hidráulica do solo saturado e curva característica de água no solo; e análises químicas de pH (potencial hidrogeniônico) em água, cálcio (Ca), sódio (Na), potássio (K), magnésio (Mg), alumínio (Al), acidez total (H+Al), fósforo, carbono orgânico total, nitrogênio, relação C/N, matéria orgânica e condutividade elétrica no extrato de saturação (CEes). Os dados experimentais foram analisados considerando o delineamento inteiramente casualizado com arranjo em parcelas sub-subdivididas com 10 repetições. Foram realizados testes para verificar a normalidade dos dados, o teste “F” para a análise de variância e o Tukey para a comparação de médias. O trabalho teve como conclusões: a) a prática da irrigação tendeu a alterar os atributos físicos do solo; b) a fertirrigação não causou alterações nos atributos físicos do solo em um ciclo da cultura da melancia; c) a camada superficial foi a que mais apresentou alterações nos atributos do solo.

Palavras-chaves: Qualidade do solo, solos arenosos, manejos de irrigação.

ABSTRACT

One of the most important and modern technology currently used in agricultural production systems are fertigation, which consists in applying the necessary nutrients to the the crops, through the water irrigation system, providing an improvement in the production efficiency. The study aimed to evaluate possible changes in the soil physical attributes caused by drip fertigation cropped with watermelon (*Citrullus lanatus* L.) and located in the Irrigation Perimeter of the Low Acaraú in the state of Ceará, Brazil. The soil samples were collected with both deformed and undisturbed structure in three different periods of the crop cycle (at the beginning of the cycle, in the middle of the cycle in the 34 days after planting (DAP) and in the late season with 59 DAP), in two depths (0 - 0.15 and 0.15 to 0.30 m) and in in three situations of irrigation / fertigation managements (area of influence of the wet bulb containing fertilized culture - DC, area of influence of the wet bulb fertigated without culture SC (received only fertigation) and only an irrigated area - SF (without fertigation)). Physical attributes of particle size were determined: total clay and clay dispersed in water, soil bulk density and particle porosity (total macro and micropores), aggregate stability and mean weighted diameter, saturated hydraulic conductivity and water retention curve in the soil; Chemical analysis were determined for pH (hydrogen potential) in water, calcium (Ca), sodium (Na), potassium (K), magnesium (Mg), aluminum (Al), total acidity (H + Al), phosphorus, total organic carbon, nitrogen, C / N ratio, organic matter and electrical conductivity in the saturation extract (CEes). The experimental data were analyzed considering a completely randomized design with a split plots with 10 replications and it was conducted tests to verify the normality of the data, the F for the analysis of variance, the Tukey test for comparison of means. It was concluded that: a) the practice of irrigation tended to change the physical attributes of the soil b) the irrigation caused no changes in soil physical properties in a watermelon crop cycle, c) the surface layer was the one that showed changes in soil properties.

Keywords: Quality of soil, sandy soils, irrigation management.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Localização geográfica da área de estudo..... | 28 |
| Figura 2 - Local de coleta de solo: A – Área do bulbo úmido Com a Cultura (CC); B – Área do bulbo úmido Sem a Cultura (SC); C – Área Sem Fertirrigação (SF)..... | 30 |
| Figura 3 - Infiltrômetro de tensão montado no campo. | 34 |
| Figura 4 - Diferença entre as cores do solo para as camadas 0 - 0,15 e 0,15 - 0,30 m, respectivamente. | 39 |
| Figura 5 - Valores médios de grau de floculação para as três épocas (E1, E2 e E3) nas camadas 0 – 0,15 m (A) e 0,15 – 0,30 m (B). | 42 |
| Figura 6 - Valores médios da densidade do solo (Mg. m^{-3}) nas épocas 1,2 e 3 para as camadas 0- 0,15m e 0,15 – 0,30m. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula entre profundidades, e pela mesma letra minúscula na mesma profundidade, não diferem pelo teste de Tukey(Apêndice B e H). | 43 |
| Figura 7 - Média da porosidade total entre as épocas (1, 2 e 3) e os manejos (com cultura, sem cultura e sem fertirrigação). Médias seguidas pela mesma letra minúscula entre épocas e letras maiúsculas entre manejos não diferem pelo teste de Tukey(Apêndice C e I)..... | 44 |
| Figura 8 - Média da porosidade total entre as épocas (1, 2 e 3) e as camadas 0 – 0,15 e 0,15 – 0,30 m. Médias seguidas pela mesma letra minúscula entre épocas e letras maiúsculas entre profundidades não diferem pelo teste de Tukey(Apêndice C e I)..... | 45 |
| Figura 9 - Valores médios da macroporosidade entre as épocas (1, 2 e 3) e os manejos (com cultura, sem cultura e sem fertirrigação). Médias seguidas pela mesma letra minúscula entre épocas e letras maiúsculas entre manejos não diferem pelo teste de Tukey(Apêndice D e J). | 45 |
| Figura 10 - Valores médios da macroporosidade entre as épocas (1, 2 e 3) e as camadas 0 – 0,15 e 0,15 – 0,30 m. Médias seguidas pela mesma letra maiúsculas não diferem pelo teste de Tukey(Apêndice D e J). | 46 |
| Figura 11 - Valores médios da microporosidade entre as épocas (1, 2 e 3) e os manejos (com cultura, sem cultura e sem fertirrigação). Médias seguidas pela mesma letra minúscula entre épocas e letras maiúsculas entre manejos não diferem pelo teste de Tukey(Apêndice E e K). | 46 |
| Figura 12 - - Curva característica de água no solo na camada 0 – 0,15 m, para os manejos com cultura (CC), sem cultura (SC) e sem fertirrigação (SF) nas épocas E1, E2 e E3. | 48 |

Figura 13 - Curva característica de água no solo na camada 0,15 - 0,30 m, para os manejos com cultura (CC), sem cultura (SC) e sem fertirrigação (SF) nas épocas E1, E2 e E3. ...49

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Nutrientes utilizados diariamente na fertirrigação durante todo o ciclo da cultura. | 29 |
| Tabela 2 - Análises químicas das amostras coletadas nas épocas E1, E2 e E3; área inicial (A); manejos com cultura (CC), sem cultura (SC) e sem fertirrigação. (SF). | 38 |
| Tabela 3 - Granulometria e classe textural. | 39 |
| Tabela 4- Valores médios de log. da argila dispersa em água (g) na interação das épocas 1, 2 e 3 com os manejos sem cultura (SC), com cultura (CC) e sem fertirrigação (SF). Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, e mesma letra maiúscula na linha, não diferem por Tukey (Apêndice A e G). | 40 |
| Tabela 5 - Valores médios de log da argila dispersa em água na interação das épocas 1, 2 e 3 com as camadas 0 – 0,15 e 0,15 – 0,30 m. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, e mesma letra maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey(Apêndice A e G). | 41 |
| Tabela 6- Valores médios da densidade do solo ($Mg.m^{-3}$) na interação das épocas 1, 2 e 3 com os manejos sem cultura (SC), com cultura (CC) e sem fertirrigação (SF). Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, e mesma letra maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey(Apêndice B e H). | 43 |
| Tabela 7 - Condutividade hidráulica saturada [Log (mm h-1)] nas três épocas (E1, E2 e E3) e nos três manejos com cultura (CC), sem cultura (SC) e sem fertirrigação (SF). Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, e mesma letra maiúscula na linha, não diferem por Tukey(Apêndice F e L). | 47 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| RESUMO | 10 |
| ABSTRACT | 11 |
| 1. INTRODUÇÃO | 17 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 19 |
| 2.1. Cultura da melancia..... | 19 |
| 2.2. Fertirrigação | 19 |
| 2.3. Qualidade do solo..... | 21 |
| 2.4. Atributos físicos de qualidade do solo | 22 |
| 2.4.1. Densidade do solo | 22 |
| 2.4.2. Porosidade | 23 |
| 2.4.3. Argila dispersa em água e grau de flocculação..... | 23 |
| 2.4.4. Condutividade hidráulica do solo saturado | 24 |
| 2.4.5. Curva característica de água no solo | 25 |
| 2.5. Atributos químicos de qualidade do solo | 26 |
| 2.6. Processos de umedecimento e secagem do solo..... | 26 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 28 |
| 3.1. Caracterização da área de estudo | 28 |
| 3.2. Amostragem do solo..... | 30 |
| 3.3. Análises físicas..... | 31 |
| 3.3.1. Análise granulométrica | 31 |
| 3.3.2. Argila dispersa em água | 31 |
| 3.3.3. Grau de flocculação..... | 31 |
| 3.3.4. Densidade do solo | 32 |
| 3.3.5. Densidade das partículas | 32 |
| 3.3.6. Porosidade | 33 |
| 3.3.7. Condutividade hidráulica saturada..... | 33 |
| 3.3.8. Curva característica de água no solo | 34 |
| 3.4. Análises químicas..... | 34 |
| 3.5. Análise estatística..... | 35 |

| | |
|---|----|
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 37 |
| 4.1 Análises químicas..... | 37 |
| 4.2 Análises físicas..... | 39 |
| 4.2.1 <i>Granulometria</i> | 39 |
| 4.2.2 <i>Argila dispersa em água e grau de floculação</i> | 39 |
| 4.2.3 <i>Densidade do solo</i> | 42 |
| 4.2.4 <i>Porosidade</i> | 44 |
| 4.2.5 <i>Condutividade hidráulica saturada</i> | 47 |
| 4.2.6 <i>Curva característica de água no solo</i> | 48 |
| 5. CONCLUSÕES..... | 50 |
| REFERÊNCIAS | 51 |
| APÊNDICE | 57 |
| ANEXO..... | 75 |

1. INTRODUÇÃO

A melancia (*Citrullus lanatus* L.), pertencente à família das Cucurbitaceas, apresenta hábito rasteiro com ramificações que podem alcançar de 3 a 5 metros de comprimento e as raízes desenvolvem-se no sentido horizontal, concentrando-se nos primeiros 0,30 m do solo, embora algumas raízes alcancem maiores profundidades (CASALI; SATURNINO; PEDROSA, 1982). Os principais produtores mundiais são China, Turquia, Irã, Brasil, Estados Unidos, Egito e Rússia. No Brasil, o Nordeste se destaca com 28,80% da produção nacional, sendo Bahia, Rio Grande do Norte e Pernambuco os maiores produtores (IBGE, 2010). No perímetro Irrigado do Baixo Acaraú, a cultura da melancia é a segunda mais cultivada, abrangendo uma área de até 787,3 ha, sendo superada apenas pela cultura do coco com 926,3 ha (DNOCS, 2012).

Os principais fatores limitantes da produção agrícola na região Nordeste do Brasil, especificamente no semiárido, são o déficit hídrico e a irregularidade pluvial. Portanto, a irrigação torna-se indispensável à sustentabilidade do setor agrícola nessas regiões, garantindo boas produtividades sem uma total dependência das condições climáticas. Um sistema bastante utilizado de irrigação é o gotejamento, no qual utilizam-se pequenos gotejadores, diminuindo assim a quantidade de água aplicada e conseqüentemente minimizando as perdas durante as aplicações. Outra tecnologia bastante utilizada é a fertirrigação, que se baseia no fornecimento de nutrientes exigidos pela cultura, no momento que a plantas necessitam juntamente com a água de irrigação. O objetivo da irrigação é melhorar a produtividade da cultura e a eficiência da adubação ao fornecer água e nutrientes nas épocas e quantidades ideais para o cultivo.

Araújo *et al.* (2012) explicam que a qualidade do solo dependerá da extensão em que o solo funcionará para o benefício humano, de acordo com a sua composição natural, sendo também fortemente relacionada com as práticas intervencionistas do homem. Porém, ela não pode ser mensurada diretamente e sim estimada a partir de indicadores de qualidade do solo como temperatura do solo, pH (potencial hidrogeniônico), conteúdo de água, teores de nutrientes, densidade do solo, matéria orgânica, agregação e condutividade hidráulica. KARLEN *et al.* (1997) consideram indicadores de qualidade do solo como propriedades mensuráveis do solo ou da planta acerca de um processo ou atividade e que permitem caracterizar, avaliar e acompanhar as alterações ocorridas num dado ecossistema.

Em perímetros irrigados é comum a aplicação de grandes quantidades de adubos minerais e orgânicos, principalmente em regiões onde o solo é predominantemente arenoso. Estas super adubações podem causar modificações nos atributos dos solos, as quais, o conhecimento dessas alterações sofridas pelos solos é primordial para uma melhor escolha do manejo utilizado.

Com o fornecimento de fertilizantes via fertirrigação por gotejamento, esse tipo de adubação concentra os nutrientes e a água são concentradas próximos às raízes da planta, formando uma área conhecida como “bulbo úmido”, a qual é a mais afetada por esse manejo.

Partindo da hipótese de que a fertirrigação causa mudanças nos atributos físicos do solo, este trabalho teve como objetivo avaliar as possíveis alterações nos atributos físicos de um solo, causadas pela fertirrigação por gotejamento, em um cultivo de melancia (*Citrullus lanatus* L.) no Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú, no Estado do Ceará, através de indicadores físicos de qualidade do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cultura da melancia

A melancia (*Citrullus lanatus*) é uma planta herbácea de ciclo vegetativo anual (75 a 110 dias dependendo da variedade); com sistema radicular extenso, mas superficial, com predomínio de raízes nos primeiros 0,30 m do solo; os caules são rastejantes angulosos, estriados, pubescentes, com gavinhas ramificadas, possuindo folhas profundamente lobadas; a espécie é monóica e as flores são solitárias, pequenas, de corola amarela, e permanecem abertas durante menos de um dia, sendo polinizadas por insetos.

A melancia é a Cucurbitaceae mais cultivada no mundo (GUNER; WEHNER, 2009). Os principais produtores mundiais são a China, Turquia, Irã, Brasil, Estados Unidos, Egito e Rússia, com uma produção anual estimada em 98,4 milhões de toneladas (FAO, 2010). As principais regiões produtoras de melancia no Brasil são Sul, Nordeste e Norte, contribuindo com 34,77%, 28,80% e 13,65%, respectivamente, do total da produção nacional. Na região Nordeste, os principais estados produtores são Bahia, Rio Grande do Norte e Pernambuco; o Ceará responde com uma produção média de 56.285 t (IBGE, 2010).

Figueirêdo *et al.* (2009) destacam que a melancia tem-se consolidado como uma das principais espécies olerícolas cultivadas no País, mesmo sendo considerada por Andrade Júnior *et al.* (2006) como uma cultura de alto risco por conta da sazonalidade nos preços recebidos pelos produtores, e aos problemas agrônômicos da cultura, como a baixa produtividade, que está relacionada ao manejo inadequado da irrigação e da adubação.

No perímetro Irrigado do Baixo Acaraú, a cultura da melancia é a segunda mais cultivada, abrangendo uma área de 787,3 ha, sendo superada apenas pela cultura do coco, com 926,3 ha (DNOCS, 2012).

2.2. Fertirrigação

A irrigação é uma prática agrícola de fornecimento artificial de água às culturas, onde e quando as chuvas não são suficientes para suprir as necessidades hídricas das plantas. No Nordeste brasileiro, a irrigação é de suma importância para manter a produtividade agrícola durante todo o ano, pois o déficit hídrico nessa região é bastante elevado. Os métodos de irrigação são aspersão, superficial, subterrânea e localizada, sendo que a localizada

consiste em um método na qual a água é aplicada diretamente no local de maior concentração de raízes. Um sistema de irrigação localizada bastante utilizado é o gotejamento, que consiste em utilizar pequenos gotejadores, diminuindo-se as quantidades de água utilizadas no sistema, conseqüentemente minimizando as perdas de nutrientes durante as aplicações quando se utiliza a fertirrigação.

Dentre as vantagens da irrigação, Pinto (2009) destaca a possibilidade de se utilizar o próprio sistema de irrigação como meio condutor e distribuidor de produtos químicos como fertilizantes, inseticidas, herbicidas, nematicidas, reguladores do crescimento, dentre outros, simultaneamente com a água de irrigação, prática conhecida atualmente como quimigação.

A fertirrigação consiste basicamente na aplicação de fertilizantes junto com a água de irrigação, fornecendo nutrientes exigidos pela cultura, em quantidades recomendadas no momento que as plantas necessitam, com a finalidade de alcançar altas produtividades. Dentre os métodos de injeção de fertilizantes nos sistemas de irrigação destacam-se as bombas centrífugas, bombas de deslocamento positivo, diferencial de pressão e métodos baseados no princípio de Venturi.

