

CICERO DA SILVA COSTA

**Utilização do estéril da extração do gesso, como condicionador das
propriedades físicas de um Neossolo Quartzarênico do sertão de
Pernambuco**

RECIFE

2007

CICERO DA SILVA COSTA

**UTILIZAÇÃO DO ESTÉRIL DA EXTRAÇÃO DO GESSO, COMO
CONDICIONADOR DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM
NEOSSOLO QUARTIZARÊNICO DO SERTÃO DE PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador:

Prof^o. Dr. José Júlio Vilar Rodrigues

Co-orientadores:

Prof^o. Dr. Emídio Cantídio de Oliveira Filho

Prof^o. Dr. Tonny José Araújo da Silva

RECIFE

2007

CICERO DA SILVA COSTA

**UTILIZAÇÃO DO ESTÉRIL DA EXTRAÇÃO DO GESSO, COMO
CONDICIONADOR DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM
NEOSSOLO QUARTIZARÊNICO DO SERTÃO DE PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo.

Dissertação aprovada no dia 25 de Maio de 2007

Presidente da Banca

José Júlio Vilar Rodrigues

Examinadores da Banca

Antônio Cabral Cavalcanti

Emidio Cantidio de Oliveira Filho

Sheila Maria Bretas Bittar Schulze

Ficha catalográfica

C837u Costa, Cícero da Silva
Utilização do estéril da extração do gesso, como condicionador das propriedades físicas de um Neossolo Quartzarênico do semi-árido Pernambuco / Cícero da Silva Costa.
-- 2007.
81 f. : il.

Orientador : José Júlio Vilar Rodrigues
Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo)
-- Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Agronomia.
Inclui anexo e bibliografia

CDD 631.43

1. Solo
 2. Água do solo
 3. Solo arenoso
 4. Condicionador do solo
- I. Rodrigues, José Júlio Vilar
 - II. Título

DEDICO

Ao Profº Dr.
Ronaldo Freire de Moura

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela superação dos obstáculos e pelas dádivas que me tornaram o que sou.

Aos meus pais pela educação dada até hoje, pela preocupação e pelo apoio dado em todos os momentos de minha vida.

Aos meus pais e familiares, pela torcida, paciência e apoio em todos os momentos difíceis.

Ao orientador, Prof^o. José Júlio Vilar Rodrigues, pela amizade, orientação e ensinamentos dados no decorrer do curso.

Aos meus colegas de turma, Edivan, Marise, Michel, Dagmar, Fátima, Karina e Daniela, pela amizade e companheirismo.

Ao doutorando Paulo Medeiros, pela amizade e colaboração dada em minha Dissertação.

Ao programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela possibilidade de fazer parte deste grupo.

Ao Prof^o Emidio Cantidio de Oliveira Filho, pela demonstração de confiança e apoio necessário durante todo o curso.

A Prof^a Sheila Maria Bretas Bittar Schulze, pela colaboração e orientação nos momentos em que precisei.

Ao pesquisador Antônio Cabral Cavalcanti, pela colaboração dada durante o desenvolvimento do curso.

Ao laboratorista de Física do Solo Anacleto José da Fonseca Júnior, pelo o companheirismo e apoio dado nas análises de física do solo.

A mestranda Lígia Borges pela amizade e ajuda com os experimentos em casa de vegetação.

A secretária Maria do Socorro pela paciência e apoio nos momentos de grandes necessidades.

Ao sr. Noca e sr. Camilo pelo apoio e alegria demonstrada no dia-a-dia.

A todos os professores que fazem parte do programa e que de certa forma contribuíram para o meu crescimento.

Aos graduandos do curso de Agronomia Luiz Antônio e Flávio pela colaboração durante a execução dos experimentos.

A todos que de certa forma contribuíram para o meu crescimento durante este período.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.2 Condicionadores do solo.....	5
2.2.1 Condicionadores orgânicos do solo.....	6
2.2.2 Condicionadores sintéticos do solo.....	7
2.2.3 Condicionadores minerais do solo.....	8
2.3. Retenção e disponibilidade da água no solo.....	9
2.4. A cultura do melão.....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1. Coleta do solo e do estéril.....	13
3.2. Pré-tratamento do estéril.....	14
3.3. Caracterização física do solo e do estéril.....	15
3.4. Caracterização química do solo e do estéril.....	15
3.5. Análise por difratometria de raio-X do estéril.....	15
3.6. Experimentos em laboratório.....	16
3.6.1 Curvas características de retenção de umidade.....	17
3.6.1.a Método do funil de placa porosa.....	17
3.6.1.b Método de Drenagem de coluna de solo.....	18
3.6.2 Capacidade de Campo.....	19
3.6.3 Ponto de murcha.....	21
3.7 Experimentos com melão em casa de vegetação.....	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1 Avaliação dos valores de CC, PM e Ad, obtidos por diferentes métodos, após a adição das 5 doses do estéril na granulometria <4mm, ao solo.....	40
4.2 Cultivo do melão em colunas de PVC com adição do estéril ao solo.....	44
4.3 CONCLUSÕES.....	50
4.4 REFERÊNCIAS.....	51
4.5 ANEXOS.....	62

RESUMO

Foram estudados os efeitos da adição do estéril resultante da extração da gipsita como condicionante de solo. O estéril foi incorporado a um Neossolo Quartzarênico coletado no Município de Petrolina, PE. As propriedades físicas do estéril foram determinadas nos seis intervalos granulométricos: <1mm, <2mm, <4mm, entre 1 e 2mm, entre 2 e 4mm e entre 4 e 6mm. A densidade do solo e das partículas, a porosidade, e as curvas de retenção dessas frações e de suas misturas nas proporções de 0, 2, 4, 6 e 8 dag.kg⁻¹ com o solo foram analisadas para se determinar qual a fração granulométrica que, misturada ao solo, apresentasse o maior incremento na retenção e na água disponível em relação ao solo puro. Foi escolhida a fração <4 mm, não só por apresentar resultados iguais ou superiores em todos os parâmetros estudados aos demais intervalos granulométricos, bem como, potencialmente, o menor custo de processamento. Essa fração granulométrica incorporada ao solo nas mesmas proporções descritas, foi submetida a determinações mais precisas da disponibilidade de água, onde a capacidade de campo foi obtida pela simulação de um perfil de solo com uma coluna de cilindros de PVC com 100 cm de altura com as diversas proporções de estéril incorporadas aos 40 cm superiores, e o Ponto de Murcha permanente determinado pelo método fisiológico. Finalmente, um experimento em casa de vegetação com a cultura de melão utilizando colunas de PVC de 20 cm de diâmetro por 100 cm de altura com as mesmas proporções e materiais incorporados aos 40 cm superiores, simulando as condições e práticas de campo. A incorporação de doses crescentes do estéril aumentou a água disponível do solo de 4,80% a 8,67% nas doses de 0 e 8 dag.kg⁻¹, determinado pelo método tradicional, e de 14,76% a 15,08% nas mesmas doses quando a água disponível foi determinada com a CC e o PMP determinados pelo método da coluna e fisiológicos respectivamente. No experimento com a cultura do melão, embora o desenvolvimento inicial das plantas fosse maior nas doses mais altas (6 e 8 dag.kg⁻¹), ao final do experimento não houve diferença significativa entre os tratamentos em relação à massa fresca dos frutos. No entanto, na massa seca dos ramos (MSR) e das folhas (MSF), houve uma diferença significativa apenas nos tratamentos com doses de 6 e 8 dag.kg⁻¹ de estéril. Foi demonstrado também que houve um aumento linear no teor de cálcio (A),

magnésio (B), potássio (C) e no valor de pH (D) do solo em função das doses crescentes do estéril adicionado, facilitando o manejo da fertirrigação quando da adição do estéril.

Abstract

The effects of the addition of the sterile material resulting from the gypsite mining as a soil conditioner were studied. The sterile was incorporated into a Neossolo Quartzarênico collected in the county of Petrolina, PE. Initially the sterile was separated into six granulometric intervals through sieving in the following grades: <1mm, <2mm, <4mm, between 1 and 2mm, between 2 and 4mm and between 4 and 6mm. Soil bulk and particle densities, porosity and water retention curves of these fractions and their mixtures in the proportions of 0, 2, 4, 6 and 8 dag.kg⁻¹ with the soil were analyzed to determine which granulometric fraction which, when mixed with the soil, presented the highest increment in the retention and availability of soil water ($AW=FC-PWP$, where AW is available water, FC is the field capacity defined as water retained at -10 kPa, PWP is the permanent wilting percentage, defined as the water retained at -1500 kpa) in relation to unamended soil. The > 4 mm fraction was chosen, not only for presenting results equal to or better than the other granulometric fractions, as well as its lower processing cost. This fraction incorporated to the soil in the proportions described previously was submitted to more precise determinations of water availability, where field capacity was obtained by simulating of a soil profile with a column of PVC cylinders of 100 cm height with the several proportions of sterile incorporated in the top 40 cm, and the permanent wilting point determined by the physiological method. Finally, a greenhouse experiment with a melon crop was setup using PVC columns of 20 cm diameter by 100 cm depth with the same proportions and materials incorporated to the top 40 cm, simulating field conditions and practices. The incorporation of increasing dosages of sterile increased the available soil water from 4,8% to 8,67% with doses from 0 to 8 dag.kg⁻¹, determined by the traditional method, and from 14,76% to 15,08% in the same dosages when available water was defined with the FC and the PWP were determined by the column and physiological methods respectively. In the melon crop experiment , although the initial growth and development of the plants were greater in the highest dosages (6 and 8 dag.kg⁻¹) , at the end of the experiment there was no significant difference between the treatments relative to the fresh mass of the fruits. However, in the dry mass of the stems (DMS) and of the leaves (DML), there were significant differences only in the dosages of 6 and 8 dag.kg⁻¹ of

sterile. It was also shown that there was a linear increase in the Calcium, Magnesium, Potassium, and pH values with increasing dosages of sterile, easing the management of fertigation with the addition of sterile.

1. INTRODUÇÃO

A diminuição dos níveis de pobreza no País, especialmente os registrados nas zonas rurais de regiões caracterizadas pela baixa disponibilidade de recursos hídricos ou naquelas onde estes estão sendo subutilizados, continua sendo um importante desafio.

O semi-árido brasileiro representa cerca de 60% da região Nordeste, com uma área aproximada de 900.000 km², abrangendo de forma total ou parcial todos os estados da região e incluindo o norte de Minas Gerais. O clima desta região é caracterizado pela baixa precipitação média anual e alta variabilidade espacial e temporal, além da alta incidência de insolação durante a maior parte do ano. Estes fatores combinados têm como consequência altas taxas de evapotranspiração, o que ocasionam grandes perdas hídricas. No entanto, a prática da irrigação permite que esses problemas sejam amenizados.

Segundo Oliveira et al. (2002), a prática da irrigação tem permitido o aumento da produtividade das culturas, por diminuir a irregularidade espacial e temporal do suprimento de água, possibilitando a expansão das fronteiras agrícolas em muitas regiões do globo, inclusive no Nordeste brasileiro.

Segundo o Relatório Anual de Avaliação (2005) elaborado pelo o Ministério da Integração Nacional a irrigação é comprovadamente, uma das mais efetivas ferramentas de combate à pobreza e distribuição de renda, uma vez que contribui para a geração de empregos a custos geralmente inferiores àqueles de outros setores da economia. Além de contribuir para o aumento da oferta de alimentos, a prática da irrigação tem o potencial de promover um incremento substancial na produtividade das culturas.

Apesar disto, segundo o mesmo relatório citado anteriormente, a área irrigada per capita no Brasil continua sendo uma das mais baixas do mundo, colocando o País em desvantagem competitiva em termos de produtividade dos recursos envolvidos na implantação de áreas irrigadas.

Um dos fatores que limitam a produção agrícola na região semi-árida é que grande parte de suas áreas agricultáveis são formadas por solos arenosos. Embora esses solos possam apresentar, com manejo adequado, um alto potencial de produção em curto prazo, a sustentabilidade da produção, em

longo prazo, com um mínimo de impactos negativos ao meio ambiente, é um grande desafio e exige cuidados especiais de manejo.

Em termos químicos, os solos arenosos apresentam uma série de limitações em relação à agricultura irrigada, tais como, a baixa capacidade de retenção de cátions, a baixa fertilidade natural e deficiência em relação à maioria dos nutrientes essenciais para as plantas, além de, normalmente, apresentarem baixos teores de matéria orgânica.

As limitações físicas incluem a baixa capacidade de retenção e disponibilidade de água, drenagem excessiva e alta suscetibilidade ao processo erosivo, em decorrência da baixa estruturação do solo, o que é agravado pela intensidade das chuvas no período chuvoso.

Com o crescimento da população torna-se crescente o aumento da demanda por novas áreas a serem exploradas para a produção de alimentos. Conseqüentemente, estudos vêm sendo realizados ao longo do tempo no sentido de aproveitamento de novas áreas para projetos de irrigação em solos antes considerados de classe não irrigável (EMBRAPA, 2005).

Em Petrolina, em diversos cultivos, como o da uva e do melão no vale do rio São Francisco, a utilização de compostos orgânicos torna-se cada vez mais freqüente. Essa prática estimula o desenvolvimento das raízes das plantas e, conseqüentemente, aumenta o poder de absorção de água e nutrientes no solo; aumenta a capacidade de infiltração e retenção de água, reduzindo a erosão; contribui para diminuição da acidez do solo; melhora a estrutura do solo e sua capacidade de retenção e fornecimento de nutrientes de forma gradativa (EMBRAPA, 2007).

Porém, devido às condições climáticas dessa região serem favoráveis ao aumento da taxa de decomposição de material de origem orgânica, associada a sua escassez e do seu alto custo, torna-se cada vez mais importante a necessidade de materiais que possam substituir os compostos orgânicos.

Esse problema pode ser amenizado com a utilização de condicionadores de solo, inorgânicos. Esses materiais possuem uma resistência muito maior, aos processos de intemperismo, quando comparados com os condicionadores ou qualquer outro material adicionado ao solo de origem orgânica.