Dentre as vantagens de adoção da fertirrigação, Melo (2009) cita: o atendimento das necessidades nutricionais da cultura; melhor distribuição e localização dos fertilizantes próximos à zona das raízes, as quantidades e concentrações dos nutrientes podem ser adaptadas à necessidade da planta em função de seu estágio fenológico e condições climáticas, melhor controle da profundidade de aplicação do fertilizante, menor compactação do solo pelo menor tráfego de máquinas na lavoura, menor perda de nutrientes por lixiviação e economia de mão de obra, dentre outros.

A principal desvantagem da fertirrigação está na solubilidade e compatibilidade dos nutrientes (ANEXO A), pois todos devem ser de alta solubilidade e compatibilidade, caso contrário, podem ocorrer entupimentos nos orifícios dos emissores.

Na aplicação de adubos na forma convencional, sabe-se que apenas 1/3 dos adubos são realmente incorporados ao solo e efetivamente aproveitados pelas culturas, sendo o restante perdidos por lixiviação, escoamento superficial e volatilização; já na aplicação via fertirrigação, os nutrientes são fornecidos no momento e em quantidades adequadas para as plantas, diminuindo e até eliminando as perdas, aumentando a eficiência e o aproveitamento dos adubos (ANDRADE JÚNIOR *et al*, 2006).

A melancia, a exemplo de outras olerícolas, tem na nutrição mineral um dos fatores que contribuem diretamente na produtividade e na qualidade dos frutos (MELO, 2009). Os principais adubos utilizados para a melancia, além da calagem, são os fertilizantes nitrogenados, fosfatados (P_2O_5) e os potássicos (K_2O), em quantidades recomendadas de acordo com as análises do solo e curvas de respostas da cultura.

2.3. Qualidade do solo

Até o início da década de 90, o termo qualidade do solo sempre esteve relacionado com a produtividade agrícola, porém, com a publicação do relatório “Soil and water quality – an agenda for agriculture” (NATURAL RESEARCH COUNCIL -NRCC, 1993), o termo passou a ser estudado levando em consideração a razão de seu papel em ecossistemas naturais e agroecossistemas.

Existem inúmeros conceitos sobre o termo qualidade do solo. Segundo o Serviço de Conservação dos Recursos Naturais (NRCS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a qualidade do solo é expressa como a capacidade do solo em desempenhar suas funções no momento atual e a preservação dessas funções para uso futuro (USDA-NRCS, 2008). Araújo *et al.* (2012) explicam, em linhas gerais, que a qualidade do solo dependerá da extensão em que o solo funcionará para o benefício humano, de acordo com a sua composição natural, sendo também fortemente relacionada com as práticas intervencionistas do homem.

A qualidade do solo não pode ser mensurada diretamente, porém, pode ser estimada a partir de indicadores de qualidade do solo. KARLEN *et al.* (1997) consideram indicadores de qualidade do solo como propriedades mensuráveis do solo ou da planta acerca de um processo ou atividade e que permitem caracterizar, avaliar e acompanhar as alterações ocorridas num dado ecossistema.

Segundo Islam e Weil (2000), os indicadores de qualidade dos solos podem ser divididos em três grupos: o primeiro grupo está relacionado com os atributos denominados efêmeros, que são aqueles que representam alterações em curto tempo, dentre os quais podem ser citados temperatura, pH, conteúdo de água, respiração do solo e teores de nutrientes; o segundo grupo engloba atributos denominados intermediários, os quais são alterados com o manejo após alguns anos, podendo ser citados a quantidade de matéria orgânica, a resistência à penetração do solo e condutividade hidráulica; e por último, têm-se os atributos definidos

como permanentes, aqueles intrínsecos ao solo e que não sofrem alterações em curto prazo, dentre os quais se destacam componentes mineralógicos, textura, profundidade do solo e pedoclima.

2.4. Atributos físicos de qualidade do solo

A qualidade física de solos é um importante elemento de sustentabilidade, sendo uma área de estudo em contínua expansão (REYNOLDS *et al.*, 2002). Ela descreve basicamente como o solo permite a infiltração, retenção e disponibilidade de água às plantas, permitindo as trocas de calor e de gases com a atmosfera e raízes das plantas e o crescimento das raízes (REICHERT; REINERT; BRAIDA, 2003).

Os principais indicadores físicos de qualidade dos solos, segundo Araújo *et al.* (2012) são: textura, espessura dos horizontes, densidade do solo, resistência à penetração, porosidade, capacidade de retenção de água, condutividade hidráulica e estabilidade de agregados.

2.4.1. Densidade do solo

A densidade do solo expressa a razão entre a massa de uma amostra de solo seco em estufa a 105° C e seu volume indeformado é um parâmetro que serve como indicador de sua compactação, sendo muito utilizadas nas avaliações do estado estrutural dos solos (SCAPINI *et al.*, 1998).

Reinert, Reichert e Silva (2001) utilizaram como referência o conteúdo de argila para propor valores críticos de densidade do solo, sendo 1,45 Mg m^{-3} para solos com mais de 55% de argila; 1,55 Mg m^{-3} para solos com teor de argila entre 20 e 55% e 1,65 Mg m^{-3} para solos com menos de 20% de argila. Queiroz-Voltan, Nogueira e Miranda (2000) avaliando o desenvolvimento de cultivares de soja, concluíram que os valores de densidade do solo abaixo de 1,5 Mg m^{-3} não afetaram o desenvolvimento da cultura; em seus experimentos, Reichert, Reinert e Braida (2003) consideram 1,55 Mg m^{-3} como densidade crítica para o bom crescimento do sistema radicular em solos de textura média. Em trabalhos realizados por Cruz (2003) foi constatado que a aplicação de chorume via fertirrigação em um Neossolo Quartzarênico, independente da proporção, reduziu a densidade do solo de 1,6 para até 1,4 Mg m^{-3} .

2.4.2. Porosidade

A porosidade é um atributo físico definido pela relação entre o volume de poros e o volume total de um certo material, ela interfere na aeração, condução e retenção de água, resistência à penetração, ramificação das raízes no solo e, conseqüentemente, no aproveitamento de água e nutrientes disponíveis (TOGNON, 1991).

Segundo Othmer, Diekkruger e Kutilek (1991), os poros dos solos são classificados em macroporos e microporos, sendo os macroporos responsáveis pelo livre movimento do ar, da água e do crescimento radicular e os microporos pelo armazenamento de água. Com a soma dessas duas classes tem-se a porosidade total de um solo. LIBARDI (2005) explica que a densidade do solo e sua porosidade são atributos dinâmicos e inversamente relacionados, isto é, quanto maior a densidade menor a porosidade, sendo suscetíveis ao manejo e de fácil determinação, estando relacionadas à compactação e à relativa restrição ao crescimento radicular.

A redução no número dos macroporos pode ocorrer devido à pressão mecânica de máquinas agrícolas, à compressão do ar nos microporos dos agregados durante os ciclos de umedecimento e secagem do solo, à força cinética da gota d'água da chuva, à aração profunda, dentre outros (ARAÚJO *et al.*, 2012). Viana, Fernandes Filho e Schaefer (2004), aplicaram 10 ciclos de umedecimento e secagem em um Latossolo e observaram mudança na quantidade de poros, que pode ser atribuída a um mecanismo de acomodação e rearranjo das partículas após os ciclos após esses ciclos. Magalhães Filho (2010) relatou uma diminuição na porosidade total de um Latossolo cultivado com algodão fertirrigado com águas residuárias.

2.4.3. Argila dispersa em água e grau de floculação

A dispersão nada mais é do que um processo de desagregação promovida pelo manejo inadequado do solo, pois o equilíbrio em solos cultivados intensivamente é mais facilmente alterado e isso pode aumentar a dispersão das partículas de argila, degradando a estrutura original do solo.

Entre as práticas agrícolas que podem influenciar a dispersão da fração argila estão a aplicação de calcário para a neutralização do Al^{3+} trocável, pois o aumento das cargas negativas no solo causadas pela calagem faz com que a repulsão eletrostática entre as partículas coloidais aumente, facilitando a dispersão do solo; a aplicação de fertilizantes de

elevado índice salino e variações do Ph (CARVALHO JR; FONTES; COSTA, 1998). O excessivo revolvimento do solo também interfere nessa dispersão, fracionando os agregados e expondo a matéria orgânica à ação oxidante, causando a sua degradação e, conseqüentemente, a diminuição do seu efeito aglutinante, resultando em aumento da argila dispersa em água do solo (CARVALHO; FIGUEIREDO; COSTA, 1999). Um dos fatores determinantes para ocorrência de dispersão ou floculação da fração argila é a espessura da dupla camada difusa de Gouy-Chapman e de Stern (SPERA *et al.*, 2008), já que a argila dispersa em água e o grau de floculação são inversamente proporcionais. Meurer *et al.* (2006) relatam que cátions com alto grau de hidratação (íons Na⁺, K⁺ e outros) formam complexos de esfera externa e aumentam a distância entre as partículas, dispersando-as. Essa argila dispersa em água pode eluiar no perfil do solo e produzir horizontes mais ricos em argila, bem como pode obstruir os poros do solo reduzindo a aeração e a infiltração de água.

Erthal *et al.* (2010) constatou que a aplicação via fertirrigação de água residuária de bovinocultura aumentou o percentual de argila dispersa em água no decorrer do tempo, principalmente na camada superior, este fato pode ser devido sobretudo ao efeito acumulativo de sódio e potássio nesta camada, favorecendo à dispersão, e também ao impacto das gotas de água sobre a superfície, causando desagregação das partículas do solo. Homem *et al.* (2012) estudaram os efeitos da água residuária de criatórios de animais aplicada via fertirrigação e observaram resultados semelhantes, ou seja, características dispersantes.

2.4.4. Condutividade hidráulica do solo saturado

A condutividade hidráulica do solo representa a facilidade com que a água é transportada através do espaço poroso do solo e seu valor é máximo quando o solo se encontra saturado, diminuindo à medida que se reduz o teor de água do solo. Ela é dependente dos atributos do solo que têm reflexo na geometria porosa do mesmo, como distribuição de tamanho e forma de suas partículas, tortuosidade, superfície específica e porosidade (LIBARDI, 2005).

O conhecimento das características físico-hídricas torna-se uma premissa básica quando se pretende estabelecer práticas de manejo adequadas de solo e de culturas, pois a não observância desses conceitos ocasionará em erros nos manejos dos solos (CAMPOS *et al.*, 2007).

A determinação da condutividade hidráulica de um solo pode ser determinada direta e indiretamente, sendo que os métodos indiretos consistem em expressar uma relação entre condutividade hidráulica e as propriedades do solo como textura, porosidade, densidade, etc; já os métodos diretos são realizados em laboratório ou no campo (MARQUES *et al.*, 2008). Segundo os mesmos autores os métodos laboratoriais apresentam facilidade e rapidez de execução, porém também podem ser desvantajosos por conta das alterações (alteração da sua estrutura) sofridas pela amostra retirada no campo. Os métodos de campo podem ser mais precisos, pois os dados são coletados diretamente no campo, porém não se pode esquecer a grande variabilidade que pode ocorrer no solo, pois segundo Angelotti Netto e Fernandes (2005), a condutividade hidráulica de um solo pode variar dentro de um mesmo solo.

Em experimentos realizados por Homem *et al.* (2012) foi constatada a redução da condutividade hidráulica do solo em áreas fertirrigadas com águas residuárias de criatórios de animais. Segundo os autores, essa redução provavelmente foi provocada pela dispersão da argila.

2.4.5. Curva característica de água no solo

Outro atributo importante para avaliar a qualidade dos solos é a curva característica de água, que expressa a relação entre a energia com que a água está retida e o teor de água no solo (SILVA *et al.*, 2010). A partir da curva característica de água no solo é possível calcular a quantidade de água que um solo pode reter dentro de determinados limites de potenciais matriciais. Ela é essencial em estudos de qualidade do solo com vistas a orientar as práticas de uso e o manejo sustentável dos sistemas de produção agrícola. Essa retenção de água no solo ocorre por dois processos: forças capilares e de adsorção que dão origem ao potencial mátrico do solo (LIBARDI, 2005).

A armazenagem de água no solo é afetada pela textura, de forma que, quanto maior for o conteúdo de argila maior será, em geral, o teor de água retida sob um determinado potencial matricial e mais suave será a inclinação da curva devido a uma distribuição mais uniforme de tamanho dos poros. Em solos arenosos, pequenos incrementos de tensão provocam redução considerável no teor de água, a explicação para isto reside na grande quantidade de macroporos que esses solos apresentam (AMARO FILHO; ASSIS JÚNIOR; MOTA, 2008). A estrutura, tipo de argila e teor de matéria orgânica são outros elementos que tem influência sobre o comportamento da curva (MOTA *et al.*, 2010).

2.5. Atributos químicos de qualidade do solo

O modelo de produção agrícola adotado em grande escala atualmente tem como base a aplicação de agroquímicos como adubos, corretivos e outras práticas de manejo para a obtenção de altas produtividades. Alvarenga e Davide (1999) citam capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por alumínio (m%) e saturação de bases (V%) como os principais indicadores químicos de qualidade dos solos.

A capacidade de troca de cátions apresenta grande importância no que diz respeito à fertilidade do solo, uma vez que indica a capacidade total de retenção de cátions, os quais, em geral, irão tornar-se disponíveis às plantas (CHAVES *et al.*, 2004). O pH também apresenta grande importância sobre os atributos químicos e físicos dos solos, pois influencia fortemente a agregação das partículas e consequentemente a distribuição estrutural entre os vazios e a fase sólida do solo (NOGUEIRA, 2005).

Apesar da pouca contribuição em termos de massa total em solos minerais, a fração orgânica pode exercer acentuada influência nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, bem como nos processos de funcionamento do ecossistema (REICHERT; REINERT; BRAIDA, 2003). Segundo Mielnickzuk (1999), ela é referida como indicadora da qualidade do solo em virtude de sua suscetibilidade a alterações em relação às práticas de manejo e por correlacionar-se com a maioria das propriedades do solo; o mesmo autor cita como uma das funções da matéria orgânica na qualidade do solo, a sua fundamental importância na formação de agregados, principalmente em solos arenosos, pois ela forma e estabiliza esses agregados através da aproximação das partículas minerais. A quantidade de matéria orgânica também é influenciada pela adição de fertilizantes químicos e materiais orgânicos, que atuam melhorando os processos biológicos de decomposição e mineralização da matéria orgânica do solo (Leite, 2003).

Aplicação de fertilizantes também podem causar efeitos secundários sobre os atributos físicos dos solos, como por exemplo: a aplicação de fertilizantes aumentam a densidade radicular, proporcionando modificações nas características físicas dos solos.

2.6. Processos de umedecimento e secagem do solo

Os ciclos de umedecimento e secagem são geralmente mais intensos nas camadas mais superficiais, devido principalmente à concentração da atividade radicular e maior

quantidade de matéria orgânica; esses processos tendem a alterar os atributos físicos dos solos, principalmente em áreas irrigadas, onde a quantidade e a frequência de água aplicada são superiores as condições naturais (HORN; DEXTER, 1988). Bastos,*et al.*, (2005) explica que a matéria orgânica, os óxidos e os hidróxidos são agentes cimentantes, tanto das partículas primárias quanto das partículas secundárias do solo, seus estudos observaram que ciclos de umedecimento e secagem reduziram os efeitos dos compostos orgânicos adicionados sobre a agregação do solo. Horn (1990) também relata que esses ciclos provocam a desintegração dos ligantes orgânicos e inorgânicos do solo, que resulta na formação de agregados maiores.

Dexter (1991) destaca que em solos de textura média a argilosa, no processo de secagem, o solo se contrai formando fissuras, que podem se tornar importantes vias que facilitam a percolação da água; por outro lado, quando o solo recebe água, as fissuras diminuem lentamente até desaparecerem. A frequência desses ciclos de umedecimento e secagem dos solos podem ser responsáveis por alterações na estrutura dos solos.

Segundo Maltoni (1994), os principais atributos físicos alterados pelo ciclo sucessivo de umedecimento e secagem dos solos são densidade, porosidade e principalmente a agregação. Oliveira (1994) avaliou a estabilidade de agregados submetidos a ciclos de umedecimento e secagem do solo e relataram a fragmentação dos agregados. Em solos irrigados no oeste da Austrália, Chan e Hulugalle (1999) verificaram que ciclos de umedecimento e secagem do solo aliados a práticas de manejo de cultivo mínimo, possuem taxas de mineralização da matéria orgânica é mais rápida que em solos sob sistemas não irrigados.

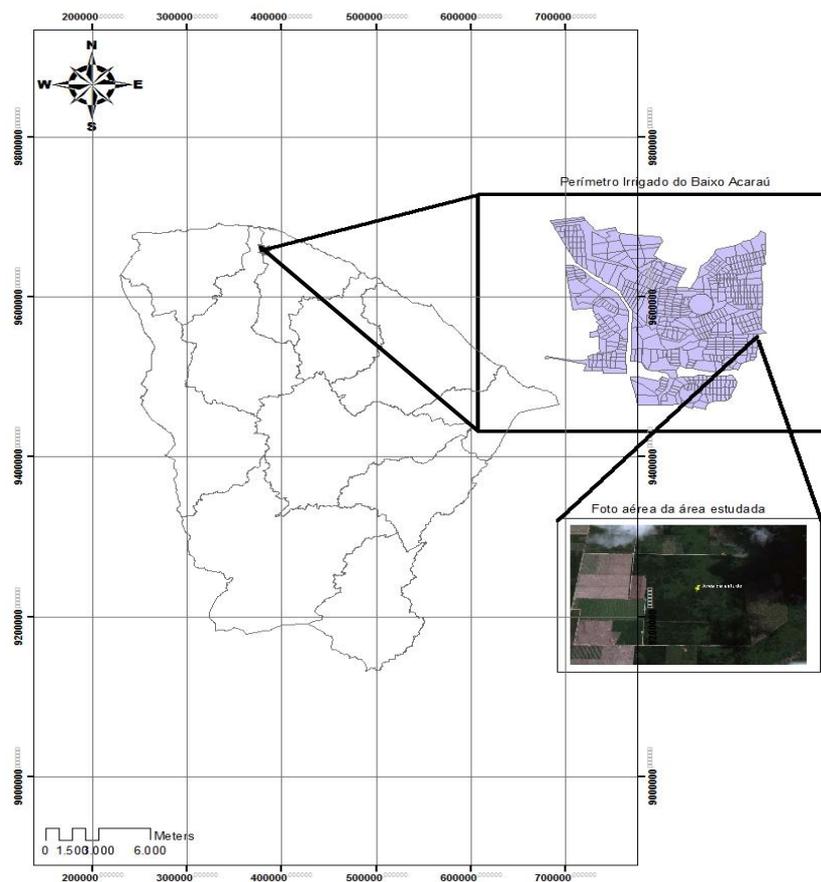
3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área de estudo

O experimento foi desenvolvido no período de novembro de 2012 a janeiro de 2013, em uma área de quatro (4) hectares cultivada com melancia, cv. Olimpia, no Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú.

Localizado na região Norte do estado do Ceará, no trecho final da bacia do Rio Acaraú (Figura 1), o perímetro abrange as áreas dos municípios de Acaraú, Bela Cruz e Marco (Latitude: 386614, Longitude: 9656645).

Figura 1 - Localização geográfica da área de estudo



Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw' – tropical chuvoso, quente e úmido, sendo que as chuvas ocorrem no verão-outono com precipitação média anual de 960 mm e evaporação potencial aproximada de 1600 mm anuais (AQUINO, 2007). O trabalho foi realizado sobre área de domínio Podzólico Vermelho Amarelo, com

inclusões de Areias Quartzosas, seguindo Levantamento Exploratório de Reconhecimento de Solos do Estado do Ceara . (BRASIL, 1973).

A área, antes composta por mata nativa, foi desmatada, destocada e preparada com grade aradora. A melancia foi cultivada com espaçamento de 0,8 x 4 m (0,8 m entre plantas e 4 m entre linhas), irrigadas por gotejamento e adubada via fertirrigação. O sistema de irrigação era acionado 2 vezes ao dia com um tempo de funcionamento de 4 horas para cada pulso, divididas em 6 horas de irrigação e 2 horas de fertirrigação.

Na adubação de fundação foi adicionados ao solo 4000 kg/ha de esterco de frango e 50 g de MAP granulado por planta. Foi aplicado 50 g de NPK 20-10-20 por planta com 10 e 20 dias após a emergência (DAE). Na tabela 1 podem-se observar as quantidades e as épocas de aplicação diárias dos nutrientes via fertirrigação.

Tabela 1 - Nutrientes utilizados diariamente na fertirrigação durante todo o ciclo da cultura

| DOS 30 AOS 40 DAE | DOS 41 AOS 44 DAE | DOS 46 AOS 50 DAE |
|------------------------------------|---|---|
| 3kg de Uréia | 7 kg de MAP em pó | 4 kg de Uréia |
| 4 kg de Cloreto de potássio branco | 3 kg de Uréia | 2 kg de Map em pó |
| 8 kg de MAP em pó | 5 kg de Cloreto de potássio branco | 6 kg de Sulfato de potássio |
| 4 kg de Sulfato de Magnésio | 3 kg de Sulfato de magnésio | 2 kg de Nitrato de potássio |
| 1 L de Ácido fosfórico | 1 L de Ácido fosfórico | 3 kg de Magnésio |
| 8 Kg de Nitrato de Cálcio | 7 kg de Nitrato de Cálcio + 2 Kg de Sulfato de magnésio | 1 L de Ácido fosfórico |
| - | - | 7 kg de Nitrato de Cálcio + 2 Kg de Sulfato de magnésio |
| DOS 51 AOS 55 DAE | DOS 56 AOS 60 DAE | TOTAL |
| 6 kg de Sulfato de potássio | 7 kg de Sulfato de potássio | 175 kg de MAP granulado (FUNDAÇÃO) |
| 2 kg de Nitrato de potássio | 2 kg de Nitrato de potássio | 350 kg de NPK 20-10-20 |
| 2 kg de Sulfato de Magnésio | 1 L de Ácido fosfórico | 75 kg de Uréia |
| 10 kg de Nitrato de cálcio | | 75 Kg de Cloreto potássio branco |
| - | - | 125 kg de MAP em pó |
| - | - | 100 kg de Sulfato de magnésio |
| - | - | 100 kg de Sulfato de potássio |
| - | - | 200 kg de Nitrato de cálcio |
| - | - | 25 kg de Nitrato de potássio |
| - | - | 40 L (kg) de Ácido Fósforo |

3.2. Amostragem do solo

Foram realizadas coletas de solo em três períodos: no início do ciclo da cultura, com 34 dias após o plantio (DAP), e com 59 DAP (Épocas 1, 2 e 3 respectivamente). As camadas analisadas foram 0,15 e 0,30 m.

Foram realizadas coletas em três locais diferentes da área cultivada, a primeira foi identificada como área de influência do bulbo úmido fertirrigado contendo a cultura (Com Cultura - CC), que corresponde ao local onde a planta é cultivada e onde a água juntamente com os nutrientes é aplicada. A segunda área é idêntica à primeira, contudo não contendo a cultura (Sem Cultura - recebe água e a fertirrigação - SC). E a terceira área foi cultivada e apenas irrigada, ou seja, não contendo nutrientes dissolvidos na água (Sem Fertirrigação - SF). Os locais de coleta de solos podem ser observados na Figura 2.

Figura 2 - Local de coleta de solo: A – Área do bulbo úmido Com a Cultura (CC); B – Área do bulbo úmido Sem a Cultura (SC); C – Área Sem Fertirrigação (SF).



Para as análises físicas de granulometria, argila dispersa em água, grau de floculação, densidade da partícula e análises químicas, foram utilizadas amostras com estrutura deformada. Para as análises físicas de densidade do solo, porosidade (total, macro e microporosidade) e curva característica de água no solo, foram utilizadas amostras com estrutura indeformada. Os ensaios de condutividade hidráulica foram realizados in situ.

As amostras com estrutura indeformada foram coletadas com o auxílio de um amostrador do tipo Uhland em cilindros de aço. Para as coletas com estrutura deformada, foram utilizados sacos plásticos devidamente etiquetados.

3.3. Análises físicas

3.3.1. Análise granulométrica

A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta (GEE; BAUDER, 1986), conforme manual da Embrapa (2011). Como dispersante da TFSA (Terra fina seca ao ar) foi utilizado hidróxido de sódio (NaOH)1N. As determinações das partículas de silte e argila foram realizadas por meio de sedimentação seguindo a Lei de Stokes, enquanto a separação da fração areia foi realizada por peneiramento de acordo com a classificação granulométrica do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA).

3.3.2. Argila dispersa em água

Para a determinação da argila dispersa em água foram utilizados os mesmos procedimentos da determinação granulométrica, porém, sem a utilização de dispersante químico hidróxido de sódio (NaOH)1N utilizando a equação 1.

$$\%ADA = PA * 200 * Fator "f" \quad (1)$$

Onde:

%ADA = Porcentagem de argila dispersa em água;

PA = Peso da argila;

f = Fator de correção obtido através da razão entre terra fina seca ao ar e terra fina seca em estufa.

200 = Fator de correção entre 25 g de terra fina seca ao ar para um cilindro de 1000 ml de água.

3.3.3. Grau de flocculação

Para o cálculo do grau de flocculação foi utilizada a equação 2.

$$\text{Grau de flocculação}(\%) = \frac{(\text{Argila total} - \text{Argila natural})}{\text{Argila total}} * 100 \quad (2)$$

Onde:

Argila Total = Argila dispersa com hidróxido de sódio (NaOH) 1 N (g).

Argila Natural = Argila dispersa em água sem o dispersante hidróxido de sódio (NaOH) 1 N (g).

3.3.4. Densidade do solo

A densidade do solo (ρ_s) foi determinada de acordo com o método do anel volumétrico descrito por Blake e Hartge (1986). Com o auxílio de um amostrador do tipo Uhland, foram coletadas amostras com estruturas indeformadas e colocadas para secar em uma estufa a temperaturas entre 105 e 110°C até atingir peso constante. Após a secagem, a densidade do solo foi calculada pela equação 3.

$$\rho_s = \frac{M_{ss}}{V_c}; \quad (3)$$

Onde:

ρ_s = Densidade do solo (Mg m^{-3});

M_{ss} = Massa do solo seco em estufa com temperatura entre 105 e 110°C (kg);

V_c = Volume do cilindro (m^{-3});

3.3.5. Densidade das partículas

Para determinação da densidade das partículas (ρ_p) foi utilizado o método do balão volumétrico seguindo manual da Embrapa (2011), utilizando terra fina seca em estufa (TFSE) a temperaturas entre 105 e 110°C e calculada pela equação 4.

$$\rho_p = \frac{M_{SS}}{(50 - V_a)}; \quad (4)$$

Onde:

M_{SS} = Massa do solo seco (kg);

ρ_p = Densidade das partículas (Mg m^{-3});

V_a = Volume de álcool gasto (m^3);

50 = Volume do balão volumétrico.

3.3.6. Porosidade

A porosidade total (α) foi determinada pela relação entre densidade do solo (ρ_s) e densidade da partícula (ρ_p), calculada da equação 5. A microporosidade (α_{mi}), poros com diâmetro $<50 \mu\text{m}$, foi determinada a partir da quantidade de água retida nas amostras indeformadas de solo submetidas a tensão de 0,006 Mpa (60 cm de H₂O). A macroporosidade (α_{ma}) foi calculada pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade, seguindo a equação 6.

$$\alpha = \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_p}\right) * 100; \quad (5)$$

Onde:

α = Porosidade total dos solos (m^3m^{-3});

ρ_s = Densidade do solo (Mg m^{-3});

ρ_p = Densidade da partícula (Mg m^{-3});

$$\alpha_{ma} = \alpha - \alpha_{mi}; \quad (6)$$

Onde:

α = Porosidade total dos solos (m^3m^{-3});

α_{ma} = Macroporosidade (m^3m^{-3});

α_{mi} = Microporosidade (m^3m^{-3});

3.3.7. Condutividade hidráulica saturada

Foi determinada utilizando o infiltrômetro de tensão seguindo modelo proposto por Perroux e White (1988), que tem a capacidade de determinar a infiltração da água.

Para efetuar as leituras, a superfície do solo foi nivelada para melhorar o contato do equipamento com o solo (Figura 3). Com o aparelho posto no local, foi adicionada água por uma abertura na parte superior até a completa retirada do ar, depois foi vedada a entrada com uma rolha de borracha para eliminar o efeito da pressão atmosférica sobre a superfície da

água; as leituras foram iniciadas com o acionamento da válvula inferior, deixando a água escapar, infiltrando no solo. As leituras foram feitas com intervalos de 1 minuto, sendo encerradas quando as leituras consecutivas apresentaram resultados similares, ou seja, quando o processo de infiltração da água no solo atingiu o equilíbrio estacionário, com isso, obteve-se os valores de velocidade de infiltração básica (VIB) ou taxa de infiltração constante.

Com os valores de VIB, com base no modelo de Ankeny *et al.* (1991), foi obtida a condutividade hidráulica saturada (K_{sat}), pois o solo encontrava-se em condição de saturação.

Figura 3 - Infiltrômetro de tensão montado no campo.



3.3.8. Curva característica de água no solo

Para obtenção da curva característica de água no solo foram utilizadas amostras com estrutura indeformada, as quais foram submetidas á tensões de 0; 3,0; 6,0; 8,0 e 10,0 kPa(Quilo Pascal), mediante o uso do funil de Haines.

3.4. Análises químicas.

Foram realizadas análises de pH (potencial hidrogeniônico) em água, determinação de teores de cálcio (Ca), sódio (Na), potássio (K), magnésio (Mg), acidez total (H+Al), fósforo, carbono orgânico total, nitrogênio, relação C/N, matéria orgânica e condutividade elétrica no extrato de saturação (CEes) para todas as amostras coletadas, seguindo as metodologias apresentadas no manual de métodos e análise de Solos (EMBRAPA, 2011).

A partir dos dados obtidos no laboratório foram calculados os valores de:

- Soma de bases (SB) que corresponde á soma dos principais cátions trocáveis do solo (Equação 7).

$$SB \text{ (cmolc/kg)} = Ca^{++} + Mg^{++} + K^+ + Na^+ \quad (7)$$

- Capacidade de troca de cátions ou CTC efetiva (t) que corresponde ao somatório dos teores trocáveis dos cátions básicos do solo (SB) mais a acidez potencial do solo ($H^+ + A^{3+}$) (Equação 8)

$$t \text{ (cmolc/kg)} = SB + (H + Al^{+++}) \quad (8)$$

- Saturação por bases (valor V) que corresponde à percentagem da CTC ocupada pelos cátions básicos (Equação 9).

$$\text{Valor } V \text{ (V\%)} = \frac{100 * \text{Valor } SB}{\text{Valor } t} * 100 \quad (9)$$

- Percentagem de saturação por alumínio (m%), que corresponde a percentagem de alumínio em relação às bases trocáveis. (Equação 10).

$$m(\%) = \frac{Al^{+++}}{t} * 100 \quad (10)$$

- Percentual de sódio trocável (PST), que corresponde à quantidade de íon sódio que podem ser trocados no solo. (Equação 11)

$$PST(\%) = \frac{Na^+}{t} * 100 \quad (11)$$

3.5. Análise estatística

Para o experimento foi adotado o delineamento inteiramente casualizado com parcelas sub – subdivididas (3 x 3 x 2) com 10 repetições sendo que a parcela principal foi

composta pelas três épocas de coleta de solos (Épocas 1, 2 e 3), as sub-parcelas foram divididas em três áreas de coleta de solos (Bulbo úmido com a cultura (CC); bulbo úmido sem a cultura (SC) e área sem fertirrigação (SF)) e as sub-sub parcelas foram compostas pelas profundidades 0 – 0,15 e 0,15 - 0,30 m.

Como a condutividade hidráulica de solo saturado foi determinada apenas na superfície, foi adotado o delineamento inteiramente casualizado com parcelas subdivididas (3 x 3) com 10 repetições, sendo que a parcela principal foi composta pelas três épocas de coleta de solos (Épocas 1, 2 e 3) e as sub-parcelas foram divididas em três áreas de coleta de solos (Bulbo úmido com a cultura (CC); bulbo úmido sem a cultura (SC) e área sem fertirrigação (SF)) .

Para análise dos dados foi utilizado o software estatístico Assistat 7.6 (SILVA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises químicas

Os resultados das análises químicas nas três épocas (E1, E2 e E3); manejos com cultura (CC), sem cultura (SC) e sem fertirrigação (SF); e para as camadas 0 – 0,15 e 0,15 – 0,30 m podem ser observados na Tabela 2.

Os valores de pH variaram entre 4,6 e 6,5 podendo ser enquadrado nas categorias moderadamente a fortemente ácidas. Para os valores de CE (condutividade elétrica), o solo pode ser classificado como não salino. Os valores de PST variaram entre 0,6 e 3,5% sendo enquadrado na categoria normal de sodicidade.