Condicionador do solo é qualquer material que melhora, mensuravelmente, as características físicas de um solo como um meio para o

desenvolvimento de plantas. Exemplos mais comuns incluem a turfa, os compostos orgânicos, além de vários materiais inertes (Curi et al., 1993).

Os condicionadores possuem uma grande variação na sua composição, taxa de aplicação e modo de ação, podendo ser sintéticos ou naturais, orgânicos ou inorgânicos.

O presente trabalho tem com objetivo avaliar as melhorias físicas provocadas em um Neossolo Quartzarênico, localizado no município de Petrolina, após a adição do estéril proveniente do processo de extração do gesso na região de Araripina.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Solos arenosos

Um dos principais fatores que podem limitar a produção das culturas são as condições físicas do solo. Dentre as propriedades físicas do solo uma das mais importantes é a textura, principalmente, porque praticamente todas outras propriedades dependem dela.

Os solos de textura arenosa são caracterizados, por apresentarem uma baixa capacidade de retenção de água, alta suscetibilidade aos processos de erosão, além de baixa estruturação física do solo.

De acordo com a definição de grupamentos texturais adotado pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (EMBRAPA, 2006), os solos classificados como sendo de textura arenosa englobam as classes de areia e areia franca. Quantitativamente, os solos arenosos apresentam, simultaneamente, teores de areia maiores que 70% e argila menor que 15%.

Um dos principais representantes dos solos arenosos são os Neossolos. Segundo o IBAMA (2002), os Neossolos representam no cenário nacional a terceira classe de solo em termos de área, com cerca de 1.250.000 km². Dentre as regiões brasileiras, a Nordeste é a principal representante uma vez que, aproximadamente, 27% de seus solos são formados por essa classe, só perdendo para os latossolos, que correspondem a 31,01% dos solos nordestinos.

O Neossolo Quartzarênico (RQ) é a principal classe de solos arenosos do Brasil, correspondendo a 11% da área do país (Reatto et al., 2006).

Segundo o SiBCS (EMBRAPA, 2006), os RQ não apresentam contato lítico dentro de 50 cm de profundidade, com seqüência de horizonte A-C, porém apresentando textura areia ou areia franca em todos os horizontes até, no mínimo de 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico; são essencialmente quartzosos, com ausência de minerais primários alteráveis.

Segunda EMBRAPA (2005), solos arenosos e profundos que antes eram classificados como não irrigáveis, pela utilização de metodologias ultrapassadas trazidas dos EUA, hoje são classificados como plenamente irrigáveis. Isso aconteceu depois que a EMBRAPA Solos lançou o Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação (SiBCTI).

No entanto nesse novo sistema de terras irrigadas os Neossolos Quartzarênicos profundos, que segundo EMBRAPA (2005) representam 47% do total das terras do semi-árido, são classificados como irrigáveis.

Diversos estudos vêm sendo realizados com RQ no sentido de avaliar as modificações ocorrentes devido a sistemas de manejo e de interferir de forma direta no melhoramento de suas propriedades físicas com adição de materiais condicionantes do solo.

Souza et al. (2005) avaliaram as modificações na densidade do solo, no volume total de poros e na resistência mecânica à penetração de um RQ submetido a seis diferentes tipos de manejo (cerrado, integração lavoura-pecuária, pastagem, soja, milho e cerrado antropizado). Os autores observaram que todos os sistemas de manejo do solo promoveram o aumento na densidade, a diminuição da macroporosidade e do volume total de poros, como também da variação da resistência do solo à penetração.

Outros trabalhos relevantes que tratam do assunto foram realizados por Cavalcanti (1994), Souza et al. (2003), Coelho (2004), Correia (2005) e Souza et al. (2006), também estudaram formas de melhorar o manejo e utilização dos RQ.

2.2. Condicionadores do solo

A utilização de materiais como condicionador do solo vem de muito tempo. Relatos demonstram que na China antiga, dejetos humanos, sem qualquer tratamento, eram utilizados na agricultura. Já no ocidente, os resíduos sanitários começaram a ser utilizados na agricultura com mais intensidade a partir de 1900, quando a Inglaterra enfrentou uma epidemia de cólera de proporções alarmantes (EMBRAPA, 2005). Com o passar do tempo tanto o tratamento como também o a forma de aplicação deste tipo de material orgânico foram evoluindo, até chegarem a um produto que pudesse ser utilizado de forma racional.

No Brasil, as pesquisas para o aproveitamento do biossólido na agricultura iniciaram na década de 1980, com Bettiol & Carvalho (1982).

Já os condicionadores de origem sintética foram colocados no mercado a partir dos anos 50, dentre os quais o Krilium, um polímero orgânico sintético,

com uso direcionado para melhoria da estrutura de solos e controle da erosão (Coelho, 2004).

Atualmente, a busca incessante pela a máxima produtividade econômica tem renovado o interesse pelos condicionadores do solo. Esses possuem inúmeros benefícios, alegados pelos fabricantes, tais como, melhora da estrutura do solo e aeração; aumento da capacidade de retenção e disponibilidade de água; redução da compactação e condições de endurecimento de camadas do solo; melhora da drenagem efetiva; recuperação de solos alcalinos; liberação de nutrientes “aprisionados”; melhora no desenvolvimento de raízes e aumento da produtividade.

Alguns pesquisadores também atribuem ao condicionador do solo melhorias nas propriedades químicas, como no caso de Gervásio (2003), que define condicionador do solo como sendo qualquer produto adicionado ao solo ou substrato, com o objetivo de melhorar suas propriedades, químicas ou físicas.

Entretanto, com a diversidade de condicionadores no mercado hoje, é importante entender a natureza, o uso e os benefícios práticos desses produtos. É preciso ter em mente que qualquer material que tenha o propósito de melhorar as propriedades do solo, sejam elas físicas ou químicas, não irá se comportar da mesma forma e com os mesmos resultados em todos os tipos de solos.

O material utilizado na presente pesquisa como condicionador do solo, foi também estudado por Cavalcanti (1994). Trata-se de um material argiloso formado por várias camadas de sedimentos distintos com uma espessa de (15 a 30m), localizada sobre uma outra camada mais estreita de gipsita. Esse material representa o estéril da extração de gesso das mineradoras localizadas na região do Araripe, ocorrendo em grandes quantidades, tornando-se assim uma alternativa para utilização como um melhorador de solos arenosos.

2.2.1. Condicionadores orgânicos do solo

Podem ser citados como condicionadores orgânicos os produtos à base de substâncias húmicas (Piccolo, 1997), esterco animal, restos de culturas, (Galdos et al., 2004), lodo de esgoto na forma de biossólido (Melo et al., 2004), como também o pó-de-serra.

Devido aos benefícios da matéria orgânica em seu estado coloidal (húmus) na melhoria e/ou manutenção das propriedades físicas do solo, como estrutura, drenagem, aeração e capacidade de retenção de água no solo, muitos dos condicionadores de solo existentes no mercado tentam simular a matéria orgânica.

Valarini et al. (2002) adicionaram matéria orgânica no solo e observaram um aumento na atividade de microorganismos.

Para condicionadores orgânicos é de grande importância que seja observado suas respectivas relações C:N.

2.2.2. Condicionadores sintéticos do solo

São também chamados de agentes sintéticos de união, pelo o fato de serem formados por polímeros que apresentam compostos orgânicos que unem partículas, formando agregados estáveis.

Devido à habilidade de absorver centenas de vezes o seu próprio peso em água, os polímeros agrícolas têm sido utilizados, principalmente, na produção de hortaliças, flores, gramados e mudas de essências florestais, visando aumentar a disponibilidade de água no solo para as plantas (Azevedo et al., 2000).

Henríquez et al. (2003) ao avaliarem os efeitos do condicionador sintético poliacrilamida comparando-o com condicionadores naturais como o cardon, com relação aos cátions solúveis e a infiltração da água no solo, concluíram que as reações entre Ca/Na e Mg/Ca mais adequadas no extrato de saturação do solo, foram obtidas com os condicionadores naturais. Levy & Miller (1999) também trabalharam com o mesmo polímero, avaliando a estabilidade de agregados e verificaram o efeito benéfico desse material na formação dos agregados, tanto em superfície como em sub-superfície, no solo.

Gervásio (2003) avaliou, em casa de vegetação, as interações entre tamanho de tubetes, quantidade de água e doses do condicionador TerraCottem[®], na produção de mudas de cafeeiro, observando que não houve efeito de doses do condicionador no desenvolvimento das mudas de cafeeiro, concluindo que quando o objetivo é a retenção de água, os polímeros hidroabsorventes perdem sua efetividade ao serem adicionados em meios de cultivo intensivos.

Apesar da eficiência na melhoria das propriedades físicas do solo, demonstrada por Levy & Miller (1999), Henríquez et al. (2003) e Oliveira et al. (2004), os referidos autores observam que os custos da utilização desse tipo de condicionador do solo, que por serem elevados, acabam por inviabilizar a sua utilização.

2.2.3. Condicionadores minerais do solo

Estudos com esse tipo de condicionador não são tão freqüentes comparado com estudos com os anteriores.

Um representante dos mais conhecidos dessa classe de condicionadores é a vermiculita. Salati et al. (1980) adicionaram vermiculita ao solo, a fim de estudar o efeito sobre a retenção de água, além de seus possíveis efeitos sobre a evapotranspiração. Os autores referenciados acima, afirmam no que diz respeito à retenção de água no solo, que essa irá depender do tipo (origem) e granulometria do mineral, e que a taxa de evapotranspiração não foi afetada pela a adição de vermiculita.

O gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), conhecido mais por sua ação corretiva, é outro produto que vem sendo utilizado de forma indireta como condicionador do solo. A utilização desse material em solos com problemas de saturação por Al^{+3} , onde as raízes encontram dificuldades para se desenvolverem, pode promover melhorias significativas no desenvolvimento da cultura.

Ramos et al. (2006) utilizaram uma coluna de lixiviação, contendo Neossolo Quartzarênico órtico típico, para comparar a ação do gesso com a de quatro corretivos do solo: silicato de cálcio, silicato de cálcio e magnésio, termofosfato e calcário calcítico, em doses de 500 e 1000 kg de $\text{Ca}^{2+} \cdot \text{ha}^{-1}$. Neste trabalho, os referidos autores tentaram mostrar a ação condicionante do gesso no solo e observaram que a partir dos 30 cm de profundidade, o teor de Ca manteve-se superior ao dos outros produtos na dose 500 kg ha^{-1} , o que segundo os autores, confirma a mobilidade do gesso no perfil de solo e o efeito "condicionador" do solo.

Lima et al. (1997) avaliaram o efeito da adição de material proveniente do horizonte Ap de um vertissolo na taxa de infiltração, teor de água disponível, capacidade de troca de cátions e migração de argila e carbono em colunas de areia. Para tal foram preparadas misturas de areia de quartzo e vertissolo

contendo 50, 100, 200 ou 400 g.kg⁻¹. Os referidos autores observaram que a mistura de 400 g kg⁻¹ causou extremo decréscimo na taxa de infiltração, possivelmente devido ao encrostamento. Para a mistura de 200 g kg⁻¹ observaram melhorias nas propriedades químicas e físicas capazes de melhorar a produtividade das culturas.

2.3. Retenção e disponibilidade da água no solo

Desde o início do século passado diversos autores estudaram o comportamento da água no solo (Buckingham, 1907; Gardner, 1920; Richards, 1928), na tentativa de avaliar a relação entre o conteúdo de água no solo e seu potencial, bem como suas implicações no movimento e na disponibilidade de água às plantas.

Grande parte dos trabalhos iniciais estavam focados na tentativa de definir a fração da água no solo disponível para o uso das plantas. Briggs e Shabtz (1912) investigaram o coeficiente de murcha para a definição do limite inferior do teor de água no solo para a extração da água pelas plantas. Este conceito foi largamente utilizado e foi renomeado como o ponto de murcha permanente (embora, de uma perspectiva da fisiologia da planta, a determinação da murcha permanente seja, em alguns casos, difícil e ambígua).

A determinação da quantidade total de água para uso da planta também requer uma definição do limite superior de disponibilidade. Veihmeyer e Hendrickson (1931) introduziram um conceito de capacidade de campo. Eles definiram o termo capacidade de campo como “a quantidade de água retida no solo depois que o excesso da água gravitacional ter sido drenado e após a taxa de movimento da mesma para baixo tenha diminuído significativamente”. Entretanto ainda não tem sido desenvolvida uma técnica precisa de laboratório para determinação da capacidade de campo.

Outro tópico de grande importância foi o grau de disponibilidade da água no solo a medida que as plantas secavam até o limite inferior. Veihmeyer e Hendrickson (1950) revisaram grande parte das pesquisas iniciais e concluíram que existia pouca inibição do crescimento da planta até que o teor de água no solo diminuísse até próximo do ponto de murcha permanente.

Num esforço para definir o limite inferior, Richards e Weaver (1943) descobriram que -1500 kPa corresponderam dentro de aproximadamente \pm

1,5% de teor de umidade gravimétrica ao ponto de murcha permanente para 102 de 119 solos testados. Uma definição termodinâmica da capacidade de campo para o limite superior foi proposto por Colman (1947) como sendo a água retida a um potencial mátrico de -33 kPa. Entretanto, para muitos solos seus dados mostraram considerável desvio entre a capacidade de campo e a determinação de umidade a -33 kPa. Para solos de textura grosseira a capacidade de campo é comumente assumida ocorrer a um potencial mais alto, ou seja, de -10 kPa (Cassel e Nielsen, 1986). No entanto, Rivers e Shipp (1978) determinaram que para solos arenosos a capacidade de campo ocorreria num potencial de água ainda maior ou seja, igual a -6,7 kPa.

A determinação da curva de retenção de água do solo, que representa a relação entre o conteúdo de água e a energia com a qual ela está retida, é essencial no estudo das relações solo-água (Silva et al., 2006).