O valor de soma base (SB), que é o valor da soma dos principais cátions trocáveis, foi superior na primeira profundidade, pois é na superfície onde se encontra a maioria dos nutrientes contidos no solo e onde a fertirrigação melhor distribui as soluções.

Os solos podem ser divididos de acordo com a saturação por bases: solos eutróficos (férteis) = $V\% \geq 50\%$; solos distróficos (pouco férteis) = $V\% < 50\%$. Segundo a tabela abaixo, todos os valores de “V” na primeira camada foram superiores a 50%, sendo que o menor valor foi encontrado na época 3, sem fertirrigação, podendo ser justificado pela falta de adubação nesse tratamento juntamente com a constante irrigação, o que provocou lixiviação das bases trocáveis, efeito esse agravado pela textura do solo que é predominantemente arenoso.

Segundo a classificação de Osaki (1991), os valores da percentagem de saturação por alumínio assentaram valores baixos (m% entre 5 e 10) a muito baixos (m% < 5), sendo que na época final, os maiores valores de m% foram para o manejo sem fertirrigação, para a camada 0,15 – 0,30 m. Esse aumento dos valores de m% pode ser explicado pela variação do pH ou remoção dos cátions trocáveis, que podem causar aumento da liberação do alumínio (PRIMAVESI, 2006)

Observando a Figura 4, nota-se a diferença de cor entre as camadas, sendo que a primeira (0 – 0,15 m) apresenta cor mais escura quando comparado com o solo mais profundo. Essa variação está relacionada com a quantidade de matéria orgânica que é superior na primeira camada.

Tabela 2 - Análises químicas das amostras coletadas nas épocas E1, E2 e E3; área inicial (A); manejos com cultura (CC), sem cultura (SC) e sem fertirrigação. (SF).

| | Camadas (m) | pH | Complexo Sortivo (Cmol/kg) | | | | | | | | | V | % m | PST | (mg/kg) P | (g/kg) | | C/N | (g/kg) M.O. | (dS/m) CE |
|----|-------------|----|----------------------------|-----|-----|------|--------|------|------|------|-----|----|-----|-----|--------------|--------|------|------|----------------|--------------|
| | | | Ca | Mg | Na | K | (H+Al) | Al | S | T | C | | | | | N | | | | |
| E1 | 0 - 0,15 | A | 5,7 | 1,9 | 1,8 | 0,03 | 0,15 | 0,83 | 0,05 | 3,9 | 4,7 | 82 | 1 | 0,7 | 8 | 5,34 | 0,58 | 9,2 | 9,21 | 0,51 |
| | 0,15 - 0,30 | A | 4,6 | 0,8 | 1,1 | 0,02 | 0,07 | 0,99 | 0,15 | 2 | 3 | 67 | 7 | 0,6 | 2 | 1,74 | 0,18 | 9,7 | 3 | 0,2 |
| E2 | 0 - 0,15 | CC | 5,3 | 1,4 | 2,4 | 0,15 | 0,37 | 1,65 | 0,15 | 4,3 | 6 | 72 | 3 | 2,6 | 131 | 5,94 | 0,63 | 9,4 | 10,24 | 1,12 |
| | 0,15 - 0,30 | CC | 4,6 | 0,6 | 0,8 | 0,09 | 0,11 | 1,98 | 0,3 | 1,6 | 3,6 | 45 | 16 | 2,4 | 26 | 3,42 | 0,34 | 10,1 | 5,9 | 0,47 |
| | 0 - 0,15 | SC | 6 | 2 | 2,2 | 0,14 | 0,14 | 1,16 | 0,05 | 4,5 | 5,6 | 79 | 1 | 2,4 | 72 | 5,88 | 0,62 | 9,5 | 10,14 | 0,42 |
| | 0,15 - 0,30 | SC | 4,8 | 0,7 | 0,5 | 0,07 | 0,09 | 1,49 | 0,1 | 1,4 | 2,8 | 48 | 7 | 2,4 | 20 | 2,22 | 0,22 | 10,1 | 3,83 | 0,33 |
| | 0 - 0,15 | SF | 5,4 | 1,5 | 1,4 | 0,06 | 0,16 | 1,40 | 0,05 | 3,12 | 4,5 | 69 | 1 | 1,3 | 6 | 4,56 | 0,49 | 9,35 | 7,87 | 0,49 |
| | 0,15 - 0,30 | SF | 5,5 | 0,7 | 0,7 | 0,04 | 0,08 | 1,49 | 0,13 | 1,5 | 3 | 50 | 4 | 1,2 | 2 | 1,98 | 0,19 | 9,9 | 3,41 | 0,26 |
| E3 | 0 - 0,15 | CC | 5,4 | 1,7 | 1,9 | 0,19 | 0,17 | 1,82 | 0,05 | 4 | 5,8 | 69 | 1 | 3,3 | 39 | 6,66 | 0,7 | 9,5 | 11,48 | 0,67 |
| | 0,15 - 0,30 | CC | 5,5 | 0,7 | 1,4 | 0,09 | 0,09 | 1,49 | 0,05 | 2,3 | 3,8 | 61 | 2 | 2,5 | 23 | 2,46 | 0,25 | 9,8 | 4,24 | 0,27 |
| | 0 - 0,15 | SC | 6,5 | 2,5 | 2,4 | 0,17 | 0,11 | 0,66 | 0 | 5,2 | 5,8 | 89 | 0 | 2,9 | 44 | 5,94 | 0,64 | 9,3 | 10,24 | 0,68 |
| | 0,15 - 0,30 | SC | 5,4 | 0,8 | 1 | 0,11 | 0,09 | 1,16 | 0,05 | 2 | 3,2 | 63 | 0 | 3,5 | 28 | 2,7 | 0,26 | 10,4 | 4,65 | 0,34 |
| | 0 - 0,15 | SF | 5,3 | 0,9 | 0,8 | 0,09 | 0,17 | 1,82 | 0,05 | 2 | 3,8 | 52 | 2 | 2,3 | 5 | 3,78 | 0,4 | 9,5 | 6,52 | 0,46 |
| | 0,15 - 0,30 | SF | 4,9 | 0,6 | 0,3 | 0,05 | 0,08 | 1,98 | 0,1 | 1 | 3 | 34 | 9 | 1,7 | 2 | 2,22 | 0,21 | 10,1 | 3,83 | 0,32 |

Figura 4 - Diferença entre as cores do solo para as camadas 0 - 0,15 e 0,15 - 0,30 m, respectivamente.



4.2 Análises físicas

4.2.1 Granulometria

A composição granulométrica do solo em estudo está representada na Tabela 3, sendo classificada, segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), como arenosa. Apesar da variação nos teores de areia, silte e argila para as camadas 0 – 0,15 e 0,15 – 0,30 m, a classificação textural não diferiu, sendo que os valores de areia e silte foram superiores para a primeira camada, enquanto que o maior valor de argila foi encontrado na segunda camada.

Tabela 3 - Granulometria e classe textural.

| Camada | Granulometria | | | | | | Silte | Argila | Classe textural |
|---------|--------------------------------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|-----------------|
| | Areia* | | | | | | | | |
| | MG | G | M | F | MF | Total | | | |
| m | ----- g kg ⁻¹ ----- | | | | | | | | |
| 0 - 15 | 35,40 | 76,50 | 376,80 | 357,00 | 55,50 | 901,20 | 74,68 | 24,12 | Arenoso |
| 15 - 30 | 25,90 | 64,10 | 374,00 | 378,00 | 58,00 | 900,00 | 71,22 | 28,78 | Arenoso |

* MG = muito grossa (2,00 – 1,00 mm); G = grossa (1,00 – 0,50 mm); M = (0,50 – 0,25 mm); F = fina (0,25 – 0,10 mm); MF = (<0,10-0,05 mm).

4.2.2 Argila dispersa em água e grau de floculação

Observando a tabela da argila dispersa em água (Tabela 4), verifica-se diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade entre as épocas e os manejos (Apêndice A e I), sendo que os dados da época 1 foram estatisticamente semelhantes aos da época 3 nos três manejos observados. Para a época 1, todos os manejos apresentaram valores semelhantes; na

época 2, os manejos sem cultura (SC) e sem fertirrigação (SF) foram semelhantes entre si e diferiram do manejo com cultura (CC); e na época final (E3), os valores de argila dispersa em água dos manejos com cultura (CC) e sem cultura (SC) foram semelhantes entre si e diferiram estatisticamente dos valores sem fertirrigação, que apresentaram os maiores valores de argila dispersa em água.

Como os manejos com cultura e sem cultura estavam sendo fertirrigados, houve uma adição de cátions trocáveis como Ca^{++} , Mg^{++} e K^+ na solução do solo, como pode ser observado na Tabela 2, causando uma maior floculação da argila, diminuindo a quantidade de argila dispersa em água quando comparada com a área apenas irrigada (Figura 5). Prado (2003) explica que à medida que o Na^+ é substituído pelo Ca^{++} por meio de reações de troca catiônica, eleva-se a concentração eletrolítica da solução, diminuindo a espessura da dupla camada e conseqüentemente diminuindo a quantidade de argila dispersa.

Tabela 4- Valores médios de log. da argila dispersa em água (g) na interação das épocas 1, 2 e 3 com os manejos sem cultura (SC), com cultura (CC) e sem fertirrigação (SF). Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, e mesma letra maiúscula na linha, não diferem por Tukey (Apêndice A e G).

| ÉPOCA | MANEJO | | |
|-------|-----------|-----------|-----------|
| | CC | SC | SF |
| E1 | 0.3022 bA | 0.3022 aA | 0.3022 aA |
| E2 | 0.3951 aA | 0.3019 aB | 0.3265 aB |
| E3 | 0.2280 bB | 0.2311 aB | 0.3384 aA |

Na Tabela 5 pode-se observar diferença significativa para as camadas, com uma maior quantidade de argila dispersa em água para na camada de 0,15 - 0,30 m, concordando com a quantidade de argila total observada na Tabela 3. Esse comportamento já era esperado, pois para a maioria dos solos, a quantidade de argila total aumenta com a profundidade. Observaram-se também diferenças entre as épocas 2 e 3 na camada 0 – 0,15 m, sendo que a quantidade de argila dispersa em água diminuiu com o passar do tempo. Essa diminuição da quantidade de argila dispersa ocorreu pelo acúmulo de nutrientes (cátions trocáveis) no solo, que provavelmente funcionaram como agentes flocculantes das argilas. Portanto, as alterações ocorreram principalmente na camada 0 – 0,15m (mais superficial), pois é nessa camada onde se realizam as aplicações de fertilizantes.

Tabela 5 - Valores médios de log da argila dispersa em água na interação das épocas 1, 2 e 3 com as camadas 0 – 0,15 e 0,15 – 0,30 m. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, e mesma letra maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey (Apêndice A e G).

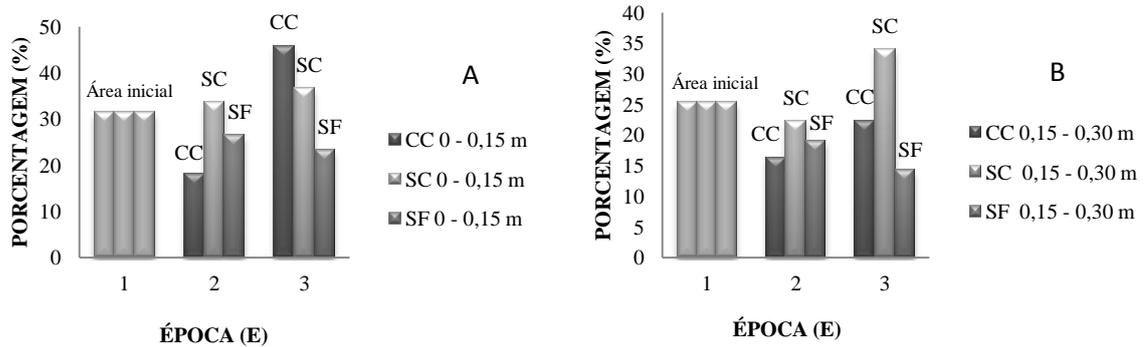
| ÉPOCAS | CAMADAS (m) | |
|--------|-------------|-------------|
| | 0 – 0,15 | 0,15 – 0,30 |
| 1 | 0.2624 aB | 0.3421 aA |
| 2 | 0.2838 aB | 0.3986 aA |
| 3 | 0.1825 bB | 0.3492 aA |

Avaliando a Figura 5, observa-se que as maiores variações de grau de flocculação ocorreram na primeira camada, concordando com os valores de argila dispersa em água, pois os valores de grau de flocculação são inversamente proporcionais ao da argila dispersa em água.

Segundo a Figura 5- A, com os valores médios de grau de flocculação para a camada 0 – 0,15 m, verifica-se que as maiores variações entre as épocas 1 e 3 ocorreram para o manejo com cultura, com os maiores valores, e sem fertirrigação, com os menores valores. Para o manejo com cultura e sem cultura o grau de flocculação foi maior na época 3 quando comparada com a época inicial, contrariando o manejo sem fertirrigação, que apresentaram médias inferiores na época 3 quando comparada com a época 1.

Analisando-se a Figura 5 - B, com os valores médios de grau de flocculação para a camada 0,15 – 0,30 m, pode-se observar que as maiores variações entre as épocas 1 e 3 ocorreram para o manejo sem cultura, com os maiores valores; e sem fertirrigação, com os menores valores. Para o manejo sem cultura, os valores finais foram superiores aos iniciais (Épocas 1 e 3), já para o manejo com cultura e sem fertirrigação, os valores finais foram inferiores aos iniciais.

Figura 5 - Valores médios de grau de floculação para as três épocas (E1, E2 e E3) nas camadas 0 – 0,15 m (A) e 0,15 – 0,30 m (B).



4.2.3 Densidade do solo

Os valores médios da densidade do solo para as três épocas (E1, E2 e E3) e os 3 manejos (CC, SC e SF), estão expostos na Tabela 6 (Apêndice H). Para todos os dados observados, a densidade do solo manteve-se na faixa entre 1,3 a 1,8 Mg.m⁻³, considerada por Reinert *et al.* (2006) como a faixa de densidade para solos arenosos.

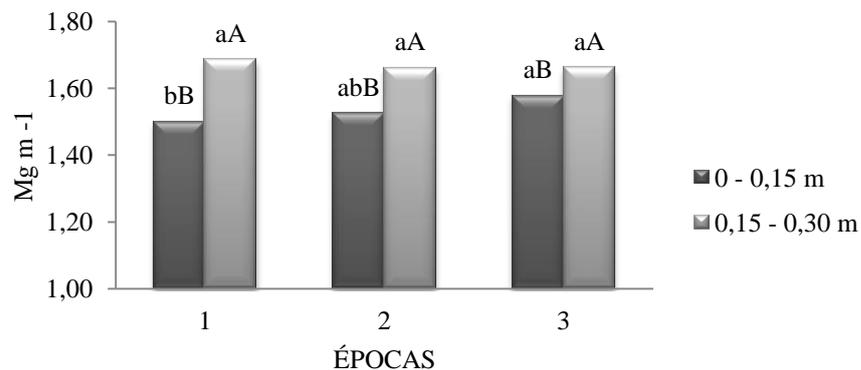
Para as épocas analisadas, pode-se observar diferença estatística significativa ao nível de 1% de probabilidade, e que para os manejos fertirrigados (CC e SC), a densidade do solo manteve-se constante, porém, para o manejo sem fertirrigação (SF) a densidade do solo apresentou valores crescentes no decorrer das épocas (Apêndice B), isso pode ser explicado pelo aumento da quantidade de argila dispersa em água (Tabela 4) apresentada por esse manejo (SF), causando obstrução dos poros e conseqüentemente aumento de sua densidade. Outro fator que influencia a densidade do solo é a matéria orgânica, pois no manejo que apresentou a menor concentração de matéria orgânica (SF) a densidade do solo foi superior quando comparado com os outros manejos. Em trabalhos realizados em um Neossolo Quartzarânico, foi observado uma redução da densidade do solo independente da proporção de fertirrigação aplicada Cruz (2003).

Tabela 6- Valores médios da densidade do solo (Mg.m^{-3}) na interação das épocas 1, 2 e 3 com os manejos sem cultura (SC), com cultura (CC) e sem fertirrigação (SF). Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, e mesma letra maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey (Apêndice B e H).

| ÉPOCA | MANEJO | | |
|-------|-----------|-----------|-----------|
| | CC | SC | SF |
| E1 | 1.5924 aA | 1.5924 aA | 1.5924 bA |
| E2 | 1.5725 aB | 1.5924 aB | 1.6622abA |
| E3 | 1.5641 aB | 1.5632 aB | 1.7319 aA |

A Figura 6 representa o comportamento da densidade do solo entre as três épocas e as duas camadas 0 – 0,15 e 0,15 – 0,30 m. Para todas as épocas analisadas, a densidade do solo diferiu a nível de 1% de probabilidade entre as camadas, apresentando sempre densidade inferior para a primeira camada. De acordo com Genro Junior *et al.* (2004), é natural o processo do aumento da densidade do solo em relação ao aumento da profundidade, sendo ocasionado pela diminuição do teor de matéria orgânica em camadas mais profundas e pelo peso das camadas de solo sobrejacentes. As variações de densidade do solo ocorridas entre os manejos e entre as épocas foram limitadas apenas na camada mais superficial (0 – 0,15m), pois, como a área era diariamente irrigada e fertirrigada, os adubos se concentraram na parte superior do solo, e os processos de umedecimento e secagem foram mais intensos.

Figura 6 - Valores médios da densidade do solo (Mg. m^{-3}) nas épocas 1, 2 e 3 para as camadas 0- 0,15m e 0,15 – 0,30m. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula entre profundidades, e pela mesma letra minúscula na mesma profundidade, não diferem pelo teste de Tukey (Apêndice B e H).

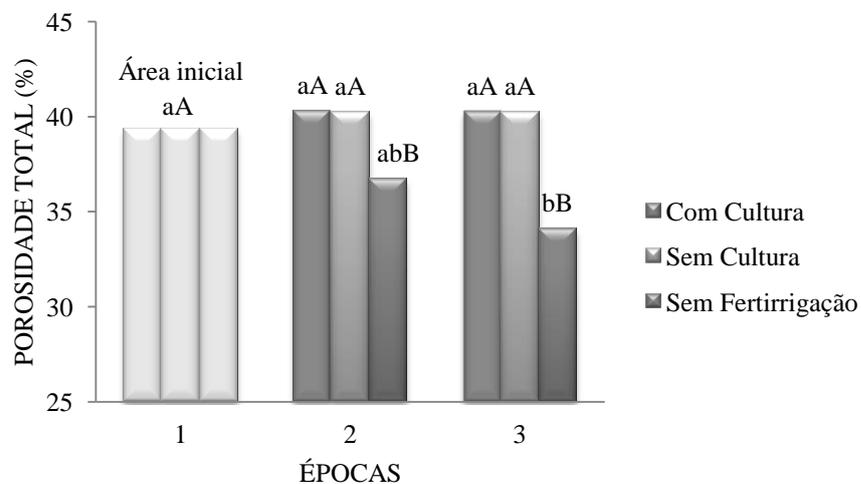


4.2.4 Porosidade

A porosidade total e a densidade dos solos são propriedades relacionadas com o volume de solo, sendo inversamente correlacionadas entre si. Na Figura 7 observam-se os valores médios da porosidade total entre as três épocas (E1, E2 e E3) e os três manejos (com cultura, sem cultura e sem fertirrigação).

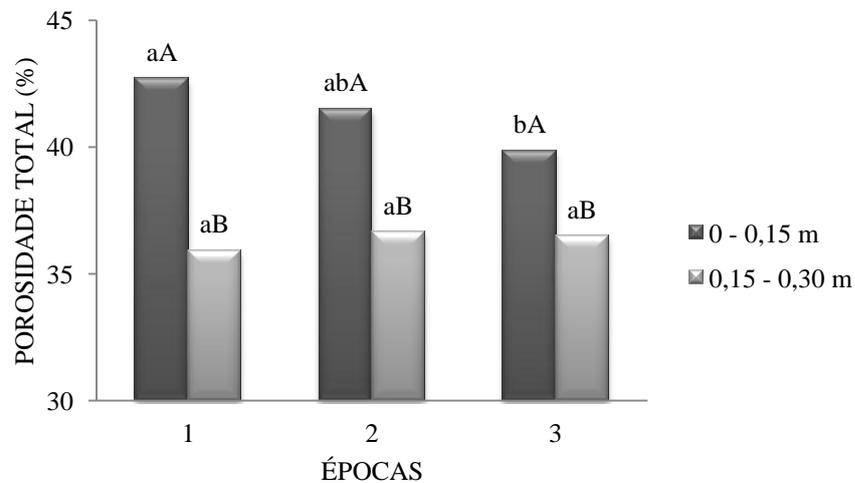
Observa-se que entre os manejos estudados, apenas o sem fertirrigação apresentou valores estatisticamente diferentes a 1% de probabilidade (Apêndice C e I), decrescendo no decorrer das épocas (de 39,32 para 34,08 %). Esses valores podem ser relacionados com a densidade do solo mostrado anteriormente, pois o manejo sem fertilizantes apresentou os maiores valores de densidade (Tabela 6). Portanto, os manejos fertirrigados (com cultura e sem cultura) mantiveram a porosidade total do solo no decorrer das épocas, já para o manejo sem fertirrigação, a porosidade total diminuiu.

Figura 7 - Média da porosidade total entre as épocas (1, 2 e 3) e os manejos (com cultura, sem cultura e sem fertirrigação). Médias seguidas pela mesma letra minúscula entre épocas e letras maiúsculas entre manejos não diferem pelo teste de Tukey (Apêndice C e I).



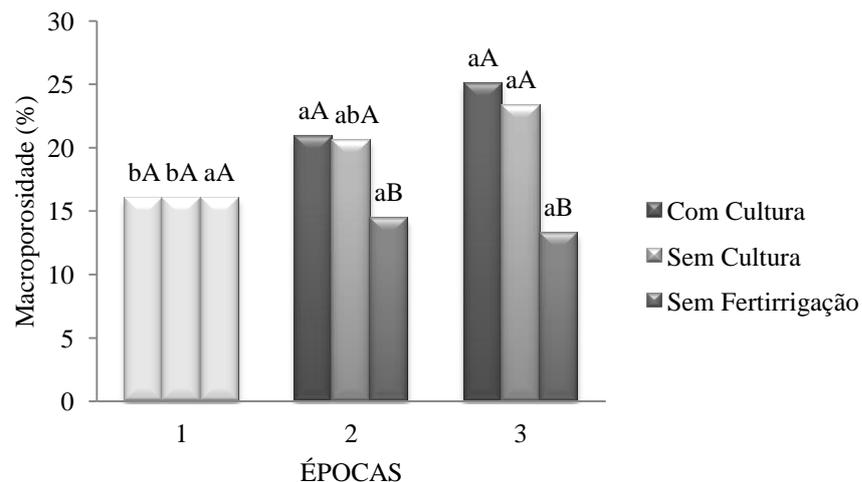
Em todas as épocas analisadas, a porosidade total foi superior para a camada 0 – 0,15 m, como podem ser observados na Figura 8. No decorrer das épocas, ocorreu uma diminuição da porosidade total na primeira camada (0 – 0,15 m), mantendo-se constante na camada 0,15 – 0,30 m. Portanto, as alterações ocorridas na porosidade total limitaram-se apenas na camada mais superficial, concordando com os dados de densidade do solo.

Figura 8 - Média da porosidade total entre as épocas (1, 2 e 3) e as camadas 0 – 0,15 e 0,15 – 0,30 m. Médias seguidas pela mesma letra minúscula entre épocas e letras maiúsculas entre profundidades não diferem pelo teste de Tukey (Apêndice C e I).



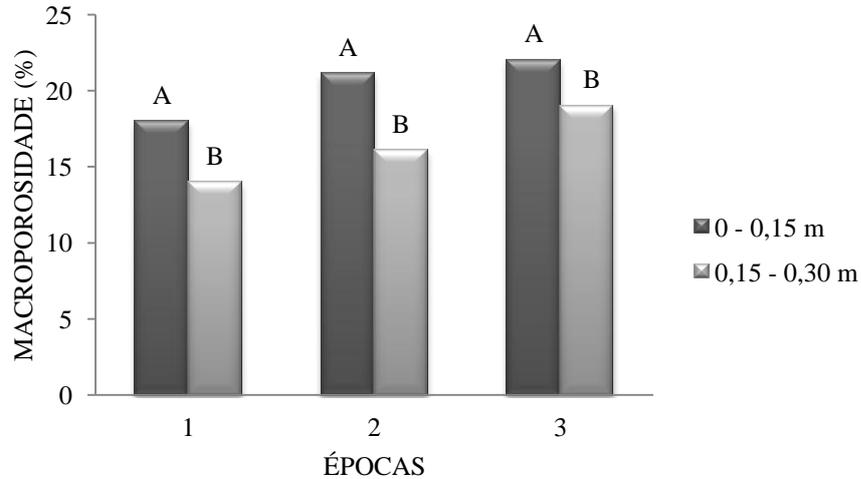
Analisando o comportamento dos macroporos no decorrer das três épocas e nos três manejos estudados (Figura 9), foi observado que, nos manejos fertirrigados (com cultura e sem cultura), ocorreu um aumento significativo no decorrer das épocas, enquanto que, no manejo sem fertirrigação, não houve alterações estatisticamente significativas (Apêndice D e J).

Figura 9 - Valores médios da macroporosidade entre as épocas (1, 2 e 3) e os manejos (com cultura, sem cultura e sem fertirrigação). Médias seguidas pela mesma letra minúscula entre épocas e letras maiúsculas entre manejos não diferem pelo teste de Tukey (Apêndice D e J).



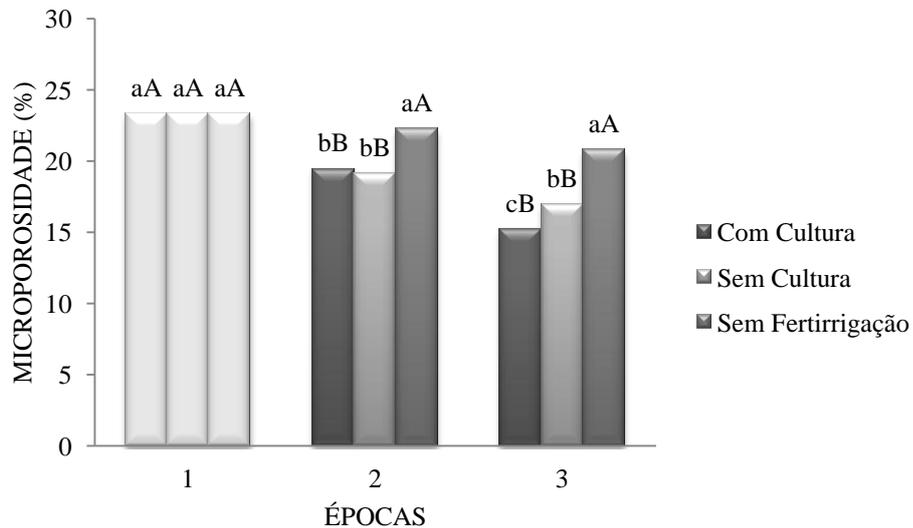
Como pode ser observado na Figura 10, entre as camadas, os macroporos se comportaram de forma semelhante a porosidade total, apresentando médias superiores para a primeira camada em todas as épocas analisadas.

Figura 10 - Valores médios da macroporosidade entre as épocas (1, 2 e 3) e as camadas 0 – 0,15 e 0,15 – 0,30 m. Médias seguidas pela mesma letra maiúsculas não diferem pelo teste de Tukey(Apêndice D e J).



Para o comportamento dos microporosentre as três épocas e os três manejos(Figura11), observa-se que para a última época (E3), os manejos fertirrigados (CC e SC) apresentaram valores inferiores a época 1, enquanto que o manejo sem fertirrigação (SF) não se alterou(Apêndice E e K).

Figura 11 - Valores médios da microporosidade entre as épocas (1, 2 e 3) e os manejos (com cultura, sem cultura e sem fertirrigação). Médias seguidas pela mesma letra minúscula entre épocas e letras maiúsculas entre manejos não diferem pelo teste de Tukey(Apêndice E e K).



Portanto, as principais alterações ocorridas nas porosidades (total, macro e micro) foram para a camada 0 – 0,15 m. Os manejos fertirrigados (com cultura e sem cultura) apresentaram as maiores variações na macroporosidade e microporosidade do solo, porém, a

sua porosidade total não se alterou, contrariando os valores do manejo sem fertirrigação (SF), pois a porosidade total para esse manejo diminuiu com o passar do tempo.

4.2.5 Condutividade hidráulica saturada

Na Tabela 7 estão representados os valores da condutividade hidráulica saturada (K_{sat}), quando a taxa de infiltração atinge à velocidade constante (VIB). Podem-se observar diferenças estatísticas significativas a 1% de probabilidade para as épocas e entre os manejos (Apêndice F e L).

Tabela 7 - Condutividade hidráulica saturada [Log (mm h⁻¹)] nas três épocas (E1, E2 e E3) e nos três manejos com cultura (CC), sem cultura (SC) e sem fertirrigação (SF). Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, e mesma letra maiúscula na linha, não diferem por Tukey (Apêndice F e L).

| ÉPOCAS | MANEJOS | | |
|--------|-----------|-----------|------------|
| | CC | SC | SF |
| 1 | 3.0648 aA | 3.0648 aA | 3.0648 aA |
| 2 | 2.7356 bB | 2.6898 bB | 2.9667 abA |
| 3 | 2.5885 bB | 2.7150 bB | 2.8759 bA |

Observando as diferenças entre as épocas, os manejos fertirrigados (CC e SC) diferiram entre a época 1 e 2, sendo a época final (Época 3) semelhante a época 2. Para o manejo sem fertirrigação (SF), as épocas 1 e 3 diferiram significativamente, sendo ambas semelhantes à época 2.

Para todos os manejos estudados, houve uma diminuição da K_{sat} no decorrer do ciclo da cultura, sendo que o manejo que apresentou os maiores valores na época 3 foi o sem fertirrigação (SF) e os menores valores foram os manejos com fertirrigação (CC e SC). Os manejos que apresentaram as menores quantidades de matéria orgânica (SF) obtiveram as maiores taxas de condutividade hidráulica saturada na época final (E3), concordado com trabalhos realizados por Uyeda (2009), que avaliando um Latossolo Vermelho-Escuro fertirrigado com vinhaça, verificou que a condutividade hidráulica diminuiu com o aumento das doses de vinhaça (rico em matéria orgânica).

5. CONCLUSÕES

5.1- A pratica da irrigação tendeu a alterar os atributos físicos do solo.

5.2- A fertirrigação não causou alterações nos atributos físicos do solo em um ciclo da cultura da melancia

5.3- A camada superficial foi a que mais apresentou alterações nos atributos do solo.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, M.I.N.; DAVIDE, A.C. Características físicas e químicas de umlatossolo vermelho-escuro e a sustentabilidade de agrossistemas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23:933-942, 1999.

AMARO FILHO, J.; ASSIS JÚNIOR, R.N.; MOTA, J.C. **Física do Solo: conceitos e aplicações**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 289p., 2008.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. *et al.* Produção e qualidade de frutos de melancia à aplicação de nitrogênio via fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 04, p. 836-841, 2006.

ANGELOTTI NETTO, A. A.; FERNANDES, E. J. Condutividade hidráulica de um Latossolo Vermelho em pousio e cultivo intensivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p. 797-802, 2005.

ANKENY, M. D.; AHMED, M.; KASPAR, T. C.; HORTON, R. Simple field method for determining unsaturated hydraulic conductivity. **SoilSci. Soc. Am. J.**, 55: 467–470, 1991.

AQUINO, D.N. **Irrigação e sustentabilidade dos recursos solo e água na area do distrito de irrigação Baixo Acaraú** – DIBAU - Ceará. 2007. 119 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, 2007.

ARAÚJO, E.A. *et al.* Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**. Guarapuava-PR, v.5, n.1, p.187-206, 2012.

BASTOS, R,S; MENDONÇA, E, de Sá; ALVAREZ, V, H,; Marcelo Metri CORRÊA, M, M; COSTA, L, M. Formação e estabilização de agregados do solo influenciados por ciclos de umedecimento e secagem após adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **R. Bras. Ci. Solo**, 29:21-31, 2005

BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. In: KLUTE, A. ed. *Methods of soil analysis: Part 1. Physical and Mineralogical Methods* 2. ed. Madison: **American Society of Agronomy Soil Science of Agronomy/ Soil Science Society of America**, 1986, p. 363376 (Agronomy Monography, 9).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Ceara**. Recife, 1973. 2v (Brasil. Ministério da Agricultura-DNPEA-DDP. Boletm Técnico, 28; SUDENE. Série Pedologia, 16).