Segundo Souza et al. (2002), quando se objetiva o estudo do comportamento da água no solo, com vistas ao manejo adequado da irrigação, deve-se levar em consideração o método utilizado na determinação da capacidade de campo, assim como do ponto de murcha permanente.

No caso da capacidade de campo, diferenças têm sido observadas entre os diversos métodos apresentados, quando comparados com o método direto no campo, considerado o mais preciso de todos (Reichardt, 1988), que alerta para a impressão errônea de que a capacidade de campo é uma característica intrínseca do solo e que independe do método empregado em sua determinação. Para esse autor, o método da panela de pressão, descrito por Richards (1947), apesar de fornecer dados práticos aceitáveis, carece de respaldo teórico.

Segundo Souza & Reichardt (1996), o ponto de murcha permanente é normalmente considerado como sendo uma característica estática, ao contrário da capacidade de campo que é considerada dinâmica.

A redução de disponibilidade de água no solo representa fator ambiental de efeito limitante ao crescimento, rendimento e qualidade da produção (Hostalácio & Válio, 1984).

2.4. A cultura do melão

O melão é uma olerícola, classificada dentro da família *Cucurbitaceae*, gênero *Cucumis* e espécie *Cucumis melo*, L. (Costa & Pinto, 1997). É uma espécie considerada como derivada das formas selvagens, originárias da África e Ásia (Bernardi, 1974). De acordo com Sampaio & Yamashiro (1979), a origem do melão é incerta.

A introdução do melão no Brasil foi feita, provavelmente, por imigrantes europeus e seu cultivo teve início em meados da década de 60, no Rio Grande do Sul. Até esse período, todo melão comercializado e consumido no Brasil era proveniente da Espanha. A partir da década de 60, sua exploração tomou grande impulso, inicialmente no Estado de São Paulo, estendendo-se posteriormente para as regiões Norte e Nordeste, atingindo seu apogeu em termos de área plantada e produção a partir de meados da década de 80 a meados da década de 90 (Dias, 2004).

O cultivo do melão nos últimos anos tem apresentado expansão na área cultivada, principalmente nas regiões de clima semi-árido, colocando o Brasil na condição de exportador, devido à excelente qualidade dos frutos e às condições climáticas que possibilitam a colheita na época de entressafra de outros países (Resende et al., 2006).

A cultura do melão é praticada nos cinco continentes e envolve 78 países. Nesse contexto, o Brasil participa com cerca de 1 % da área e é responsável por 1,4 % da produção mundial. Ainda assim, destaca-se como o 5º no *ranking* dos exportadores mundiais (EMBRAPA, 2006)

Ainda segundo (EMBRAPA, 2006) mais de 90% da produção está localizada na Região Nordeste, principalmente no Rio Grande do Norte, no Ceará e no Vale do São Francisco (PE/BA), constituindo importante fonte de emprego.

Com relação aos melões mundialmente cultivados, os de maior expressão são os tipos Cantaloupe, Amarelo Valenciano, Honey Dew e Pele-de-Sapo, destacando-se como produtores os seguintes países: China, Estados Unidos, Espanha, México, Israel e Brasil, principalmente (Crisóstomo et al., 2002).

O meloeiro necessita de solos leves e soltos, profundos, com boa drenagem, textura franco-arenosa e areno-argilosa, que permitam o

estabelecimento do sistema radicular e a infiltrabilidade de água (Filgueira, 2000).

As condições ambientais que favorecem o cultivo do meloeiro estão relacionadas aos fatores climáticos, tais como: temperatura, umidade relativa e luminosidade. A combinação de alta temperatura com alta luminosidade e baixa umidade relativa favorece ao estabelecimento do meloeiro e ao aumento de produtividade com maior número de frutos de qualidade comercial.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Coleta do solo e do estéril

O solo utilizado no experimento foi classificado por Neossolo Quartzarênico (RQ) segundo o manual da EMBRAPA (2006), e foi coletado na área da fazenda Rocha Agropecuária, no vale do São Francisco, município de Petrolina, próximo ao projeto Nilo Coelho. Foram coletadas amostras nos primeiros 40 cm de profundidade de solo, já que o perfil até 1 m de profundidade mostra-se bastante uniforme. As amostras foram levadas para o Laboratório de Física do Solo do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), para posteriores análises e tratamentos.

O estéril foi coletado na mina Empresa Mineradora Super Gesso situada na região do Pólo Gesseiro de Araripina, cujas coordenadas geográficas são: latitude 9° 20' 54" S e longitude 40° 20' 25" W.

No processo de mineração a retirada do estéril, no qual é formado por diversas camadas sedimentares e localizado sobre a camada de gipsita, é feita com o auxílio de uma retro-escavadeira, promovendo a raspagem desse material no sentido da bancada e o tombamento lateral, formando grandes montes de acúmulo (Figura 1).

Nos montes formados pelas diversas camadas sedimentares, antes capeadas pelo solo e agora misturadas, foram feitas coletas aleatórias de amostras simples para formação de uma amostra composta. Essas amostras foram levadas ao Laboratório de Física do Solo do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), para posteriores tratamento e análises.



(a)



(b)

Figura 1. Local de coleta do estéril e acúmulo do estéril utilizado no presente trabalho - Mina da Empresa Mineradora Super Gesso. Observa-se a camada do estéril sobre o depósito de gipsita (a), e a retro-escavadeira fazendo o tombamento da camada do estéril (b).

3.2. Pré-tratamento do estéril

Fez-se inicialmente, um pré-tratamento do estéril onde este, após ter sido seco ao ar, foi separado em seis intervalos granulométricos através de

peneiramento, a saber: <1mm, <2mm, <4mm, entre 1 e 2mm, entre 2 e 4mm e entre 4 e 6mm.

3.3. Caracterização física do solo e do estéril

As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Física do Solo da UFRPE, de acordo com os métodos descritos pela EMBRAPA (1997), exceto quando especificado. A densidade solo (D_s) foi determinada pelo o método da proveta. A densidade de partículas foi determinada pelo método do balão volumétrico com álcool. A granulometria foi determinada pelo método do densímetro de Bouyocos. A porosidade total (P_t) foi calculada pela expressão: $P_t = 1 - (D_s/D_p)$. A condutividade hidráulica foi determinada na amostra deformada utilizando-se de permeâmetro de carga constante.

A macroporosidade foi determinada tomando como base a percentagem de água liberada da saturação (0 Kpa) até uma sucção de 5 kPa na curva característica de umidade (Vomocil, 1965). Sendo assim a microporosidade foi determinada pela diferença entre a P_t e macroporosidade.

3.4. Caracterização química do solo e do estéril

As análises químicas foram realizadas nos laboratórios de Química e de Fertilidade da UFRPE, de acordo com as recomendações adotadas pela EMBRAPA (1997), com exceção acidez potencial (H+Al), a qual foi estimada pelo pH SMP (Nascimento, 2000).

Também foram feitas as determinações de: cálcio e magnésio trocáveis extraídos com solução de KCl 1mol/L; sódio e potássio trocáveis, extraídos com Melich; além do pH em água com o potenciômetro na relação solo:solução de 1:2,5; e a CTC pela equação $CTC=Ca+Mg+Na+K+(H+Al)$.

3.5. Análise por difratometria de raio-X (DRX) do estéril

A mineralogia da fração argila foi determinada por difratometria de raio-X (DRX), segundo os métodos propostos por Jackson (1975).

A confecção das lâminas orientadas para a análise por difratometria de raios-X seguiram as seguintes etapas: eliminação dos carbonatos e cátions

divalentes, matéria orgânica e óxidos de ferro que interferem na análise de difratometria de raios-X; separação das frações silte e argila com base nas diferenças entre as suas velocidades de sedimentação na suspensão; confecção de três lâminas delgadas orientadas, duas saturadas com cloreto de potássio e uma saturada com cloreto e acetato de magnésio e solvatadas com glicerol); obtenção dos difratogramas de raios-X, através dos difractômetros Rigaku (Laboratório de Metrologia e Ensaio Mecânicos do Instituto Tecnológico de Pernambuco), operando sob uma tensão de 40Kv, com corrente de 20mA e velocidade de registro de 10mm min⁻¹, com radiação de cobre e filtro de níquel e amplitude de varredura (2θ) entre 0 e 40°. Uma das lâminas saturadas com K, uma foi processada ao natural a temperatura ambiente e a outra após aquecimento a 550 °C por duas horas, enquanto a lâmina saturada com Mg e solvatada com glicerol foi irradiada a temperatura ambiente. Posteriormente, foi realizada a interpretação dos difratogramas com a identificação dos minerais presentes na fração argila, utilizando-se para tal o espaçamento interplanar (d), forma, largura e intensidade dos picos e comportamento frente aos tratamentos utilizados.

3.6. Experimentos em laboratório

Cada um dos seis diferentes intervalos granulométricos do estéril obtidas no pré-tratamento, foi adicionado ao solo nas doses de 2, 4, 6 e 8 dag.kg⁻¹, onde o solo sem adição do estéril foi representado pela dose de 0 dag.kg⁻¹.

Os experimentos foram conduzidos em blocos ao acaso com um arranjo fatorial de 6 intervalos granulométricos e 5 doses com 3 repetições, totalizando 90 parcelas experimentais, para as variáveis Ds, Dp e condutividade hidráulica saturada (Ksat). Essa última obtida via amostra deformada utilizando-se de permeâmetro de carga constante, segundo o método adotado pela EMBRAPA, (1997).

As determinações das curvas característica de umidade também sugeriram o mesmo tipo de delineamento estatístico.

Os resultados foram submetidos ao teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa Statistical Analysis System (SAS), para que fosse escolhida a melhor granulometria. Após essa escolha foram feito

ajustes de regressões para as variáveis analisadas em função das doses do estéril adicionado ao solo.

3.6.1. Curvas características de retenção de umidade (CCU)

As curvas características de retenção de umidade do solo, do estéril nos seus respectivos intervalos granulométricos e de suas misturas com o solo foram obtidas por duas metodologias, descritas a seguir. Na faixa de tensão de 0 até 10 kPa foi utilizado o método do funil de placa porosa descrito por Haines, (1930) e o Método de Drenagem de coluna de solo descrito por Juncker & Madison, (1967). Esse último só para a mistura de solo e estéril no intervalo granulométrico escolhido com base no teste de Tukey.

Para os valores de tensão de: 0,1, 0,3, 0,5, 1, 1,5, 2, 3, 5, 7,5, 10, 33, 50, 100, 250, 500, 750, 1000 e 1500 kPa foi utilizada o método do extrator de Richards adotado pela EMBRAPA (1997).

Os valores de umidade encontrados foram submetidos a uma pré-análise para que fosse possível retirar valores incoerentes. Essa pré-análise foi feita levando em consideração o desvio padrão máximo e mínimo dos valores médios calculados. Sendo assim foi formado um intervalo de confiança onde os valores que não se encaixassem nesse intervalo eram eliminados.

A partir da CCU foram extraídos os valores de umidade na capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP), água disponível (Ad) e água útil (Au).

3.6.1.a Método do Funil de placa porosa

Esse método consiste em colocar uma amostra deformada de solo, em um anel de PVC (2,5 cm altura x 5,2 cm largura) sobre um funil de placa porosa (Funil de Buchner) de porosidade # 4, conectado a uma pipeta graduada por meio de um tubo de polietileno. Após a saturação da amostra durante 24 horas são aplicadas sucções sucessivas de 0,1, 0,3, 0,5, 1, 1,5, 2, 3, 5, 7,5, 10 kPa, por meio de coluna de água pendente simultaneamente medindo-se os volumes de água liberado a cada passo. Após a última sucção a amostra é retirada e pesada e em seguida levada à estufa por mais 24 horas, para ser determinada a umidade na base de massa (θ_m).

Os valores correspondentes de umidade de massa são calculados para cada tensão, multiplicados pela D_s para a transformação em umidade volumétrica e picotados para a obtenção da Curva Característica.

3.6.1.b Método de Drenagem de coluna de solo

Para se obter um perfil de umidade do solo após a saturação e drenagem mais próximo às condições de campo uma coluna de solo foi montada utilizando-se um cilindro de PVC, com 5 cm de diâmetro interno, com 2 de cm altura. Os anéis foram unidos entre si, com uma fita adesiva impermeável, até formarem uma coluna de 100 cm de altura.

Na base da coluna fixou-se uma tela de plástico (2mm) adicionalmente, para impedir a perda de solo. Para evitar a perda de solo durante o processo de drenagem, o anel da base da coluna foi preenchido com areia grossa (intervalo granulométrico 1-2 mm) e acima desse anel foi colocada outra tela.

Para a obtenção da compactação ideal, foi realizado um pré-ensaio, unindo-se 10 anéis, formando uma coluna de 20 cm. A amostra de solo foi umedecida de tal forma que para cada 10 g de solo foi adicionado 1ml de água, em seguida foi misturada e homogeneizada. O solo foi colocado na coluna de 10 anéis e adensado através de 10 batidas sucessivas de uma altura de aproximadamente de 10 cm. Os 2 anéis tanto da base como os de cima da coluna foram retirados com auxílio de um fio de nylon, e o solo desses anéis foram descartados. As amostras de solos contidas nos 6 anéis centrais foram pesadas obtendo-se uma média da quantidade de solo por anel.

Após terem sido determinadas as quantidades de solo por anel, foram montadas colunas de 50 anéis, cada um com 2cm e altura, totalizando 100 cm, onde para cada anel foi colocada a massa de solo úmido determinado no pré-ensaio. A mistura de solo + estéril foi adicionada até 40 cm de profundidade da coluna, simulando a profundidade estimada de incorporação de condicionante em condições de campo.

Uma vez preenchida a coluna, lacrada na extremidade superior, foi colocada dentro de outro tubo de PVC com 100 mm, onde foi adicionado água lentamente até a borda para que saturasse de baixo para cima por 24 horas.

Após o período de saturação a água foi sifonada e a coluna foi submetida a drenagem livre por mais 24 horas.