CAMPOS, M. C. C.; FERRAZ, F. B.; FREITAS, E. W. S.; SOUZA, Z. M. Dependência espacial de atributos físicos e hídricos de um Espodosolo da zona da mata de Pernambuco. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 7, p. 84-91, 2007.

CARVALHO JR., I.A.; FONTES, L.E.F.; COSTA, L.F. Modificações causadas pelo uso e a formação de camadas compactadas e, ou, adensadas em um Latossolo Vermelho-Escuro textura média, na região do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22:505-514, 1998.

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. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 34:257-265, 1999.

CASALI, V.W.D.; SATURNINO, H.M.; PEDROSA, J.F. Botânica e origem das curcubitáceas. **Informe Agrônomo**, Belo Horizonte, v.8, n.85, p.22-23, 1982.

CHAN, K.Y.; HULUGALLE, N.R. Changes in some soil properties due to tillage practices in rainfed hardsetting Alfisols and irrigated Vertisols of eastern Australia. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.53, p.49-57, 1999.

CHAVES L. H. G.; TITO G. A.; CHAVES I. B.; LUNA J. G.; SILVA P. C. M. Propriedades químicas do solo aluvial da Ilha de Assunção – Cabrobó (Pernambuco). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:431-437, Viçosa. maio/jun. 2004.

CRUZ, J.S. Efeitos da fertirrigação com chorume bovino sobre características físicas e químicas de solos. **I Congresso Brasileiro de Fertirrigação**. 10 a 14 de novembro de 2003. João Pessoa-PB.

DEXTER, A.R. Advances in characterization of soil structure. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 11, p. 199 – 238, 1991.

DNOCS. Departamento Nacional de Obras contra as Secas. **Perímetro Irrigado Baixo-Acaraú**. Disponível em: <http://www.dnocs.gov.br/dnocs/doc/canais/perímetros_irrigados/ce/baixo_acarau.html>. Acesso em: 25 de Julho de 2013.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: **Centro Nacional de Pesquisa de solos**, 2011.

ERTHAL, V. J. T.; FERREIRA, P.A.; MATOS, A.T.; PEREIRA O.G. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.14, n.5, p.467-477, 2010.

FAO. Food and Agriculture. **Organization of the United Nations**. Faostat 2010. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 23 de junho de 2013.

FIGUEIRÊDO, V. B. *et al.* Evapotranspiração da cultura da melancia irrigada com água de diferentes salinidades. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 02, p. 231-240, 2009.

GEE, G.W.; BAUDER, J.W. Particle-size analysis. In: KLUTE, A., ed. **Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods**. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986. p.383-411. (Agronomy Series, 9)

GENRO JUNIOR, S. A. *et al.* Variabilidade temporal da resistência à penetração de um latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 03, p. 477-484, 2004.

GUNER, N.; WEHNER, T. C. Overview of Potyvirus resistance in watermelon. In: **Cucurbitaceae - Proceedings of the IXth EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Cucurbitaceae**. Disponível em: <https://w3.avignon.inra.fr/dspace/bitstream/2174/245/1/30_39_Wehner.pdf>. p.445-452.20, 2009. Acesso em: 15 de dezembro de 2012.

HOMEM, B.C.; ALMEIDA NETO, O.B.; SANTIAGO, A.M.F.; SOUZA, G.H. Dispersão da argila provocada pela fertirrigação com águas residuárias de criatórios de animais. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.2, n.1., p.89-98, Julho, 2012.

HORN, R.; DEXTER, A.R. Dynamics of soil aggregation in an irrigated deser loess. **SoilandTillageResearch**, Amsterdam, v. 13, p. 253-266, 1988.

HORN, R. **Aggregate characterization as compared to soil bulk properties**. Soil Tillage Res., 17:265-289, 1990.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Produção Agrícola Municipal. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2008/tab2.pdf>>. Acesso em: 9 de Junho de 2012.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Soil quality indicator properties in mid atlantic soils as influenced by conservation management. **J. Soil Water Conser.**, 55:69-78, 2000.

KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.G.; HARRIS, R.F.; SCHUMAN, G.E. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. **Soil Science Society America Journal**, v.61, n.1, p.4-10, 1997.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA E.S.; NEVES J.C.L.; MACHADO P.L.O.A.; GALVÃO

J.C.C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolos sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 821- 832, set/out. 2003.

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

MAGALHÃES FILHO, J.A. **Fertirrigação do Algodoeiro com Efluente Doméstico Tratado**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal Rural do Semiárido. Mossoró, RN, 2010.

MALTONI, K.L. **Estudo da compactação e, ou, adensamento em subsuperfície de latossolos sob diferentes usos** (Tese de Doutorado). Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1994. 73p.

MARQUES, J. D. O.; TEIXEIRA, W. G.; REIS, A. M.; CRUZ JUNIOR O. F.; MARTINS, G. C. Avaliação da condutividade hidráulica do solo saturada utilizando dois métodos de laboratório numa toposeqüência com diferentes coberturas vegetais no baixo amazonas. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, p. 193-206, 2008.

MELO, N.C. *et al.* Produção de melancia em resposta a doses de nitrogênio e potássio. **Reunião Anual da SBPC**, Amazônia, 2009.

MEURER, E.J. **Fundamentos de Química do solo**. 3.ed. Porto Alegre, Evangraf, 2006. 285p.

MIELNICZUCK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: **Gênesis**, 1999. Cap.1, p.1-6.

MOTA, J. C. A.; LIBARDI, P. L.; BRITO, A. S.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; AMARO FILHO, J. Armazenagem de água e produtividade de meloeiro irrigado por gotejamento, com a superfície do solo coberta e desnuda. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 34: 1721-1731, 2010.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRCC. Soil and water quality : and agenda for agriculture. Washington, DC: **NationalAcademy Press**, 1993. 542 p.

NOGUEIRA, J.F. **Análise da influência do fluxo por capilaridade na degradação físico-química do solo**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2005.

OLIVEIRA, L.C.A. **Comportamento de colóides e microagregados em colunas de materiais de dois Latossolos submetidos a sucessivos ciclos de umedecimento e secagem**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1994. 63p.

OLIVEIRA, V.S.; ROLIM, M.M.; VASCONCELOS, R.F.B.; PEDROSA, E.M.R. Distribuição de agregados e carbono orgânico em um Argissolo Amarelo distrocoeso em diferentes manejos. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.14, n.9, p.907–913, 2010.

OSAKI, F. Calagem e adubação. Campinas: **Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola**, 1991. 503 p.

OTHMER, H.; DIEKKRUGER, B.; KUTILEK, M. Bimodal porosity and unsaturated hydraulic conductivity. **Soil Science**, Baltimore, v. 152, n. 3, p. 139-150, 1991.

PERROUX, K. M.; WHITE, I. Designs for disc permeameters. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 52: 1205-1215, 1988.

PINTO, F.S. Fertilização / Petrolina: **Embrapa Semi-árido**. Documentos, 219, 2009.

PRADO, R.M. A calagem e as propriedades físicas de solos tropicais: **Revisão de literatura**. **R. Bioci.**, 9:7-16, 2003.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. 18. ed. São Paulo: Nobel, 2006. 549 p.

- QUEIROZ-VOLTAN, R.B.; NOGUEIRA, S.S.; MIRANDA, M.A.C. Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. vol.35, n.5, p.929-938. Mai. 2000.
- REICHERT, J. M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J. A. Qualidade do solo e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista de Ciência Ambiental**, v 27, p. 29-48, 2003.
- REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; VEIGA, M.; SUZUKI, L. E. A. S. Qualidade física dos solos. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO**
- REINERT, D. J; REICHERT, J. M; SILVA, V. R. Propriedades físicas de solos em sistema de plantio direto irrigado. In: CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; ROSA, G. M. e CERETTA, C. A. eds. **Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul**. Santa Maria, RS, 2001, 165 p.
- REYNOLDS, W.D. *et al.* Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. **Geoderma**, v.110, n.1-2, p.131-146, 2002.
- SCAPINI, C. A. *et al.* Medição da densidade e porosidade do solo pelo método do cilindro e torrão parafinado em sistemas de preparo do solo e pastejo animal. In: **II Reunião Sul-Brasileira de Ciência do solo**. Santa Maria – RS. 4 a 6 de Novembro de 1998.
- SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; DIAS JÚNIOR, M. S.; IMHOFF, S.; KLEIN, V. A. Indicadores da qualidade física do solo. In: JONG VAN LIER, Q. **Física do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010, 298 p.
- SILVA, A.S. ASSISTAT versão 7.6 beta. Grande-PB: Assistência Estatística, **Departamento de Engenharia Agrícola do CTRN** - Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina. Disponível em: <<http://www.assistat.com>>. Acesso em: 20 fev.2011.
- SOIL SURVEY STAFF. **Soil survey manual**. Washington, USDA, 1993. 437 p. (Handbook, 18).
- SOLO E DA ÁGUA**, 16. 2006. Anais. Aracaju, SBCS, 2006. CD-ROM.
- SPERA, S.T.; DENARDIN, J.E.; ESCOSTEGUY, P.A.V.; DOS SANTOS, H.P; FIGUEROA, E.A. Dispersão de argila em microagregados de solo incubado com calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:2613-2620, 2008, Número Especial.
- TOGNON, A. A. **Propriedades físico-hídricas do Latossolo Roxo da região de Guairá-SP sob diferentes sistemas de cultivo**. 1991. 85 f. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1991.
- USDA-NRCS. **SoilQualityInstitute**, Ames, IA. Disponível em:<<http://soils.usda.gov/sqi/>>. Acesso em: 25 de julho. De 2013.
- UYEDA, C. A. **Influência da aplicação de vinhaça na condutividade hidráulica do solo saturado e no escoamento superficial**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2009. 66p. (Tese de Doutorado).

VIANA,J,H, M; FERNANDES FILHO,E,I; SCHAEFER ,C,E.Efeitos de ciclos de umedecimento e secagem na reorganização da estrutura microgranular de latossolos. **R. Bras. Ci. Solo**, 28:11-19, 2004

APÊNDICE

APÊNDICE A - Análise estatística para argila dispersa em água.

| FV | GL | QM | F |
|---|-----|---------|-------------|
| Época(E) | 2 | 0.08522 | 3.1673 ns |
| Resíduo-E | 27 | 0.02691 | |
| Parcelas | 29 | | |
| Repetições | 10 | | |
| Manejo(M) | 2 | 0.03027 | 3.9388 * |
| Int. E x M | 4 | 0.04771 | 6.2081 ** |
| Resíduo-M | 54 | 0.00768 | |
| Subparcelas | 89 | | |
| Profundidade(P) | 1 | 0.65227 | 108.5330 ** |
| Int. ExP | 2 | 0.02874 | 4.7814 * |
| Int. MxP | 2 | 0.00341 | 0.5671 ns |
| Int.ExMxP | 4 | 0.00808 | 1.3443 ns |
| Resíduo-P | 81 | 0.00601 | |
| Total | 179 | | |
| CV%-E = 54.12 CV%-M = 54.12 CV%-P = 25.58 | | | |

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

APÊNDICE B - Análise estatística para densidade do solo.

| FV | GL | QM | F |
|-----------------|-----|---------|-------------|
| ÉPOCA (E) | 2 | 0.01439 | 0.8776 ns |
| Resíduo-E | 27 | 0.01640 | |
| Parcelas | 29 | | |
| Repetições | 10 | | |
| MANEJO (M) | 2 | 0.16471 | 30.0051 ** |
| Int. E x M | 4 | 0.04913 | 8.9492 ** |
| Resíduo-M | 54 | 0.00549 | |
| Subparcels | 89 | | |
| PROFUNDIDADE(P) | 1 | 0.82349 | 114.7424 ** |
| Int. E x P | 2 | 0.03808 | 5.3053 ** |
| Int.M x P | 2 | 0.00439 | 0.6111 ns |
| Int.ExMxP | 4 | 0.00241 | 0.3364 ns |
| Resíduo-P | 81 | 0.00718 | |
| Total | 179 | | |

CV%-E = 7.99 CV%-M = 4.63 CV%-P = 5.29

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

APÊNDICE C - Análise estatística para porosidade total.

| FV | GL | QM | F |
|-----------------|-----|-------------|------------|
| ÉPOCA (E) | 2 | 2.189.735 | 0.9523 ns |
| Resíduo-E | 27 | 2.299.511 | |
| Parcelas | 29 | | |
| Repetições | 10 | | |
| MANEJO (M) | 2 | 20.889.603 | 25.1220 ** |
| Int. E x M | 4 | 6.334.028 | 7.6174 ** |
| Resíduo-M | 54 | 83.152 | |
| Subparcelas | 89 | | |
| PROFUNDIDADE(P) | 1 | 113.142.530 | 97.4312 ** |
| Int. E x P | 2 | 4.388.295 | 3.7789 * |
| Int.M x P | 2 | 407.340 | 0.3508 ns |
| Int.ExMxP | 4 | 336.981 | 0.2902 ns |
| Resíduo-P | 81 | 1.161.256 | |
| Total | 179 | | |

CV%-E = 7.99 CV%-M = 4.63 CV%-P = 5.29

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

APÊNDICE D - Análise estatística para macroporosidade.

| FV | GL | QM | F |
|-----------------|-----|------------|------------|
| ÉPOCA (E) | 2 | 30.929.693 | 5.7062 ** |
| Resíduo-E | 27 | 5.420.404 | |
| Parcelas | 29 | | |
| Repetições | 10 | | |
| MANEJO (M) | 2 | 66.039.783 | 24.3223 ** |
| Int. E x M | 4 | 20.389.863 | 7.5095 ** |
| Resíduo-M | 54 | 2.715.192 | |
| Subparcelas | 89 | | |
| PROFUNDIDADE(P) | 1 | 72.651.673 | 43.2919 ** |
| Int. E x P | 2 | 1.612.894 | 0.9611 ns |
| Int.M x P | 2 | 2.285.735 | 1.3620 ns |
| Int.ExMxP | 4 | 730.320 | 0.4352 ns |
| Resíduo-P | 81 | 1.678.180 | |
| Total | 179 | | |

CV%-E = 40.05 CV%-M = 28.35 CV%-P = 22.29

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

APÊNDICE E - Análise estatística para microporosidade.

| FV | GL | QM | F |
|-----------------|-----|------------|------------|
| ÉPOCA (E) | 2 | 48.355.870 | 12.5088 ** |
| Resíduo-E | 27 | 3.865.742 | |
| Parcelas | 29 | | |
| Repetições | 10 | | |
| MANEJO (M) | 2 | 13.584.166 | 11.0866 ** |
| Int. E x M | 4 | 4.448.873 | 3.6309 * |
| Resíduo-M | 54 | 1.225.272 | |
| Subparcels | 89 | | |
| PROFUNDIDADE(P) | 1 | 5.599.607 | 2.5820 ns |
| Int. TaxTc | 2 | 3.205.185 | 1.4779 ns |
| Int. TbxTc | 2 | 815.677 | 0.3761 ns |
| Int. TaTbTc | 4 | 434.336 | 0.2003 ns |
| Int. TaTbTc | 81 | 2.168.721 | |
| Total | 179 | | |

CV%-E = 30.46 CV%-M = 17.15 CV%-P = 22.81

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

APÊNDICE F - Análise estatística para condutividade hidráulica saturada

| FV | GL | QM | F |
|------------|--------------|--------------|------------|
| ÉPOCA (E) | 2 | 0.95498 | 21.3029 ** |
| Resíduo-E | 27 | 0.04483 | |
| Parcelas | 29 | | |
| Repetições | 10 | | |
| MANEJO (M) | 2 | 0.25947 | 12.0165 ** |
| Int. E x M | 4 | 0.08416 | 3.8977 ** |
| Resíduo-M | 54 | 0.02159 | |
| Total | 89 | | |
| | CV%-E = 7.40 | CV%-M = 5.13 | |

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

APENDICE G – Dados de argila dispersa em água (g).

| | ÉPOCA 1 | | ÉPOCA 2 | | | | | |
|--------------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|
| | | | Com cultura | | Sem Cultura | | Sem Fertirrigação | |
| | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m |
| Repetição 1 | 2,423635 | 1,541542 | 3,084627 | 2,877517 | 1,602404 | 2,062062 | 2,001000 | 2,452452 |
| Repetição 2 | 1,422133 | 2,222222 | 2,423635 | 3,323323 | 1,622434 | 2,062062 | 1,762644 | 2,432432 |
| Repetição 3 | 3,405108 | 3,323323 | 1,822734 | 2,362362 | 1,502253 | 2,322322 | 2,513771 | 2,802803 |
| Repetição 4 | 2,463696 | 2,742743 | 1,962944 | 2,402402 | 1,522283 | 2,462462 | 2,003005 | 2,432432 |
| Repetição 5 | 1,622434 | 2,522523 | 1,922884 | 2,402402 | 4,446670 | 3,423423 | 1,532298 | 2,242242 |
| Repetição 6 | 1,682524 | 1,901902 | 2,203305 | 2,802803 | 1,382073 | 2,262262 | 1,902854 | 2,342342 |
| Repetição 7 | 1,402103 | 1,801802 | 2,063095 | 2,602603 | 1,862794 | 2,002002 | 1,702554 | 2,282282 |
| Repetição 8 | 1,622434 | 2,642643 | 1,662494 | 2,877517 | 1,542313 | 2,382382 | 1,622434 | 2,432432 |
| Repetição 9 | 1,462193 | 1,881882 | 2,724086 | 3,463463 | 1,882824 | 2,502503 | 1,632449 | 2,572573 |
| Repetição 10 | 1,602404 | 1,961962 | 2,764146 | 2,877517 | 1,241863 | 1,981982 | 1,942914 | 2,452452 |

| | ÉPOCA 3 | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|
| | Com cultura | | Sem Cultura | | Sem Fertirrigação | |
| | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m |
| Repetição 1 | 1,321983 | 2,742743 | 1,462193 | 2,362362 | 1,962944 | 3,363363 |
| Repetição 2 | 1,281923 | 2,682683 | 1,442163 | 1,881882 | 2,103155 | 2,642643 |
| Repetição 3 | 0,941412 | 1,821822 | 1,902854 | 1,121121 | 1,622434 | 2,282282 |
| Repetição 4 | 1,281923 | 1,961962 | 1,101652 | 1,841842 | 1,542313 | 2,122122 |
| Repetição 5 | 1,362043 | 2,242242 | 1,942914 | 3,663664 | 1,442163 | 1,961962 |
| Repetição 6 | 1,722584 | 2,402402 | 1,642464 | 2,702703 | 2,123185 | 2,782783 |
| Repetição 7 | 1,261893 | 2,222222 | 1,301953 | 2,002002 | 2,003005 | 2,762763 |
| Repetição 8 | 1,121683 | 1,741742 | 2,023035 | 1,101101 | 1,622434 | 2,222222 |
| Repetição 9 | 1,562344 | 2,122122 | 1,001502 | 1,901902 | 1,802704 | 3,263263 |
| Repetição 10 | 1,221833 | 2,402402 | 1,462193 | 2,022022 | 2,283425 | 2,942943 |

APÊNDICE H – Dado da densidade do solo (Mg m^{-3}).

| | ÉPOCA 1 | | ÉPOCA 2 | | | | | |
|--------------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|
| | | | Com cultura | | Sem Cultura | | Sem Fertirrigação | |
| | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m |
| Repetição 1 | 1,387777 | 1,579601 | 1,526534 | 1,663846 | 1,619452 | 1,608715 | 1,544189 | 1,667253 |
| Repetição 2 | 1,394591 | 1,643198 | 1,419782 | 1,654348 | 1,307042 | 1,620897 | 1,542743 | 1,639584 |
| Repetição 3 | 1,496388 | 1,718564 | 1,530251 | 1,590544 | 1,308900 | 1,569276 | 1,600559 | 1,758519 |
| Repetição 4 | 1,729508 | 1,665291 | 1,428455 | 1,674996 | 1,649805 | 1,781335 | 1,714228 | 1,700807 |
| Repetição 5 | 1,700187 | 1,668389 | 1,586415 | 1,618626 | 1,437746 | 1,669008 | 1,761410 | 1,762649 |
| Repetição 6 | 1,370846 | 1,744168 | 1,553997 | 1,651870 | 1,457775 | 1,572580 | 1,538923 | 1,715673 |
| Repetição 7 | 1,439398 | 1,719597 | 1,549041 | 1,677267 | 1,708860 | 1,569070 | 1,594984 | 1,741071 |
| Repetição 8 | 1,392526 | 1,724346 | 1,339667 | 1,478217 | 1,347513 | 1,678093 | 1,531903 | 1,733328 |
| Repetição 9 | 1,579394 | 1,664465 | 1,590544 | 1,770598 | 1,380344 | 1,459427 | 1,599630 | 1,821083 |
| Repetição 10 | 1,504647 | 1,724346 | 1,547596 | 1,597978 | 1,507951 | 1,664672 | 1,551003 | 1,723520 |

| | ÉPOCA 3 | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|
| | Com cultura | | Sem Cultura | | Sem Fertirrigação | |
| | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m |
| Repetição 1 | 1,4158591 | 1,6006620 | 1,5370650 | 1,6105732 | 1,7006002 | 1,7549054 |
| Repetição 2 | 1,5221982 | 1,5209593 | 1,3357434 | 1,5686570 | 1,6908954 | 1,6359707 |
| Repetição 3 | 1,4024376 | 1,5506930 | 1,5009304 | 1,5376845 | 1,7047298 | 1,7984734 |
| Repetição 4 | 1,5368585 | 1,5814590 | 1,4038830 | 1,5862082 | 1,6989483 | 1,7363218 |
| Repetição 5 | 1,5255019 | 1,5701024 | 1,5494540 | 1,6153224 | 1,8226320 | 1,8569083 |
| Repetição 6 | 1,5992166 | 1,6250271 | 1,5686570 | 1,6213104 | 1,7070011 | 1,6871787 |
| Repetição 7 | 1,6370032 | 1,4189563 | 1,6246141 | 1,6954381 | 1,7505692 | 1,7625453 |
| Repetição 8 | 1,6667368 | 1,7084465 | 1,4499289 | 1,6479468 | 1,6712795 | 1,7423099 |
| Repetição 9 | 1,5034082 | 1,6624007 | 1,5096027 | 1,7262041 | 1,6198650 | 1,9777013 |
| Repetição 10 | 1,5725802 | 1,6611618 | 1,4934970 | 1,6820166 | 1,5973583 | 1,7226939 |

APÊNDICE I – Valores da porosidade Total (%).

| | ÉPOCA 1 | | ÉPOCA 2 | | | | | |
|--------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|
| | | | Com cultura | | Sem Cultura | | Sem Fertirrigação | |
| | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m |
| Repetição 1 | 46,999461 | 39,945147 | 42,380435 | 37,102594 | 35,090456 | 37,815740 | 41,137433 | 36,953105 |
| Repetição 2 | 46,899332 | 37,464686 | 45,365341 | 37,681525 | 47,797610 | 37,344828 | 41,588372 | 37,633434 |
| Repetição 3 | 42,851524 | 34,465187 | 41,440544 | 39,225054 | 50,244533 | 38,459746 | 38,580928 | 32,975210 |
| Repetição 4 | 34,014760 | 37,363662 | 45,864531 | 36,030297 | 35,970264 | 31,832083 | 34,630540 | 36,091935 |
| Repetição 5 | 35,133421 | 36,410461 | 40,180443 | 39,149395 | 43,775283 | 36,226939 | 33,242674 | 32,834652 |
| Repetição 6 | 47,698662 | 33,655263 | 41,225541 | 37,774862 | 43,593620 | 40,612529 | 40,961193 | 34,263577 |
| Repetição 7 | 45,055618 | 34,524376 | 40,870356 | 36,913209 | 34,709902 | 40,625504 | 39,550407 | 33,690106 |
| Repetição 8 | 46,924771 | 34,343547 | 49,459260 | 43,517092 | 48,329473 | 34,740811 | 41,612526 | 33,968464 |
| Repetição 9 | 38,979753 | 36,655294 | 39,323081 | 32,379166 | 46,238504 | 44,263084 | 38,663842 | 30,677516 |
| Repetição 10 | 42,651365 | 34,442081 | 40,925528 | 38,848788 | 41,468712 | 35,458337 | 40,899372 | 34,045205 |

| | ÉPOCA 3 | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|
| | Com cultura | | Sem Cultura | | Sem Fertirrigação | |
| | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m |
| Repetição 1 | 46,035462 | 38,189080 | 41,600873 | 38,273542 | 35,297525 | 33,993027 |
| Repetição 2 | 41,924165 | 40,533922 | 49,198401 | 39,333706 | 36,336769 | 37,802013 |
| Repetição 3 | 46,493344 | 40,896357 | 41,923800 | 41,362760 | 34,269306 | 31,486726 |
| Repetição 4 | 42,281227 | 39,083369 | 46,222224 | 40,158143 | 35,245702 | 34,822754 |
| Repetição 5 | 41,914756 | 39,369164 | 41,380573 | 38,689688 | 31,376805 | 29,260634 |
| Repetição 6 | 39,016325 | 37,279656 | 39,849680 | 38,833863 | 34,148753 | 34,880822 |
| Repetição 7 | 38,054875 | 46,709202 | 38,274539 | 36,101581 | 34,123085 | 32,855418 |
| Repetição 8 | 36,377701 | 35,901206 | 44,205268 | 36,968316 | 36,300281 | 33,593004 |
| Repetição 9 | 42,698585 | 36,765541 | 41,997066 | 30,320070 | 38,352659 | 24,696742 |
| Repetição 10 | 39,243012 | 35,981254 | 42,676984 | 36,702837 | 39,148256 | 33,643106 |

APÊNDICE J – Valores da macroporosidade (%).

| | ÉPOCA 1 | | ÉPOCA 2 | | | | | |
|--------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|
| | | | Com cultura | | Sem Cultura | | Sem Fertirrigação | |
| | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m |
| Repetição 1 | 21,165389 | 14,258569 | 23,747554 | 16,878365 | 9,064287 | 9,749063 | 19,191884 | 14,304817 |
| Repetição 2 | 21,151118 | 22,515262 | 23,449516 | 19,575469 | 28,287978 | 19,514129 | 15,281247 | 21,096299 |
| Repetição 3 | 14,981719 | 16,232672 | 23,170123 | 21,375589 | 30,490271 | 20,629046 | 10,697131 | 15,417538 |
| Repetição 4 | 15,033115 | 9,075389 | 31,615093 | 18,147408 | 17,471446 | 9,891144 | 16,809858 | 9,112825 |
| Repetição 5 | 16,439831 | 7,750517 | 26,735548 | 20,655550 | 29,178663 | 18,859507 | 11,333124 | 6,598804 |
| Repetição 6 | 21,432080 | 16,186738 | 24,161156 | 14,221072 | 23,003342 | 27,176973 | 19,719223 | 17,560748 |
| Repetição 7 | 18,513671 | 8,610665 | 24,212222 | 20,555668 | 20,224890 | 18,675853 | 17,727696 | 7,392350 |
| Repetição 8 | 13,151431 | 8,863453 | 21,866313 | 27,744757 | 29,046811 | 17,443223 | 11,257644 | 12,485146 |
| Repetição 9 | 23,878800 | 20,900584 | 12,131105 | 4,438657 | 28,193578 | 27,257442 | 20,029768 | 11,531457 |
| Repetição 10 | 14,277429 | 15,672709 | 24,472339 | 17,648591 | 26,287999 | 11,269025 | 15,504475 | 15,914868 |

| | ÉPOCA 3 | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|
| | Com cultura | | Sem Cultura | | Sem Fertirrigação | |
| | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m |
| Repetição 1 | 29,851263 | 24,193881 | 28,373475 | 14,540523 | 18,618085 | 14,852363 |
| Repetição 2 | 26,070514 | 28,611717 | 35,676140 | 21,747493 | 9,888741 | 19,684309 |
| Repetição 3 | 30,284370 | 25,550743 | 26,672711 | 27,765173 | 6,622244 | 14,653825 |
| Repetição 4 | 28,326700 | 24,668921 | 28,356136 | 27,452777 | 18,568276 | 9,232677 |
| Repetição 5 | 29,083431 | 26,501842 | 27,767852 | 24,046304 | 6,074530 | 5,881325 |
| Repetição 6 | 27,930188 | 21,766715 | 25,846768 | 25,264425 | 19,732422 | 18,927734 |
| Repetição 7 | 22,731849 | 27,526822 | 16,775327 | 21,000262 | 18,500014 | 6,172125 |
| Repetição 8 | 21,931959 | 13,804057 | 22,974684 | 20,706638 | 10,601003 | 16,149262 |
| Repetição 9 | 21,032307 | 14,484668 | 21,363550 | 15,251182 | 16,100970 | 1,830992 |
| Repetição 10 | 25,583675 | 30,852356 | 22,419171 | 11,676149 | 16,962724 | 16,151201 |

APÊNDICE K – Valores da microporosidade (%).

| | ÉPOCA 1 | | ÉPOCA 2 | | | | | |
|--------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|
| | | | Com cultura | | Sem Cultura | | Sem Fertirrigação | |
| | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m |
| Repetição 1 | 25,834072 | 25,686578 | 18,632881 | 20,224229 | 26,026169 | 28,066676 | 21,945549 | 22,648288 |
| Repetição 2 | 25,748213 | 14,949423 | 21,915825 | 18,106055 | 19,509632 | 17,830699 | 26,307125 | 16,537135 |
| Repetição 3 | 27,869805 | 18,232515 | 18,270421 | 17,849465 | 19,754262 | 17,830699 | 27,883796 | 17,557672 |
| Repetição 4 | 18,981645 | 28,288274 | 14,249438 | 17,882889 | 18,498817 | 21,940940 | 17,820682 | 26,979110 |
| Repetição 5 | 18,693590 | 28,659944 | 13,444895 | 18,493845 | 14,596619 | 17,367432 | 21,909550 | 26,235848 |
| Repetição 6 | 26,266581 | 17,468525 | 17,064385 | 23,553791 | 20,590279 | 13,435557 | 21,241970 | 16,702829 |
| Repetição 7 | 26,541948 | 25,913710 | 16,658134 | 16,357540 | 14,485012 | 21,949651 | 21,822711 | 26,297756 |
| Repetição 8 | 33,773340 | 25,480095 | 27,592947 | 15,772335 | 19,282662 | 17,297589 | 30,354882 | 21,483317 |
| Repetição 9 | 15,100953 | 15,754710 | 27,191975 | 27,940510 | 18,044926 | 17,005643 | 18,634074 | 19,146059 |
| Repetição 10 | 28,373937 | 18,769373 | 16,453189 | 21,200196 | 15,180713 | 24,189312 | 25,394896 | 18,130337 |

| | ÉPOCA 3 | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|
| | Com cultura | | Sem Cultura | | Sem Fertirrigação | |
| | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m |
| Repetição 1 | 16,184199 | 13,995198 | 13,227398 | 23,733020 | 16,679440 | 19,140664 |
| Repetição 2 | 15,853651 | 11,922205 | 13,522261 | 17,586213 | 26,448028 | 18,117704 |
| Repetição 3 | 16,208974 | 15,345614 | 15,251089 | 13,597586 | 27,647062 | 16,832901 |
| Repetição 4 | 13,954527 | 14,414448 | 17,866087 | 12,705366 | 16,677427 | 25,590077 |
| Repetição 5 | 12,831325 | 12,867322 | 13,612721 | 14,643383 | 25,302275 | 23,379309 |
| Repetição 6 | 11,086137 | 15,512940 | 14,002912 | 13,569439 | 14,416331 | 15,953088 |
| Repetição 7 | 15,323027 | 19,182380 | 21,499212 | 15,101319 | 15,623071 | 26,683293 |
| Repetição 8 | 14,445741 | 22,097149 | 21,230584 | 16,261678 | 25,699279 | 17,443742 |
| Repetição 9 | 21,666278 | 22,280873 | 20,633515 | 15,068888 | 22,251688 | 22,865750 |
| Repetição 10 | 13,659337 | 5,128898 | 20,257813 | 25,026688 | 22,185532 | 17,491905 |

APÊNDICE L – Valores da condutividade hidráulica saturada (cm min^{-1}).