Em seguida foi feita a separação dos 50 anéis, com fio de nylon, e o solo de cada anel foi pesado e levado à estufa a temperatura de 105 °C, para determinação de umidade. Esse procedimento foi repetido por 4 vezes para que fosse obtida uma relação entre a umidade do solo e a altura da coluna.

3.6.2. Capacidade de campo (CC)

A estimativa da capacidade de campo foi realizada utilizando-se duas metodologias distintas: a) o método clássico adotando-se a umidade de uma amostra de solo em equilíbrio a uma dada tensão, e b) o método da coluna de solo, determinando-se o perfil de umidade quando cessou a drenagem após a saturação do solo na mesma.

Na primeira metodologia, a capacidade de campo é definida como umidade retida numa amostra de solo, após as mesmas terem sido saturadas, e colocadas em placas cerâmicas no extrator de Richards, e submetido às pressões de 10 e 33 kPa para solo arenoso e o estéril (argiloso) respectivamente, até cessar a drenagem (EMBRAPA, 1997).

A segunda metodologia, doravante chamada de capacidade de campo real (CCR), foi determinada de acordo com o esquema demonstrado na Figura 2.

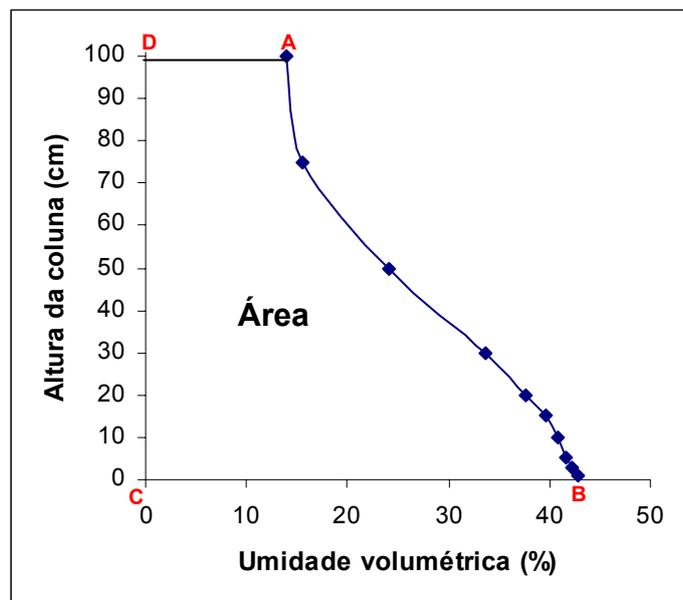


Figura 2. Esquema ilustrativo, para demonstração da determinação da capacidade de campo real.

Na Figura 2, a umidade do solo em equilíbrio após a saturação e drenagem está representada pela linha A-B. Onde B representa o nível máximo de saturação da amostra no cilindro inferior, e A representa a umidade no topo da coluna após saturação e drenagem. A linha C-D representa o potencial matricial ao longo da coluna de PVC, equivalente a altura da mesma.

Os valores de umidade na CC foram representados pelos os valores médios de umidades correspondente a área formada pelos os pontos A, B, C e D. O cálculo foi feito de acordo com o esquema abaixo:

Cálculo para a determinação da umidade média, pelo o método de Drenagem de coluna de solo.

AC (cm)	θ_v	θ_v médio	θ_v médio x 20
100	11,01	----	----
98	12,10	11,55452	231,0904
96	12,38	12,2371	244,7421
94	12,20	12,28955	245,791
92	12,52	12,36215	247,243
90	12,65	12,58461	251,6923
88	12,81	12,72763	254,5525
86	13,12	12,96457	259,2913
84	13,17	13,14457	262,8914
82	13,36	13,26538	265,3077
80	13,58	13,47437	269,4874
78	14,20	13,89113	277,8226
76	13,51	13,85615	277,123
74	14,96	14,23522	284,7044
72	14,59	14,77151	295,4303
70	15,37	14,9783	299,5661
68	15,35	15,35798	307,1597
66	16,25	15,79642	315,9284
64	16,04	16,14081	322,8163
62	15,37	15,70232	314,0465
60	15,79	15,57735	311,5471
		Somatório	5538,233
		Rm	13,845

Onde:

- AC é altura da coluna;
- θ_v representa a umidade volumétrica (%) da amostra de solo contido em cada anel. Onde θ_v médio e dado pela média das leituras anterior e posterior de θ_v ;
- 20 representa a altura de cada anel dada em (mm);
- Rm representa a retenção média de cada intervalo de profundidade. É obtida pelo Somatório dos θ_v médios multiplicado pela altura do anel dividido pelo intervalo de profundidade em (mm), que neste caso foi 400.

3.6.3. Ponto de murcha (PM)

Para comparar-se a precisão dos valores do PMP obtidos pelo método de laboratório utilizando o extrator de Richards na tensão de 1500 kPa, foi realizada a determinação do PMP fisiológico descrito por Peters (1965) com as modificações descrita abaixo, utilizando a cultura do melão, tipo cantaloupe, utilizando o híbrido Acclaim.

O PMP fisiológico foi realizado utilizando-se colunas de PVC de 25 cm de altura e 7,5 cm de diâmetro interno, fechadas em sua base com uma tela e com uma camada de 1 cm de brita (#19) para evitar perda de solo.

O experimento foi conduzido no telado com cobertura plástica do departamento de Agronomia, no período de 20/11 à 13/12/2006, com uma temperatura média oscilando entre 21,8 e 44,4°C e umidade relativa média variando entre 26 e 99 %. O delineamento foi bloco ao acaso com 5 tratamentos, 0, 2, 4, 6 e 8 dag.kg⁻¹ do estéril no intervalo granulométrico, escolhido base no teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade, adicionado ao Neossolo Quartzarênico. Para cada tratamento foram feitas 4 repetições, totalizando 20 parcelas experimentais.

Em cada coluna foram plantadas 3 sementes e após a germinação, que se deu 3 dias após o semeio, foi feito o desbaste deixando 1 planta por coluna.

As plantas foram irrigadas durante com uma solução nutritiva, (Galuku, 2002). O stresse foi aplicado às plantas apresentaram 4 folhas definitivas.

As plantas que apresentavam sinais de perda de turgescência eram trazidas no final da tarde para uma câmara úmida dentro do laboratório. No dia seguinte, ao recuperarem a turgidez, eram levadas novamente para o telado.

Esse procedimento foi repetido até que a planta, após permanência na câmara durante a noite, não recuperasse sua turgidez. Então a planta era cortada e o solo compreendido na coluna era pesado e levado à estufa a 105° C e após 24 horas era determinada a umidade do solo, correspondente ao ponto de murcha fisiológico (PMF).

3.7. Experimentos com melão em casa de vegetação

O experimento foi conduzido na casa de vegetação do departamento de Agronomia da UFRPE, no período de 11/08 a 11/10/2006.

Foram utilizadas colunas de PVC de 20 cm de diâmetro por 100 de altura. Na base de cada coluna foi colocado um cap, com um orifício central para a drenagem. Na parte inferior das colunas colocou-se 10 cm de brita, para impedir a passagem de solo.

Acima da brita foi colocada uma camada de 40 cm de solo e nos 40 cm superiores foi colocada a mistura de solo e estéril simulando a profundidade de aplicação do condicionador no campo. Os tratamentos (solo + estéril) foram os mesmo utilizados no experimento do ponto de murcha fisiológico. Após o preenchimento da coluna, restaram 10 cm superiores que serviram como borda. (Figura 3).

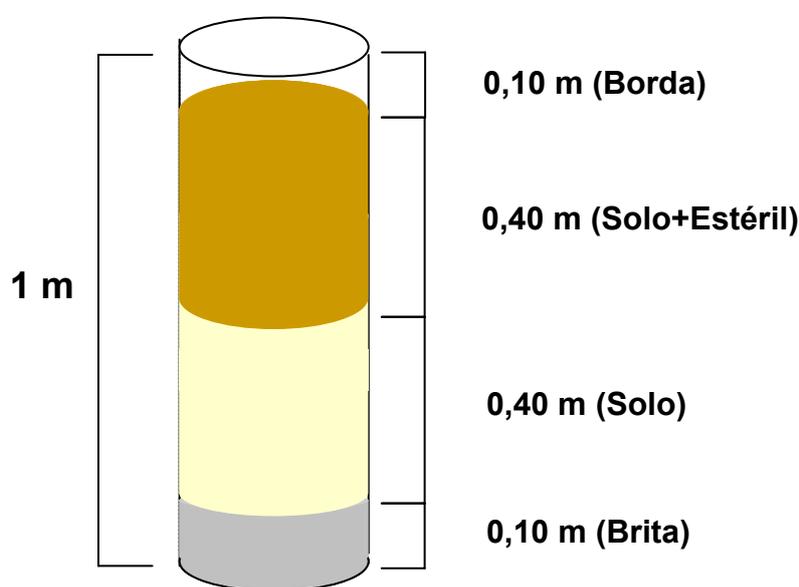


Figura 3. Esquema do enchimento da coluna de PVC, com a mistura de solo e estéril.

Tanto a camada de solo como a de solo + estéril foi acomodado nas colunas obedecendo a seus respectivos valores de densidade obtidos anteriormente. Para cada tratamento foi realizada 4 repetições obtendo-se um arranjo de 5 x 4, onde 5 representa os níveis de estéril adicionado ao solo, e 4 o número de repetições, totalizando 20 parcelas experimentais.

As colunas foram acomodadas em bancadas de forma que cada bancada acomoda-se 5 colunas, 4 nas extremidades e 1 no centro. Foi assim formado um conjunto de 4 bancadas espaçadas 1 m umas das outras, deixando as colunas suspensas a uma altura de 50 cm do piso.

Foi montado um sistema de irrigação por gotejamento utilizando mangueiras de polietileno e gotejadores do tipo auto-compensante com vazão média de 1,3 l/h. Foram utilizados 2 tanques com capacidade de 200 l cada, para alimentar o sistema de irrigação com solução nutritiva. Um tanque foi colocado em cima do outro, interligados por uma tubulação em sistema de bóia, de tal forma que o tanque de baixo permanece-se com o nível constante. Os tanques foram colocados sobre uma estante de ferro e mantidos a uma altura de 3 m do piso. Portanto a diferença de nível entre a borda da coluna e o nível constante do tanque era de 1,5 m.

O sistema de irrigação os foi ligado por 1 hora, por três vezes seguidas, onde os gotejadores foram imersos em garrafas PETs e coletou-se seus respectivos volumes. Foi calculado o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), através da seguinte equação:

$$CUD = 100 \frac{q_{25}}{q}$$

Onde, CUD é dado em percentagem e q_{25} representa valor médio dos 25% menores valores de vazões observadas, $L.h^{-1}$.

Em um coluna de cada bloco foram instalados o um conjunto de 3 tensiômetros em 3 profundidades, 20, 40 e 60 cm, para que houvesse um monitoramento da umidade ao longo do perfil da coluna, para que fosse decidido o momento de irrigar.

As sementes do mesmo híbrido utilizado no experimento de PMF foram germinadas em tubetes e após 10 dias foram transplantadas às colunas.

As plantas foram conduzidas em haste únicas, eliminando-se os ramos abaixo da até 5ª folha. À medida que as plantas foram crescendo, seus ramos foram conduzidos e tutorados sobre fitilhos colocados no sentido longitudinal e transversal da área experimental.

Durante todo experimento as plantas foram fertirrigadas com seguinte solução nutritiva. (Galaku, 2002).

A polinização das flores fêmeas foi feita de forma artificial, retirando-se as pétalas e sépalas das flores masculinas de forma que o grão de pólen ficasse amostra, em seguida, esse era levemente esfregado sobre a flor

feminina. Foram deixando no máximo 2 frutos por planta. Ao longo do experimento foram monitorados os valores máximos de temperatura e umidade relativa do ar.

O ponto de colheita dos frutos foi dado pelas ranhuras na base do ramo de sustentação do fruto. Após essa colheita os frutos foram analisados, quanto ao teor de sólidos solúveis totais (SST), com auxílio de o refratômetro portátil. Também foi medida a massa do fruto (MF), diâmetro longitudinal do fruto (DLF), diâmetro transversal do fruto (DTF), diâmetro longitudinal da cavidade lobular (DLCL), diâmetro transversal da cavidade lobular (DTCL) e espessura da polpa (EP). Com relação de formato do fruto (razão diâmetro transversal/diâmetro longitudinal do fruto) foi possível classificar os frutos comercialmente, como esféricos ($RF < 1,0$), oblongos ($1,1 < RF < 1,7$) e cilíndricos ($RF > 1,7$) segundo (Lopes, 1982). Foram também analisadas os valores de massa seca de ramos (MSR) e folhas (MSF).

Os dados coletados foram analisados estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do programa SAEG, onde foram realizados análises de variância e teste de média.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise granulométrica, densidade do solo (D_s), densidade das partículas (D_p) e porosidade (P) para o Neossolo Quartzarênico (e para o estéril) são mostrados na Tabela 1. A preponderância da fração areia neste solo, em torno de 90%. Os resultados da análise granulométrica se assemelham aos encontrados por Correia (2005), Coelho (2004) e Cavalcanti (1994), sendo que o último também encontrou valores de areia fina e muito fina próximo de 50%.

Dentro da fração areia, predominam as classes mais finas, sendo que a soma de areia média, fina e muito fina perfazem cerca de 78%. Somando essa percentagem às frações silte e argila chega-se a um total aproximado de 88% de partículas finas e muito finas neste solo. Esse alto valor irá conferir ao mesmo características físico-hídricas distintas em relação ao comportamento de outros solos da mesma classe textural (areia) mas que não apresente tal predominância de frações mais finas. Essas características físico-hídricas aparentemente não compatíveis em alguns casos com solos arenosos serão discutidas com mais detalhes posteriormente nos tópicos dedicados à retenção e disponibilidade de água.

Solos com essas características estão menos propensos a uma menor perda de água por percolação, quando comparados com solos da classe textural areia, mas que possuam uma maior proporção de fração grosseira, fazendo com que essa água permaneça mais tempo no perfil do solo e possa ser absorvida pelas raízes das plantas.

Bigelow et al. (2004) avaliando vários condicionadores inorgânicos para o uso potencial em zonas de enraizamento de *greens* recém construídos adicionados a três classes de areia encontraram valores de água disponível de (24,4%, 2,2% e 3,1%) para a areia classificado como fina, média e grosseira respectivamente.

Tabela 1: Caracterização física do Neossolo Quartzarênico.

Prof. (cm)	Granulometria					Silte	Argila	Ds	Dp	Densidade (Mg.m ⁻³)	Pt %	Classe textural
	------(g.kg ⁻¹)-----											
	Areia Total											
	Muito G.	Grossa	Média	Fina	Muito F.							
0-40	6,7	112,8	364,0	253,0	162,6	40,0	69,0	1,64	2,55	35		Areia

Tabela 2. Caracterização química do Neossolo Quartzarênico

Prof. (cm)	Ca	Mg	Na	K	(H+Al)	CTC	pH	M.O.
-----cmol _c .dm ⁻³ -----								dag.kg ⁻¹
0-40	0,7	0,02	0,0006	0,1453	2,58	3,45	5,03	0,47

O Neossolo apresentou um baixo valor de soma de bases (0,87 cmol_c.dm⁻³), (Tabela 2). Os valores das análises são semelhantes aos encontrados por (Andreotti et al. 2001). Os Neossolos, em geral, são essencialmente areno-quartzosos, portanto, desprovidos de minerais primários intemperizáveis, que apresentem atividade coloidal muito baixa, além de baixa capacidade de retenção de nutrientes (Meaulo, 2004).

A baixa fertilidade desse solo também é decorrente do baixo valor da Matéria Orgânica (M.O.), já que é nela que se encontram boa parte dos poucos nutrientes que existem em solos dessa classe.

Nas características físicas do estéril (Tabela 3) deve ser destacado o alto teor de argila (502 g.kg⁻¹). Para a execução da análise granulométrica, do estéril, a amostra do material teve que ser submetida a um pré-tratamento, pela adição de HCl para a eliminação do Cálcio que atua como agente cimentante.

Isso ocorreu pelo o fato de quando a amostra de solo foi submetida à dispersão química pela a ação do Calgon e mecânica pela ação do agitador (12000 rpm) a fração argila que deveria permanecer em suspensão após 2 horas, se apresentava precipitada no fundo da proveta, indicando que não houve uma separação dessa fração das demais frações (silte e areia) e que essa permanecia formando agregados maiores demonstrando um comportando como a fração areia.

O alto teor de cálcio mostrado na caracterização química (Tabela 4) do material tem a função de um agente cimentante unindo as partículas formando

agregados maiores. Esses altos valores provavelmente contribuíram para o alto valor de pH.

Tabela 3. Caracterização física do estéril

Granulometria			Densidade		Pt	Classe textural
Areia	Silte	Argila	Ds	Dp		
-----g.kg ⁻¹ -----			Mg.m ⁻³		%	
215	502	283	1,38	2,30	40	Argila

Tabela 4. Caracterização química do estéril

Ca	Mg	Na	K	CTC	pH
-----cmol _c .dm ⁻³ -----					
18,22	10,43	0,70	0,41	29,76	8,3

Minerais do grupo da caulinita foram identificados pela presença dos picos 7,1 e 3,1 Å na amostra saturada com K e irradiada sem aquecimento, os quais permanecem inalterados nas saturadas com Mg-glicerol, porém colapsam após aquecimento da amostra saturada por K a 550 °C (Figura 4).

Micas foram identificadas pelos picos 10 e 5,0 Å e o quartzo pela presença dos picos 3,3 e 4,2 Å (Figura 4).

Interestratificados foram identificados pela presença de picos de 10 Å, que mostram comportamento diferente conforme o tratamento utilizado. Segundo a proposição de Eslinger & Pevear (1988) conforme a Tabela 5, os interestratificados são, possivelmente, de illita/esmectita e/ou illita/vermiculita.

Tabela 5. Identificação de argilas interestratificadas, segundo Eslinger & Pevear (1988)

Mineral	Mg-glicol	K 550°C
Clorita /illita	Não expande	Pode aumentar a intensidade dos picos, mas não as suas posições
Illita/esmectita	Expande	Colapsa para 10 Å°
Illita/vermiculita	Pode expandir	Colapsa para 10 Å°
Clorita/esmectita	Expande	Colapsa para a região entre os picos 11 e 13 Å°, mas não para 10 Å°
Clorita/vermiculita	Pode expandir	Colapsa para a região entre os picos 11 e

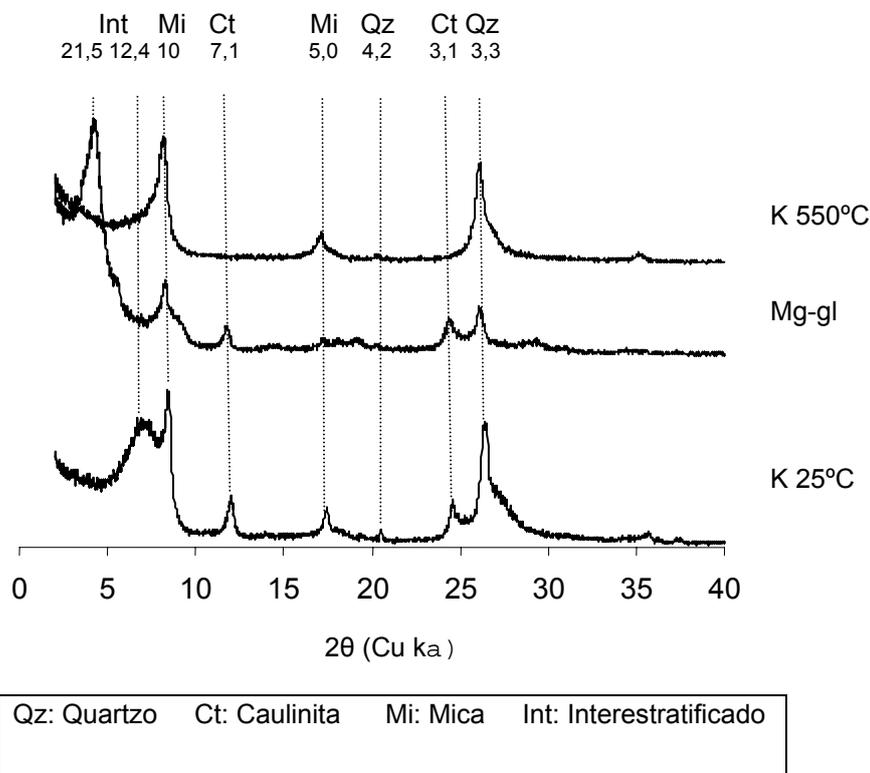


Figura 4. Difratogramas de raios-x da fração argila do estéril retirado de uma cava da mineradora Super Gesso na região de Araripina, PE. Onde K 25°C, K 550°C e Mg-gl indicam, respectivamente, saturação com K processada à temperatura ambiente, saturação com K processada após aquecimento e saturação com Mg-glicerol.

A interação entre as fontes de variação granulometria e dose apresentadas na Tabela 6 afetou significativamente ($P < 0,05$) as variáveis capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP), água disponível (Ad), água útil (Au), densidade de partículas (Dp) e porosidade total (Pt).

O mesmo não aconteceu com a variável densidade do solo (Ds) e condutividade hidráulica saturada (Ksat), onde a interação não foi significativa, porém houve significância para os fatores isolados (Tabela 6).

As únicas variáveis que não foram afetadas significativamente ($P < 0,05$) fontes de variação foram macroporosidade (MAC) e microporosidade (MIC) (Tabela 6).

Bigelow et al. (2004) concluíram que os condicionadores (argila calcinada, argila vitrificada, terra diatomácea, zeolito processado e turfa de

esfagno) de maneira geral mostraram pouco efeito na macroporosidade nas classes de areia fina, media e grossa quando incorporados nas percentagens de 10 e 20%, porém contribuíram para um aumento significativo da microporosidade, nas classes de areia media e grosseira. Entretanto essa maior microporosidade não se traduziu em um aumento da água disponível, já que houve um aumento na retenção de água no limite inferior de água útil (tomado como a tensão de -50 kPa) , conseqüentemente diminuindo a água útil após a adição desses condicionadores ao solo.

Tabela 6. Probabilidade de diferença para cada variável, em função das fontes de variação estudadas.

Fonte de variação	CC	PMP	Ad	Au	Ds	Dp	Pt	MAC	MIC	Ksat
Pr > F										
Gran	0,00	0,27	0,00	0,06	0,01	0,00	0,00	0,42	0,42	0,00
Dose	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,34	0,00
Gran*Dose	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	0,00	0,00	0,74	0,74	0,64
CV (%)	5,36	8,50	7,14	15,99	1,26	1,25	3,38	28,74	13,72	13,85

CC: Capacidade de campo; PMP: Ponto de Murcha Permanente; Ad: Água Disponível; Au: Água útil; Ds: Densidade do Solo; Dp: Densidade de partículas; Pt: Porosidade total; MAC: Macroporosidade; MIC: Microporosidade; Ksat: Condutividade hidráulica saturada.

A adição do estéril, em todas as doses e IG diminuíram valores de Ksat (Tabela 7) quando comparado com o solo sem a adição de estéril, que foi de 28,11 cm.h⁻¹. Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Alperovitch et al., (1985) e Keren & Singer, (1991), que verificaram uma redução na Ksat de solos arenosos com a adição de um condicionador inorgânico a base de mineral Esmectita.

De maneira geral não houve uma diferença significativa nas variáveis CC e PMP que provocassem uma diferença também significativa entre os valores de Ad e Au, em função dos diferentes intervalos granulométricos e do estéril utilizados.

As densidades do solo e das partículas não mostram tendências marcantes de mudanças significativas com a adição do estéril , provavelmente em função das baixas percentagens usadas , e , no caso da densidade de partículas, das pequenas diferenças de valores entre o solo e o estéril.

Tabela 7. Variáveis físicas avaliadas, após a adição do estéril ao solo em diferentes intervalos granulométricos.

Dose 2 dag.kg⁻¹						
Variáveis	Intervalos granulométricos					
	<1 mm	<2 mm	<4 mm	1-2 mm	2-4 mm	4-6 mm
CC	8,77 a	8,33 a	9,14 a	7,67 a	8,29 a	8,19 a
PMP	1,87 ab	1,95 ab	1,94 ab	1,51 b	2,14 a	1,90 ab
Ad	6,90 a	6,55 a	7,20 a	6,15 a	6,15 a	6,29 a
Au	4,87 a	4,38 a	5,46 a	4,04 a	4,75 a	4,92 a
Ds	1,68 a	1,70 a	1,70 a	1,71 a	1,70 a	1,70 a
Dp	2,54 a	2,54 a	2,46 b	2,54 a	2,45 b	2,43 b
Pt	33,85 a	32,93 ab	30,97 ab	32,77 ab	30,42 ab	30,02 b
Ksat	20,62 a	23,27 a	23,70 a	20,90 a	19,54 a	21,05 a
Dose 4 dag.kg⁻¹						
CC	10,66 a	9,37ab	8,91ab	8,58 b	8,68 b	8,26 b
PMP	2,17 ab	2,43 a	2,10 ab	1,97 b	2,13 ab	2,48 a
Ad	8,49 a	6,94 ab	6,81 ab	6,60 b	6,55 b	5,79 b
Au	5,75 a	4,74 a	4,10 a	3,91 a	3,89 a	4,11 a
Ds	1,65 a	1,69 a	1,69 a	1,68 a	1,70 a	1,68 a
Dp	2,50 a	2,55 a	2,49 a	2,52 a	2,50 a	2,31 b
Pt	33,88 a	33,71 a	32,19 a	33,45 a	32,15 a	27,21 b
Ksat	21,48 ab	27,63 a	19,96 b	19,40 b	21,97 ab	22,80 ab
Dose 6 dag.kg⁻¹						
CC	9,45 a	9,58 a	10,81a	9,84 a	9,09 a	10,06 a
PMP	2,61 a	2,73 a	2,57 a	2,13 a	2,79 a	2,34 a
Ad	6,64 ab	6,86 ab	8,24 a	7,71 ab	6,30 b	7,90 ab
Au	3,72 a	4,85 a	5,33 a	4,32 a	3,81b a	4,49 a
Ds	1,68 a	1,69 a	1,68 a	1,69 a	1,71 a	1,70 a
Dp	2,50 a	2,49 a	2,52 a	2,52 a	2,58 a	2,50 a
Pt	32,85 a	31,97 a	33,29 a	32,88 a	33,46 a	32,00 a
Ksat	19,61 b	25,87 a	21,82 ab	20,57 b	19,83 b	20,90 b
Dose 8 dag.kg⁻¹						
CC	10,55 ab	9,57 b	11,26 a	11,15 a	11,01 a	10,51 ab
PMP	2,98 bc	2,84 bc	2,73 bc	3,69 a	2,61 c	3,23 ab
Ad	7,40 c	6,65 c	8,54 a	7,46 bc	8,45 ab	7,30 c
Au	4,44 a	3,41 a	5,44 a	4,81 a	5,41a	3,25 a
Ds	1,66 a	1,66 a	1,67 ab	1,70 ab	1,70 ab	1,71 a
Dp	2,48 a	2,52 a	2,47 a	2,52 a	2,52 a	2,48 a
Pt	33,22 a	34,20 a	32,24 a	32,44 a	32,74 a	31,04 a
Ksat	20,04 ab	25,87 a	23,51 ab	21,58 ab	16,45 b	24,32 ab

CC: Capacidade de campo; PMP: Ponto de Murcha Permanente; Ad: Água Disponível; Au: Água útil; Ds: Densidade do Solo; Dp: Densidade de partículas; Pt: Porosidade total; Ksat: Condutividade hidráulica saturada.