| | ÉPOCA 1 | ÉPOCA 2 | | | ÉPOCA 3 | | |
|--------------|----------|-------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|-------------------|
| | | Com cultura | Sem Cultura | Sem Fertirrigação | Com cultura | Sem Cultura | Sem Fertirrigação |
| | 0-0,15 m | 0-0,15 m | 0-0,15 m | 0-0,15 m | 0-0,15 m | 0-0,15 m | 0-0,15 m |
| Repetição 1 | 2,70 | 1,40 | 1,60 | 1,70 | 0,50 | 0,90 | 0,60 |
| Repetição 2 | 2,20 | 2,20 | 1,00 | 1,00 | 0,70 | 1,40 | 1,00 |
| Repetição 3 | 1,30 | 0,70 | 0,50 | 1,00 | 0,70 | 0,70 | 0,70 |
| Repetição 4 | 1,60 | 0,60 | 0,70 | 1,50 | 0,60 | 1,20 | 1,50 |
| Repetição 5 | 2,20 | 0,80 | 0,50 | 1,30 | 0,80 | 0,70 | 1,30 |
| Repetição 6 | 3,40 | 0,60 | 0,90 | 1,00 | 0,60 | 1,00 | 0,50 |
| Repetição 7 | 1,30 | 0,70 | 0,90 | 2,00 | 2,00 | 1,50 | 2,00 |
| Repetição 8 | 3,30 | 1,80 | 0,80 | 2,80 | 0,30 | 0,50 | 2,80 |
| Repetição 9 | 3,00 | 0,80 | 0,90 | 2,30 | 0,50 | 0,70 | 2,30 |
| Repetição 10 | 2,60 | 0,60 | 0,80 | 1,80 | 0,60 | 0,60 | 1,80 |

APÊNDICE M – Valores de umidade para a tensão 0 kPa ($m^3.m^{-3}$).

| | ÉPOCA 1 | | ÉPOCA 2 | | | | | |
|--------------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|
| | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | Com cultura | | Sem Cultura | | Sem Fertirrigação | |
| | | | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m |
| Repetição 1 | 0,45 | 0,41 | 0,56 | 0,51 | 0,48 | 0,50 | 0,44 | 0,38 |
| Repetição 2 | 0,43 | 0,44 | 0,60 | 0,53 | 0,57 | 0,49 | 0,41 | 0,42 |
| Repetição 3 | 0,43 | 0,37 | 0,47 | 0,45 | 0,51 | 0,46 | 0,43 | 0,39 |
| Repetição 4 | 0,39 | 0,34 | 0,46 | 0,45 | 0,49 | 0,45 | 0,40 | 0,37 |
| Repetição 5 | 0,39 | 0,34 | 0,51 | 0,43 | 0,49 | 0,44 | 0,40 | 0,40 |
| Repetição 6 | 0,59 | 0,42 | 0,50 | 0,47 | 0,50 | 0,44 | 0,51 | 0,42 |
| Repetição 7 | 0,71 | 0,36 | 0,48 | 0,42 | 0,44 | 0,44 | 0,57 | 0,36 |
| Repetição 8 | 0,47 | 0,35 | 0,71 | 0,46 | 0,51 | 0,43 | 0,41 | 0,45 |
| Repetição 9 | 0,47 | 0,34 | 0,47 | 0,44 | 0,47 | 0,48 | 0,45 | 0,34 |
| Repetição 10 | 0,45 | 0,40 | 0,50 | 0,47 | 0,44 | 0,46 | 0,43 | 0,41 |

| | ÉPOCA 3 | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|
| | Com cultura | | Sem Cultura | | Sem Fertirrigação | |
| | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m |
| Repetição 1 | 0,50 | 0,43 | 0,45 | 0,43 | 0,42 | 0,35 |
| Repetição 2 | 0,53 | 0,43 | 0,51 | 0,47 | 0,39 | 0,41 |
| Repetição 3 | 0,52 | 0,43 | 0,50 | 0,45 | 0,43 | 0,42 |
| Repetição 4 | 0,46 | 0,42 | 0,51 | 0,43 | 0,41 | 0,41 |
| Repetição 5 | 0,49 | 0,43 | 0,48 | 0,44 | 0,42 | 0,45 |
| Repetição 6 | 0,45 | 0,42 | 0,46 | 0,42 | 0,43 | 0,42 |
| Repetição 7 | 0,43 | 0,49 | 0,43 | 0,42 | 0,43 | 0,37 |
| Repetição 8 | 0,45 | 0,62 | 0,51 | 0,48 | 0,35 | 0,55 |
| Repetição 9 | 0,51 | 0,42 | 0,46 | 0,45 | 0,43 | 0,34 |
| Repetição 10 | 0,44 | 0,43 | 0,52 | 0,46 | 0,41 | 0,41 |

APÊNDICE N – Valores de umidade para a tensão 30 kPa ($m^3.m^{-3}$).

| | ÉPOCA 1 | | ÉPOCA 2 | | | | | |
|--------------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|
| | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | Com cultura | | Sem Cultura | | Sem Fertirrigação | |
| | | | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m |
| Repetição 1 | 0,33 | 0,31 | 0,48 | 0,42 | 0,43 | 0,44 | 0,34 | 0,29 |
| Repetição 2 | 0,35 | 0,41 | 0,53 | 0,47 | 0,49 | 0,45 | 0,33 | 0,34 |
| Repetição 3 | 0,35 | 0,31 | 0,43 | 0,41 | 0,46 | 0,42 | 0,35 | 0,32 |
| Repetição 4 | 0,34 | 0,28 | 0,42 | 0,41 | 0,37 | 0,34 | 0,35 | 0,29 |
| Repetição 5 | 0,34 | 0,30 | 0,45 | 0,41 | 0,45 | 0,39 | 0,34 | 0,34 |
| Repetição 6 | 0,31 | 0,34 | 0,44 | 0,30 | 0,30 | 0,40 | 0,31 | 0,32 |
| Repetição 7 | 0,33 | 0,34 | 0,45 | 0,39 | 0,41 | 0,29 | 0,33 | 0,32 |
| Repetição 8 | 0,28 | 0,32 | 0,36 | 0,41 | 0,47 | 0,37 | 0,29 | 0,32 |
| Repetição 9 | 0,43 | 0,30 | 0,37 | 0,33 | 0,35 | 0,43 | 0,36 | 0,28 |
| Repetição 10 | 0,33 | 0,36 | 0,34 | 0,40 | 0,40 | 0,32 | 0,31 | 0,33 |

| | ÉPOCA 3 | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|
| | Com cultura | | Sem Cultura | | Sem Fertirrigação | |
| | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m |
| Repetição 1 | 0,46 | 0,35 | 0,35 | 0,29 | 0,34 | 0,28 |
| Repetição 2 | 0,48 | 0,34 | 0,35 | 0,41 | 0,31 | 0,28 |
| Repetição 3 | 0,43 | 0,28 | 0,34 | 0,29 | 0,35 | 0,32 |
| Repetição 4 | 0,36 | 0,38 | 0,36 | 0,30 | 0,35 | 0,31 |
| Repetição 5 | 0,43 | 0,38 | 0,43 | 0,34 | 0,35 | 0,38 |
| Repetição 6 | 0,42 | 0,35 | 0,43 | 0,34 | 0,30 | 0,30 |
| Repetição 7 | 0,39 | 0,38 | 0,34 | 0,34 | 0,32 | 0,30 |
| Repetição 8 | 0,43 | 0,30 | 0,29 | 0,32 | 0,29 | 0,31 |
| Repetição 9 | 0,27 | 0,32 | 0,26 | 0,31 | 0,29 | 0,27 |
| Repetição 10 | 0,31 | 0,31 | 0,26 | 0,33 | 0,29 | 0,30 |

APÊNDICE O – Valores de umidade para a tensão 60 kPa ($m^3.m^{-3}$).

| | ÉPOCA 1 | | ÉPOCA 2 | | | | | |
|--------------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|
| | | | Com cultura | | Sem Cultura | | Sem Fertirrigação | |
| | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m |
| Repetição 1 | 0,26 | 0,26 | 0,19 | 0,20 | 0,26 | 0,30 | 0,21 | 0,22 |
| Repetição 2 | 0,26 | 0,15 | 0,22 | 0,18 | 0,20 | 0,18 | 0,26 | 0,17 |
| Repetição 3 | 0,28 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,20 | 0,13 | 0,28 | 0,18 |
| Repetição 4 | 0,19 | 0,27 | 0,14 | 0,18 | 0,18 | 0,22 | 0,20 | 0,26 |
| Repetição 5 | 0,19 | 0,29 | 0,13 | 0,18 | 0,15 | 0,17 | 0,22 | 0,26 |
| Repetição 6 | 0,26 | 0,17 | 0,17 | 0,24 | 0,21 | 0,13 | 0,20 | 0,17 |
| Repetição 7 | 0,27 | 0,26 | 0,17 | 0,16 | 0,14 | 0,21 | 0,21 | 0,26 |
| Repetição 8 | 0,34 | 0,25 | 0,28 | 0,16 | 0,19 | 0,17 | 0,29 | 0,21 |
| Repetição 9 | 0,15 | 0,16 | 0,27 | 0,28 | 0,18 | 0,17 | 0,19 | 0,19 |
| Repetição 10 | 0,28 | 0,19 | 0,16 | 0,21 | 0,15 | 0,23 | 0,25 | 0,18 |

| | ÉPOCA 3 | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|
| | Com cultura | | Sem Cultura | | Sem Fertirrigação | |
| | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m |
| Repetição 1 | 0,16 | 0,14 | 0,13 | 0,24 | 0,17 | 0,19 |
| Repetição 2 | 0,16 | 0,12 | 0,14 | 0,18 | 0,26 | 0,18 |
| Repetição 3 | 0,16 | 0,15 | 0,15 | 0,14 | 0,28 | 0,17 |
| Repetição 4 | 0,14 | 0,14 | 0,18 | 0,13 | 0,17 | 0,26 |
| Repetição 5 | 0,13 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,25 | 0,23 |
| Repetição 6 | 0,11 | 0,16 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,16 |
| Repetição 7 | 0,15 | 0,18 | 0,21 | 0,15 | 0,16 | 0,27 |
| Repetição 8 | 0,14 | 0,21 | 0,21 | 0,16 | 0,26 | 0,17 |
| Repetição 9 | 0,22 | 0,21 | 0,21 | 0,15 | 0,22 | 0,23 |
| Repetição 10 | 0,14 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,22 | 0,17 |

APÊNDICE P – Valores de umidade para a tensão 80 kPa (m³.m⁻³).

| | ÉPOCA 1 | | ÉPOCA 2 | | | | | |
|--------------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|
| | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | Com cultura | | Sem Cultura | | Sem Fertirrigação | |
| | | | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m |
| Repetição 1 | 0,11 | 0,11 | 0,18 | 0,17 | 0,23 | 0,17 | 0,12 | 0,14 |
| Repetição 2 | 0,12 | 0,11 | 0,15 | 0,13 | 0,12 | 0,16 | 0,11 | 0,13 |
| Repetição 3 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,12 | 0,13 | 0,14 |
| Repetição 4 | 0,12 | 0,14 | 0,11 | 0,13 | 0,15 | 0,16 | 0,12 | 0,14 |
| Repetição 5 | 0,15 | 0,12 | 0,10 | 0,14 | 0,12 | 0,00 | 0,14 | 0,11 |
| Repetição 6 | 0,12 | 0,14 | 0,14 | 0,04 | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,14 |
| Repetição 7 | 0,12 | 0,10 | 0,15 | 0,14 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,13 |
| Repetição 8 | 0,09 | 0,13 | 0,18 | 0,15 | 0,16 | 0,15 | 0,11 | 0,13 |
| Repetição 9 | 0,10 | 0,11 | 0,14 | 0,19 | 0,15 | 0,14 | 0,11 | 0,13 |
| Repetição 10 | 0,12 | 0,15 | 0,13 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,15 |

| | ÉPOCA 3 | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|
| | Com cultura | | Sem Cultura | | Sem Fertirrigação | |
| | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m |
| Repetição 1 | 0,12 | 0,11 | 0,10 | 0,12 | 0,12 | 0,17 |
| Repetição 2 | 0,12 | 0,09 | 0,12 | 0,13 | 0,11 | 0,15 |
| Repetição 3 | 0,13 | 0,13 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,14 |
| Repetição 4 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,10 | 0,12 | 0,13 |
| Repetição 5 | 0,09 | 0,11 | 0,10 | 0,12 | 0,13 | 0,11 |
| Repetição 6 | 0,09 | 0,12 | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,13 |
| Repetição 7 | 0,12 | 0,14 | 0,12 | 0,11 | 0,12 | 0,15 |
| Repetição 8 | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 0,14 | 0,12 | 0,14 |
| Repetição 9 | 0,13 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,15 |
| Repetição 10 | 0,10 | 0,12 | 0,12 | 0,13 | 0,12 | 0,15 |

APÊNDICE Q – Valores de umidade para a tensão 100 kPa ($m^3.m^{-3}$).

| | ÉPOCA 1 | | ÉPOCA 2 | | | | | |
|--------------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|
| | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | Com cultura | | Sem Cultura | | Sem Fertirrigação | |
| | | | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m |
| Repetição 1 | 0,11 | 0,09 | 0,17 | 0,17 | 0,21 | 0,17 | 0,11 | 0,13 |
| Repetição 2 | 0,11 | 0,10 | 0,14 | 0,12 | 0,11 | 0,15 | 0,10 | 0,12 |
| Repetição 3 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,17 | 0,11 | 0,12 | 0,11 |
| Repetição 4 | 0,11 | 0,13 | 0,11 | 0,13 | 0,12 | 0,15 | 0,10 | 0,13 |
| Repetição 5 | 0,13 | 0,12 | 0,09 | 0,13 | 0,11 | 0,00 | 0,12 | 0,11 |
| Repetição 6 | 0,12 | 0,14 | 0,14 | 0,01 | 0,10 | 0,10 | 0,12 | 0,11 |
| Repetição 7 | 0,11 | 0,10 | 0,10 | 0,12 | 0,11 | 0,12 | 0,11 | 0,12 |
| Repetição 8 | 0,09 | 0,12 | 0,17 | 0,15 | 0,15 | 0,14 | 0,10 | 0,13 |
| Repetição 9 | 0,10 | 0,11 | 0,13 | 0,08 | 0,14 | 0,13 | 0,11 | 0,12 |
| Repetição 10 | 0,11 | 0,15 | 0,12 | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 0,11 | 0,14 |

| | ÉPOCA 3 | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|
| | Com cultura | | Sem Cultura | | Sem Fertirrigação | |
| | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m | 0-0,15 m | 0,15-0,30 m |
| Repetição 1 | 0,12 | 0,09 | 0,09 | 0,12 | 0,12 | 0,16 |
| Repetição 2 | 0,10 | 0,08 | 0,11 | 0,10 | 0,09 | 0,14 |
| Repetição 3 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 0,13 |
| Repetição 4 | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 0,09 | 0,10 | 0,12 |
| Repetição 5 | 0,08 | 0,10 | 0,09 | 0,12 | 0,12 | 0,10 |
| Repetição 6 | 0,07 | 0,10 | 0,09 | 0,10 | 0,12 | 0,13 |
| Repetição 7 | 0,11 | 0,12 | 0,11 | 0,10 | 0,10 | 0,14 |
| Repetição 8 | 0,09 | 0,11 | 0,11 | 0,13 | 0,12 | 0,13 |
| Repetição 9 | 0,12 | 0,12 | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,14 |
| Repetição 10 | 0,08 | 0,12 | 0,11 | 0,13 | 0,11 | 0,13 |

ANEXO

ANEXO A - Compatibilidade química da mistura de alguns fertilizantes mais utilizados em fertirrigação

| Atribos Orgânicos | | COMPATÍVEIS (Podem ser Misturados) | |
|-------------------|--|------------------------------------|--|
| C | Nitrato de Sódio | C | COMPATÍVEIS (Podem ser Misturados) |
| C | Nitrato de Potássio | L | COMPATIBILIDADE LIMITADA (Devem ser misturados pouco antes da aplicação) |
| C | Nitrocálcio | I | INCOMPATÍVEIS (Não podem ser Misturados) |
| C | Nitrato de Amônio | | |
| C | Sulfato de Amônio | | |
| C | Uréia | | |
| C | Farinha de Ossos | | |
| C | Fosfatos Naturais | | |
| C | Superfosfato Simples | | |
| C | Superfosfato Triplo | | |
| C | MAP | | |
| C | DAP | | |
| I | Escórias | | |
| I | Termofosfato | | |
| C | Cloreto de Potássio | | |
| C | Sulfato de Potássio | | |
| C | Sulfato de Potássio e Magnésio | | |
| I | Cal Virgem Hidratada e Calcários Calcinaos | | |
| I | Calcários | | |

Obs.: Dependendo de certas características da Uréia, do Nitrato de Amônio e do teor de Cloreto de Sódio no Cloreto de Potássio, as misturas desses produtos podem apresentar certo grau de incompatibilidade.

Fonte: VITTI; SILVA (2007).