As curvas de retenção de umidade para o estéril em suas diferentes granulometrias estão apresentadas na Figura 5.

As curvas com amostras do estéril nos intervalos granulométricos maiores (1-2mm, 2-4mm e 4-6mm) permaneceram com menores níveis de umidade principalmente até o potencial matricial de -100 cm, quando comparados com as amostras com intervalos granulométricos menores (<1mm, <2mm e <4mm).

Este fenômeno teve como consequência maiores valores de A_d , para as amostras com intervalos granulométricos menores, 9,08%, 9,17% e 8,79% respectivamente, quando comparados com as de intervalos granulométricos maiores que apresentaram 7,72%, 5,67% e 5,54% para.

Os maiores valores de A_d para os intervalos granulométricos <1mm, <2mm e <4mm, foram em função dos maiores valores da umidade na CC, ao mesmo tempo em que os valores de umidade no PMP mostram uma menor elevação.

Um comportamento similar foi apresentado pelos valores de umidade correspondente a A_u . Os intervalos granulométricos com tamanhos de partículas menores (<1mm, <2mm e <4mm) apresentaram maiores valores, 17,44%, 18,8% e 17,04% respectivamente, quando comparados com os de tamanhos de partículas maiores (1-2mm, 2-4mm e 4-6mm) que apresentaram valores de 14,98%, 12,85% e 11,36% respectivamente.

Portanto houve uma tendência de quanto maior o intervalo granulométrico menor o valor de umidade no potencial de -100 cm.

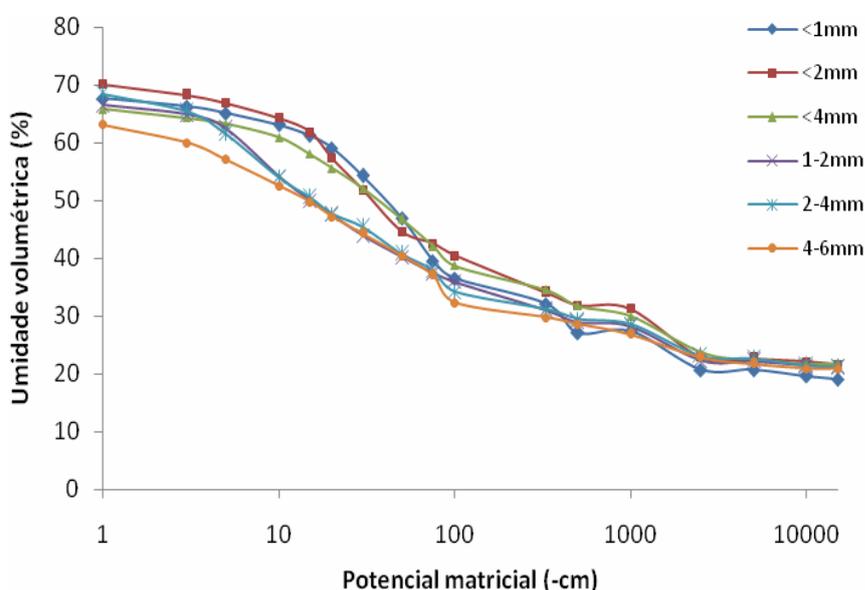


Figura 5. Curvas de retenção de umidade do estéril nos intervalos granulométricos <1mm, <2mm, <4mm, 1-2mm, 2-4mm e 4-6mm. Determinadas pelo o método de Haines.

As curvas de retenção de umidade para cada dose do estéril adicionado ao solo nos intervalos granulométricos apresentado na Figura 6, demonstram que na maioria dos casos, o aumento das doses do estéril ao solo promoveu

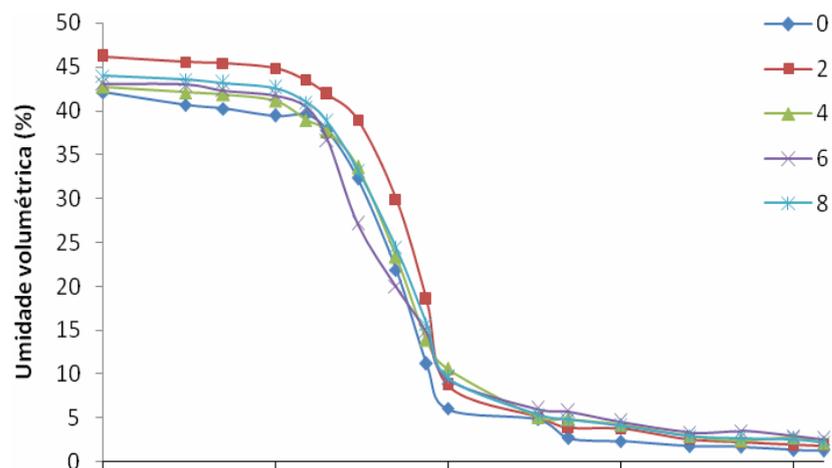
uma pequena diferenciação na umidade ao longo das curvas em função dos diferentes potenciais nos qual a água no solo foi submetida.

Na Figura 6 (A) observa-se que o tratamento que recebeu a dose de 2 dag.kg⁻¹ manteve-se surpreendentemente acima dos demais, já que esse ocorrido não foi verificado quando se observa o comportamento das curvas para os tratamentos com os outros intervalos granulométricos.

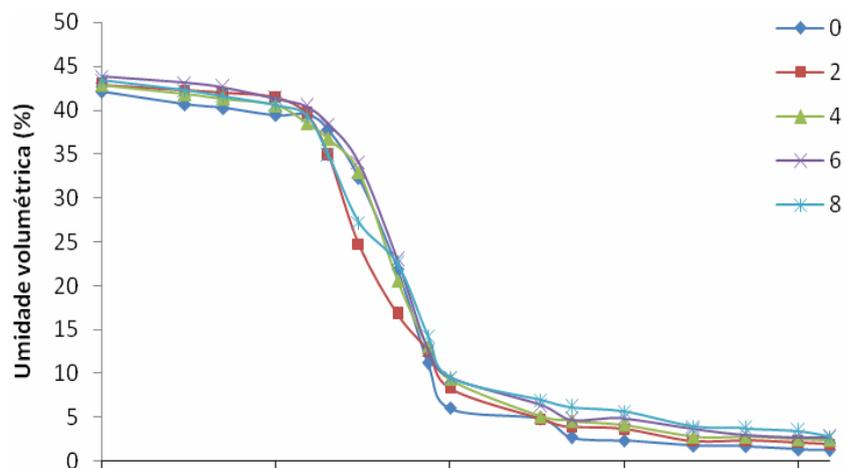
Na maioria dos casos os valores de umidade ao longo da curva com o solo na dose de 0 dag.kg⁻¹ se apresentou abaixo daqueles com a adição do estéril. Entretanto em algumas partes ao longo das curvas o valor de umidade, utilizando esta dose, foi igual ou superior aos demais tratamentos.

No tratamento com a granulometria (<4mm) houve um maior afastamento das curvas próximo ao potencial de -100 kPa o que resultou em maiores valores de água disponível para utilizando essa granulometria.

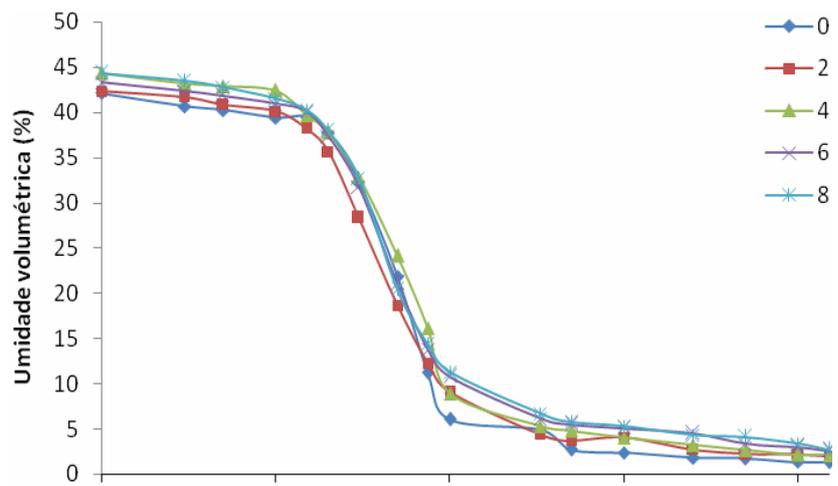
A.



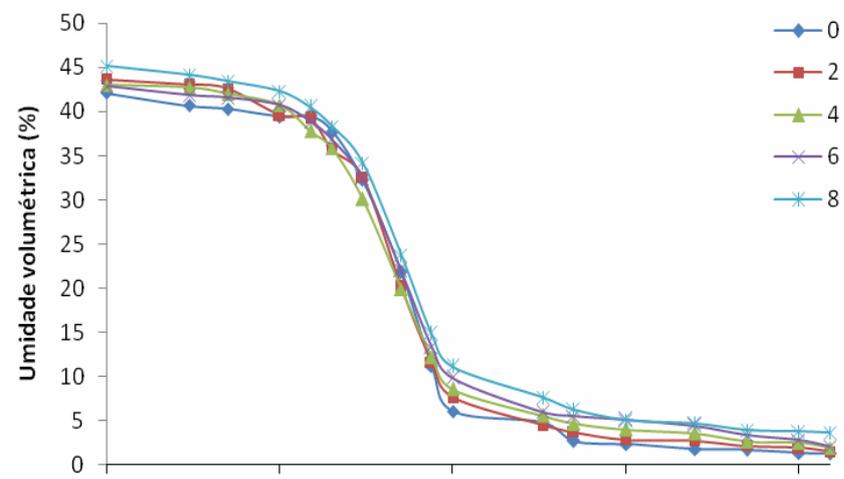
B.



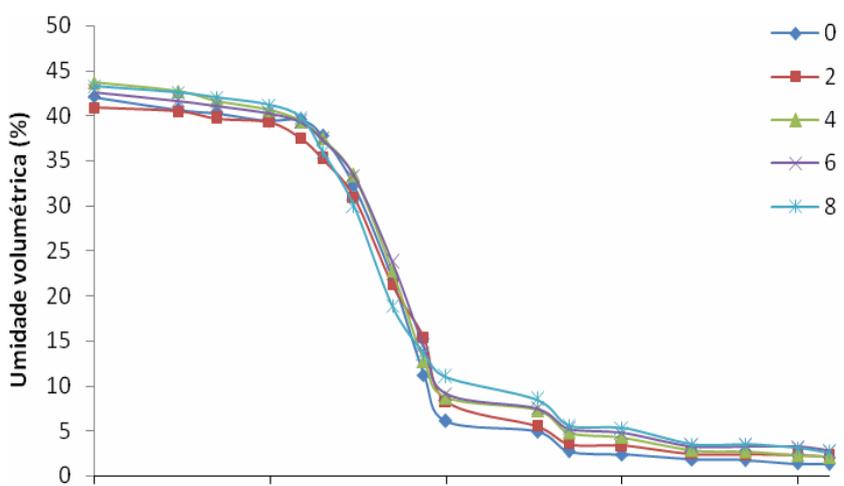
C.



D.



E.



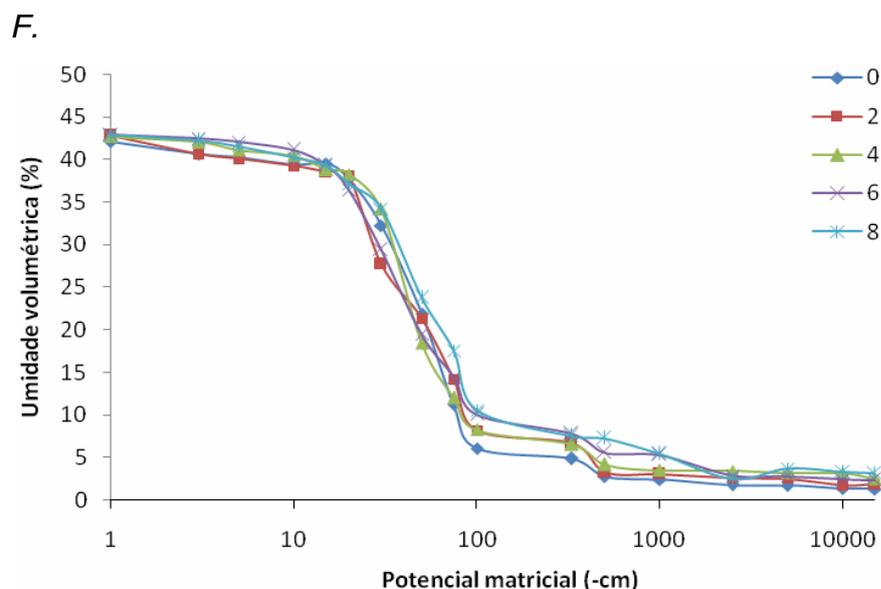


Figura 6. Curvas de retenção de umidade após adição do estéril ao solo nos intervalos granulométricos <1mm (A), <2mm (B), <4mm (C), 1-2mm (D), 2-4mm (E) e 4-6mm (F), nas doses de 0, 2, 4, 6 e 8 dag.kg⁻¹. Determinadas pelo o método do funil de placa porosa.

Como os tratamentos que receberam o estéril no intervalo granulométrico <4mm, apresentaram um comportamento superior ou igual aos demais tratamentos, principalmente no que diz respeito à Ad e Au, esse foi o escolhido para os estudos mais detalhados que serão apresentados em diante, em função das crescentes doses adicionadas ao solo. Outro fator que foi levado em consideração para sua escolha é o fato de que esta fração seria a mais fácil de ser obtida do ponto de vista de processamento industrial (moagem e peneiramento).

A adição da menor dose (2 dag.kg⁻¹) foi suficiente para aumentar a umidade do solo correspondente a CC de 6,15% para 9,24% (Figura 7), enquanto até a dose de 4 dag.kg⁻¹ não houve acréscimo nesse valor apresentando uma média de 9,22%, voltando a aumentar na dose de 6 dag.kg⁻¹ (10,83%) e atingindo seu maior valor na dose de 8 dag.kg⁻¹, com a média de 11,40%.

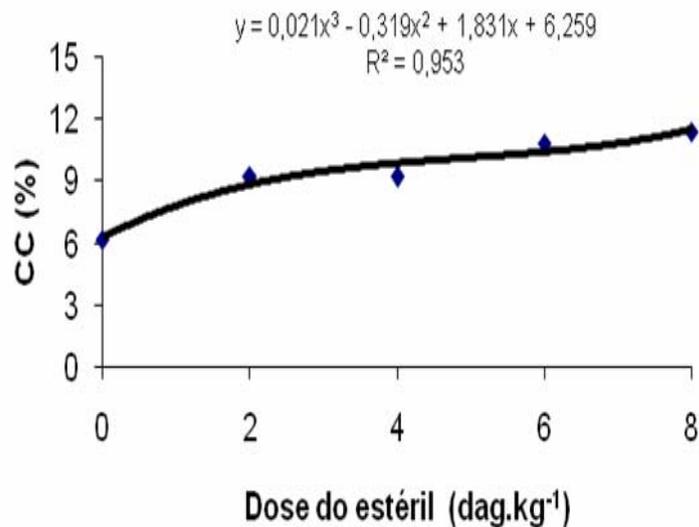


Figura 7. Capacidade de campo (CC) onde ($\theta_v = -10\text{kPa}$), em função das doses (0, 2, 4, 6 e 8 dag.kg^{-1}) do estéril no intervalo granulométrico $<4\text{mm}$ adicionado ao solo. Considerou-se a umidade retida no potencial matricial de -10 kPa , determinado pelo extrator de Richards.

Os valores de PMP mantiveram uma tendência de comportamento semelhante ao apresentado pelos valores médios de umidade na CC (Figura 7), pois na medida em que se aumentou a dose do estéril adicionado ao solo houve um aumento na umidade no PMP (Figura 8).

Sendo assim fica demonstrado que o aumento da umidade equivalente ao PMP provocado pela adição da menor dose do estéril ao solo (2 dag.kg^{-1}) elevou a umidade de 1,35% na dose de 0 dag.kg^{-1} para 2,03%, porém não ocorrendo na mesma proporção que demonstrada pela CC (Figura 7). Os pontos seguintes mantiveram um ligeiro aumento atingindo-se o maior valor na dose de 8 dag.kg^{-1} que foi de 2,76%.

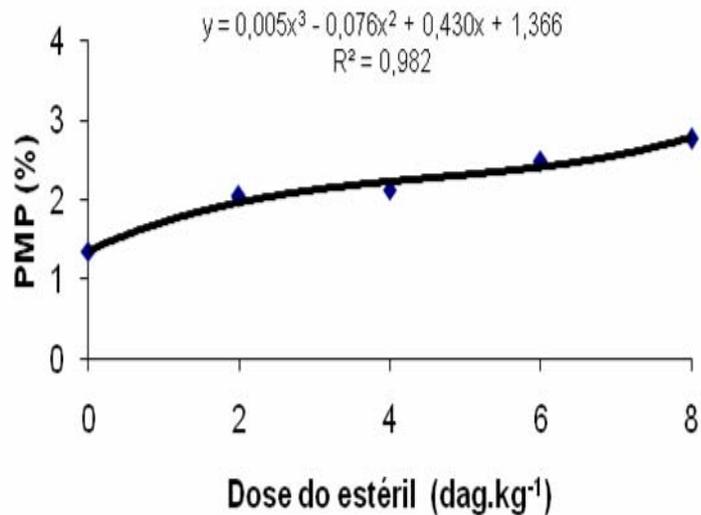


Figura 8. Ponto de murcha permanente (PMP) em função das doses (0, 2, 4, 6 e 8 dag.kg⁻¹) do estéril no intervalo granulométrico <4mm adicionado ao solo. Considerou-se a umidade retida no potencial matricial de -1500 kPa, determinado pelo extrator de Richards.

O aumento da umidade na CC em proporções maiores que o aumento ocorrido com a umidade no PMP, principalmente entre as doses de 0 dag.kg⁻¹ e 2 dag.kg⁻¹, teve como consequência um aumento da Ad na mesma faixa (Figura 9). Os maiores valores de Ad foram encontrados com a dose de 8 dag.kg⁻¹ que foi de 8,67% obtendo a maior diferença quando comparado com a dose de 0 dag.kg⁻¹ de 4,80%.

Quando se deseja fazer um cultivo economicamente viável, no manejo da água no solo, o fornecimento da mesma para as plantas não se deve considerar o limite inferior da Ad, pois muito antes de -1500 kPa a planta sofre tendo como consequências a redução na produção e qualidade.

Millar & Gardner (1972h) encontraram uma redução de 47% na produção de matéria seca do feijoeiro quando o potencial de água no solo passou de -28 kPa para -40 kPa. Stansell & Smittle (1980) encontraram uma redução da produção de feijão 41% e 48% quando a irrigação foi aplicada a -50 KPa e -75 kPa em comparação à umidade no potencial de -25 KPa.

O limite de utilização da Ad sem que haja diminuição da produtividade e qualidade, varia com a cultura e o estágio fenológico das mesmas. Neste trabalho, foi adotado o valor de -50 kPa por Bigelow et al. (2004).

Entretanto na Figura 10, para os valores de Au, que tem seu limite máximo até -50 kPa, em função das crescentes doses, é observado que a maior

diferença (1,96%) é também alcançado entre a menor dose 0 e a dose de 2 dag.kg⁻¹ porém esta diferença é menor quando comparado aos valores de Ad (2,4%) no mesmo intervalo. O maior valor de Au foi obtido na dose máxima (8 dag.kg⁻¹).

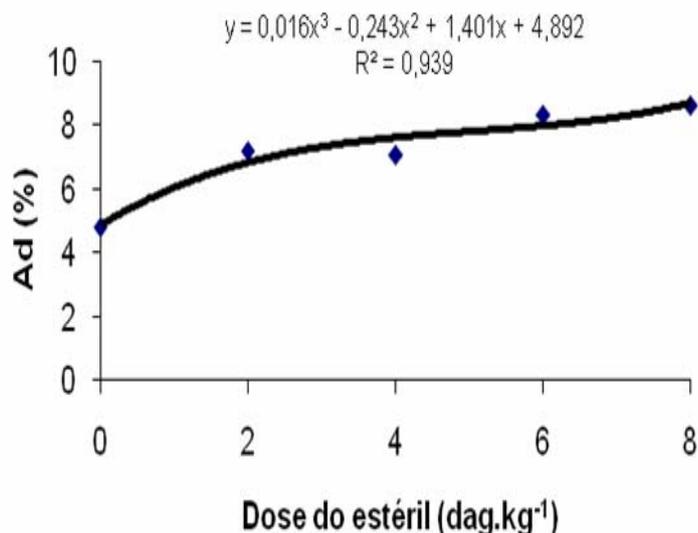


Figura 9. Água disponível (Ad) em função das doses (0, 2, 4, 6 e 8 dag.kg⁻¹) do estéril no intervalo granulométrico <4mm adicionado ao solo. Considerou-se a diferença entre umidade retida no potencial matricial de -10 kPa e -1500 kPa, ambos determinados pelo extrator de Richards.

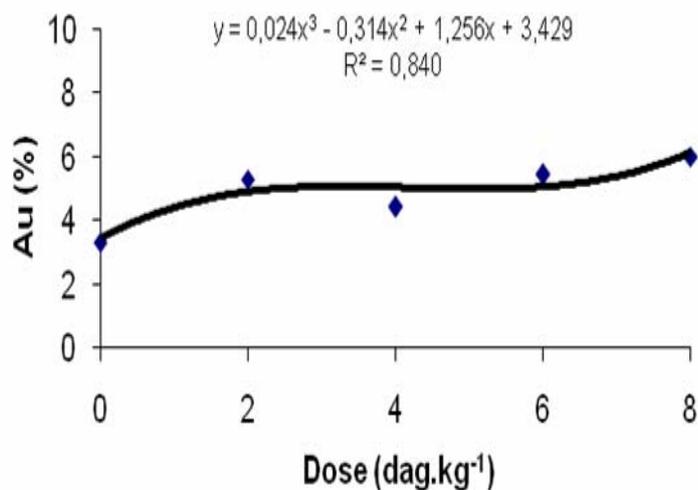


Figura 10. Água útil (Au) em função das doses (0, 2, 4, 6 e 8 dag.kg⁻¹) do estéril no intervalo granulométrico <4mm adicionado ao solo. Considerou-se a diferença entre umidade retida no potencial matricial de -10 kPa e -50 kPa, ambos determinados pelo extrator de Richards.

Os valores de D_s em função das doses de 0, 2, 4, 6 e 8 dag.kg^{-1} , foram 1,64, 1,70, 1,69, 1,67 e 1,67 Mg.m^{-3} respectivamente (Figura 11). Esses valores sofreram uma elevação, mesmo que pequena, com a adição do estéril ao solo, mesmo não havendo tendência de crescimento com o aumento da dose. Como o estéril apresentou uma D_s menor do que a do solo (1,38 Mg.m^{-3}), esperava-se que com sua adição ao solo, os valores de D_s da mistura seriam menores ou iguais ao do solo puro. No entanto, quando da mistura de materiais com partículas de tamanho diferentes tais como o solo e o estéril, ocorre o preenchimento dos porosos maiores por partículas menores. Isso provoca um aumento na massa por unidade de volume, e conseqüente aumento da D_s .

Esses resultados divergem dos encontrados por Waltz et al. (2003) avaliando terra diatomácea, argila calcinada e turfa de esfagno, e Bigelow et al. (2004), que ao avaliarem a utilização de argila calcinada, argila vitrificada, terra diatomácea, zeólito processado e turfa de esfagno como condicionadores de um solo arenoso, verificaram uma redução nos valores D_s . Esses autores afirmam que uma das características ideais para um material ser tido como um bom condicionador inorgânico é promover uma diminuição da D_s e um aumento da P_t (Figura 12). Waltz et al. (2003) afirmam que a melhora dessas propriedades contribui para um menor grau de compactação e conseqüentemente uma maior aeração e infiltração do da água no solo. No entanto deve-se salientar que esses autores utilizaram dosagens maiores que as do presente trabalho, chegando até 20 e 15%.

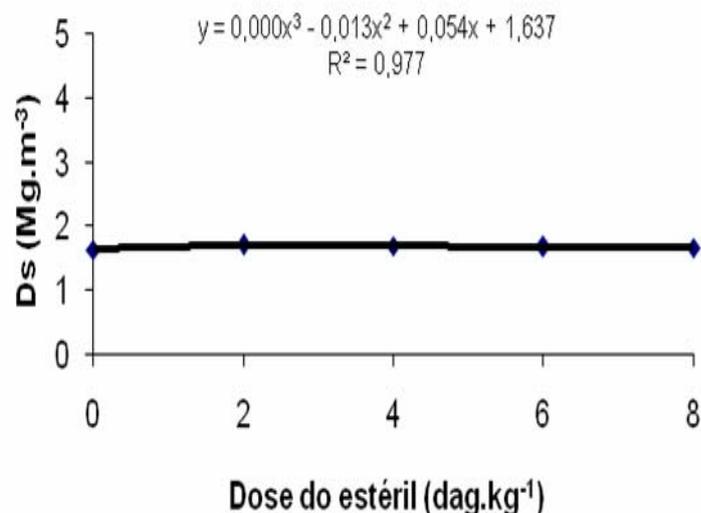


Figura 11. Densidade do solo (D_s) em função das doses (0, 2, 4, 6 e 8 dag.kg^{-1}) do estéril no intervalo granulométrico <4mm adicionado ao solo. Determinado pelo o método da proveta.

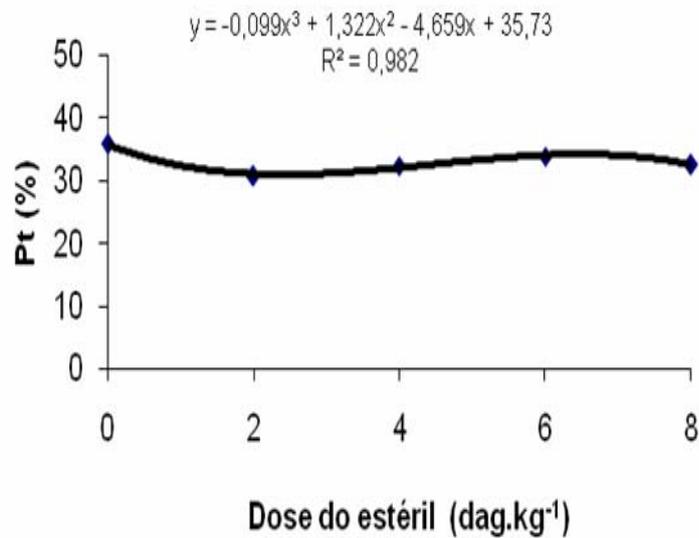


Figura 12. Porosidade total (Pt) em função das doses (0, 2, 4, 6 e 8 dag.kg⁻¹) do estéril no intervalo granulométrico <4mm adicionado ao solo. Calculada pela equação $Pt=1-(Ds/Dp)$.

A Figura 13, estão apresentadas as curvas de retenção de umidade com as misturas de solo e estéril no intervalo granulométrico <4mm nas doses de 0, 2, 4, 6 e 8 dag.kg⁻¹, determinadas pelo o método da coluna de solo. Os valores de retenção média de umidade até a profundidade de 40 cm para os tratamentos com essas doses foram respectivamente 13,85%, 16,90%, 15,45%, 14,73% e 17,72%, demonstrando que na parte superior do perfil da coluna, o solo puro apresentou uma menor quantidade de água, comparado com os tratamentos que receberam o estéril, entretanto essa tendência foi revertida, entre os tratamentos com o estéril, na parte de baixo do perfil. Com exceção do tratamento com a dose de 0 dag.kg⁻¹, que permaneceu com um nível de umidade abaixo dos demais tratamentos. Esse resultado é semelhante ao encontrado por Waltz et al. (2003).

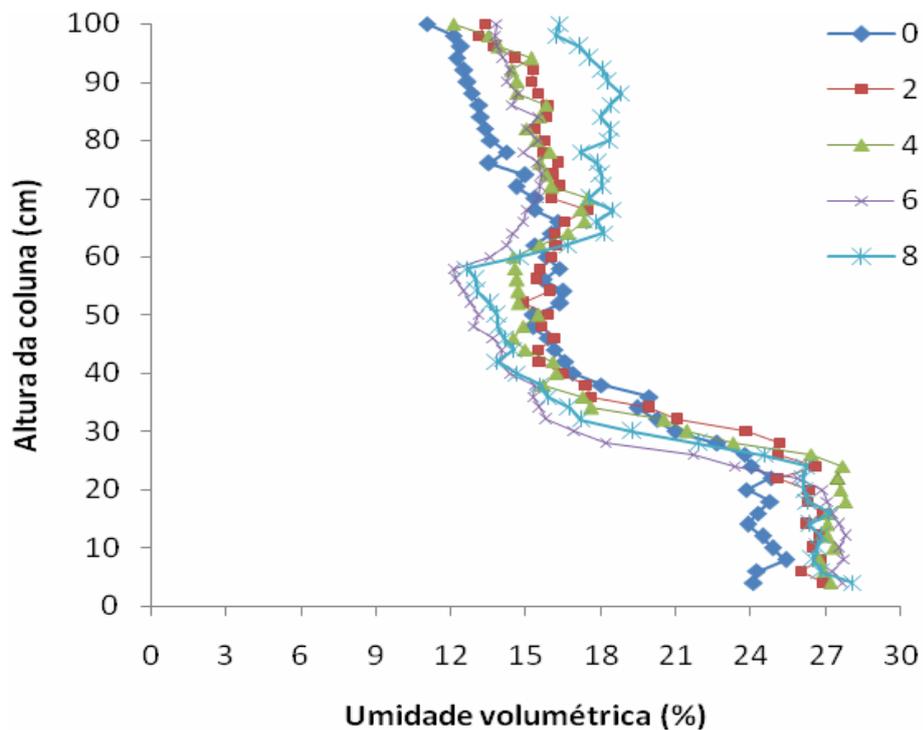


Figura 13. Curvas de retenção de umidade após adição do esteril ao solo nos intervalos granulométricos <4mm, nas doses de 0, 2, 4, 6 e 8 dag.kg⁻¹. Determinada pelo o método da coluna de anéis.

4.1. Avaliação dos valores de CC, PM e Ad, obtidos por diferentes métodos, após a adição das 5 doses do esteril na granulometria <4mm, ao solo

No experimento para se determinar o ponto de murcha permanente pelo método fisiológico (PMPmf), as plântulas de melão em todos os tratamentos levaram em média 4 dias entre a indução do estresse e o ponto de murcha permanente.

Durante a condução do experimento alguns tratamentos apresentaram sinais de empoçamento na superfície da coluna, levando um tempo maior para que ocorresse a drenagem. Esse fenômeno aconteceu sem que houvesse relação lógica com os tratamentos. Isso pode ser explicado pela migração e preenchimento sub-superficial de partículas finas, provocando uma obstrução parcial dos poros maiores do solo, já que este é formado, principalmente por areia fina e muito fina, sem falar na fração de silte e argila. Segundo Souza e Reichardt (1996) o predomínio das frações areia fina contribui, associado a outros fatores, com a formação de camadas adensadas, por acarretar obstrução de poros.

Ao compararmos os valores de umidade no ponto de murcha determinado pelo método de laboratório (PMPml) e o PMPmf na Tabela 8, observamos que só ocorreu diferença significativa na dose de 0 dag.kg⁻¹, não havendo assim nenhuma diferença significativa para as demais doses.

Semelhante ao que aconteceu com os valores do PMml, no método fisiológico também houve aumento da umidade à medida em que as doses do estéril foram aumentadas, comprovando o efeito indesejável, quando se busca um aumento na Ad, pois espera-se que haja um aumento da umidade na CC numa proporção maior que aquela determinada no PMP.

Os resultados encontrados diferem dos de Klein et al. (2006), que compararam os valores de umidade na CC e no PMP e a água disponível, determinados por métodos de laboratório e fisiológico, utilizando um Latossolo argiloso. Estes autores encontraram valores significativamente menores de PMPmf quando comparado com os valores determinados pelo método em laboratório. Já Souza et al. (2000), encontraram valores médios de umidades de 10,96 (PMPml) e 5,54% (PMPmf), mostrando também que a utilização do método de laboratório levou a obtenção de valores de umidade maiores que aqueles encontrados no método fisiológico.

Para solos do Nordeste brasileiro, Oliveira & Martins (1966) observaram que o feijão-caupi, usado como planta indicadora, induziu a obtenção de valores de PMP inferiores à -1500 kPa. Usando a mesma planta indicadora em solos com distintas classes texturais, Cirino & Guerra (1994) encontraram valores de PMP significativamente inferiores para o método fisiológico comparado à retenção de água no potencial matricial de -1500 kPa no método em laboratório.

Os valores de capacidade de campo obtidos pelo método da coluna de solo (CCmc) (Tabela 8), obedeceram a uma tendência de crescimento semelhante àquela encontrada nos valores de capacidade de campo obtidos pelo método de laboratório (CCml). Sendo assim houve um crescimento nos valores à medida que houve um aumento das doses do estéril. Porém apenas na dose de 8 dag.kg⁻¹ foi obtido um valor de umidade significativamente diferente do solo sem o estéril.

Os valores de umidade na CC encontrados para cada método são muito diferentes entre si em todas as doses, como por exemplo, no caso da dose 0 dag.kg⁻¹ que obteve a maior diferença (9,77%) entre dois métodos.

Os altos valores de CCmc comparados com o valores de CCml proporcionaram uma grande diferenciação entre os valores de ADT e ADR. Onde a menor diferença (175%), ocorreu entre os valores de 8,24% (ADT) e 14,42% (ADR) na dose de 0 dag.kg⁻¹. A maior diferença (305%), ocorreu entre os valores de 4,76% (ADT) e 14,53% (ADR) na dose de 6 dag.kg⁻¹. Todavia os valores de ADR não diferiram significativamente com o aumento das doses.

A não diferenciação entre os valores de ADR após a adição das doses crescentes do estéril ao solo apresentadas na Tabela 8, fortalece a maior crítica feita por (Davis et al., 1970; Waddington et al., 1974) aos condicionadores inorgânicos de solo, de que boa parte da água retida internamente por esse tipo de material não é disponibilizado às plantas.

Tabela 8. Valores médios do Ponto de murcha permanente, pelo método de laboratório (PMPml) (Extrator de Richards -1500 kPa) e pelo método fisiológico (PMPmf). Valores médios da capacidade de campo, obtidos pelo o método do extrator (CCml) (Extrator de Richards -10 kPa) e pelo o método da coluna de solo (CCmc). Valor médio de água disponível teórica (ADT) obtido por (ADT=CCml-PMPmt) e valores médios de água disponível real (ADR) obtido por (ADR=CCmc-PMPmf). Foram adicionadas ao solo 5 doses diferentes do estéril no intervalo granulométrico <4mm.

Métodos	Ponto de murcha					CV (%)
	Doses de estéril (dag.kg ⁻¹)					
	0	2	4	6	8	
ML	1,32 Bc	1,94 Abc	2,10 Aab	2,57 Aab	2,73 Aa	12,28
MF	1,82 Ab	2,36 Aab	2,91 Aab	2,99 Aa	3,35 Aa	12,89
Capacidade de campo						
ME	6,08 Bc	9,14 Bb	8,91 Bb	10,81 Ba	11,26 Ba	3,90
MC	16,35 Ab	17,65 aAB	17,32 Aab	17,58 Aab	18,43 Aa	3,60
Valores médios de água disponível						
ADT	4,76 Bc	7,20 Bab	6,80 Bb	8,24 Bab	8,53 Ba	6,31
ADR	14,53 Aa	15,29 Aa	14,81 Aa	14,42 Aa	15,08 Aa	4,27

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade (Teste de Tukey).

Na Tabela 9 fica demonstrado que os valores de umidades equivalentes a CCmc estão mais próximo do potencial matricial de -6 kPa na curva característica determinada pelo o método do funil de Haines e não de -10 kPa

como diversos trabalho tomam como sendo o potencial equivalente a CC para solos arenosos (Souza et al., 2002; Stone et al., 2002; Nascimento et al., 2004; Silva et a, 2005; Klein et al., 2006).

Entretanto Nascimento (1998) afirma que para solos de cerrado, tem-se empregado, para a obtenção da capacidade de campo, a umidade retida na tensão de -6 kPa. Ferreira & Marcos (1983) e Andrade et al. (1991), têm sugerido a tensão de -6 kPa como uma possível estimativa da umidade correspondente à CC. Outros autores também utilizaram esse potencial para a CC (Guerra, 1994; Dedecek & Gava, 2005)

É sabido que devido ao dinamismo do sistema solo, água e planta e da dependência dos diversos fatores que envolvem esse sistema, a CC deveria ser considerada uma característica do solo a ser determinada no campo. Entretanto Ruiz et al. (2003) afirma que testes de laboratório apresentam valores próximos aos dos medidos no campo, quando essa característica é avaliada em Neossolos Quartzarênicos.

Apesar de ser um método mais trabalhoso, quando comparado com o método de laboratório, para se determinar a CC, o método da coluna de solo por simular melhor a situação de campo podendo fornecer valores mais próximo daqueles que se encontraria no experimento em campo. Com a aplicação desse método foi possível incorporar o estéril até 40 cm de profundidade fazendo com que haja uma diferenciação entre materiais a partir dessa profundidade, semelhantemente ao que se encontraria no campo.

Tabela 9. Valores de potencial matricial correspondente a umidade na CC de campo encontra pelo o método da coluna de anéis, utilizando o estéril na granulometria <4mm.

Doses dag.kg ⁻¹	Equações	R ²	Potencial *	Umidade na **
			matricial kPa	CC %
0	$y = 0,00007x^3 - 0,01x^2 - 0,0532x + 41,444$	0,99	62,1	16,35
2	$y = 0,00005x^3 - 0,0043x^2 - 0,3653x + 43,271$	0,99	57,2	17,65
4	$y = 0,00002x^3 - 0,0026x^2 - 0,3254x + 44,805$	0,99	67,1	17,32
6	$y = 0,00006x^3 - 0,0072x^2 - 0,216x + 43,533$	0,99	60,1	17,58
8	$y = 0,00006x^3 - 0,0064x^2 - 0,2696x + 44,71$	0,99	60,1	18,43

*Potencial matricial determinado via equação da característica de umidade determinada pelo o método do funil de Haines, para cada dose.

**Umidade volumétrica correspondente a capacidade de campo determinada pelo o método da coluna de anéis.

4.2. Cultivo do melão em colunas de PVC com adição do estéril ao solo

Logo na segunda semana de experimento observou-se um desenvolvimento ligeiramente superior das plantas colocadas nas colunas com o solo misturado ao estéril, comparado aquelas cujo tratamento tinha a dose de 0 dag.kg⁻¹ do estéril ao solo. Com o passar do tempo essa diferença se tornou cada vez mais evidente, de tal forma que as plantas submetidas ao tratamento de 8 dag.kg⁻¹ do estéril apresentavam quase que o dobro do tamanho das plantas com a dose de 0 dag.kg⁻¹.

Com o desenvolvimento mais rápido das plantas colocadas no solo misturado ao estéril, essas apresentaram de maneira geral um início de florescimento mais rápido, com também atingiram a altura de poda (1 m) mais rapidamente.

Entretanto as diferença no desenvolvimento da plantas, notada durante boa parte do ciclo da cultura, não foi suficiente para diferenciar significativamente os valores das variáveis analisadas nos frutos, tais como, massa dos frutos (MF) (Figura 14a), espessura da polpa (EP) (Figura 14b), índice de forma da cavidade locular (Figura 15a), índice de forma do fruto (Figura 15b), e sólidos solúveis totais (SST) (Figura 16).

A não diferenciação das variáveis analisadas nos frutos ao final do ciclo pode ter sido decorrente da boa nutrição do solo durante todo o experimento via solução nutritiva. O incremento nutricional ao final do experimento pode ter compensado alguma deficiência inicial que poderia ter contribuído para um menor crescimento das plantas numa fase inicial.

Outro fator agravante foi o baixo índice de pega dos frutos, fazendo com que as plantas tivessem uma frutificação em diferentes estágios fenológicos da cultura. Durante a fase reprodutiva as plantas apresentavam uma grande quantidade de flores masculinas, fenômeno no qual dificultou o processo de polinização, pois era necessário esperar o aparecimento de flores femininas para que fosse feito a polinização e mesmo assim essa não teria sua fecundação garantida. Segundo Costa et al. (2000), temperaturas elevadas promovem um aumento na relação entre flores masculinas e femininas. Esses

mesmos autores afirmam ainda que os valores ótimos de temperatura para que haja uma boa polinização fica entre 20 e 21°C.

Maroto (1995) relata que faixa ótima no período de floração fica entre 20 e 23°C. Temperaturas acima de 35°C afetam negativamente o desenvolvimento da planta (Filgueira, 1981). Como foi relatado um valor médio de temperatura de 44,7 °C chegando a picos de 49,9 °C e portanto muito acima dos recomendados para a boa condução da cultura e com isso o processo de pegas dos frutos pode ter sido prejudicado.

Na Figura 15a estão apresentados os valores médios de massa do fruto para cada tratamento. O tratamento com a dose 8 dag.kg⁻¹, foi o que apresentou um valor médio de massa de fruto (1,41 kg) mais próximo aos padrões de mercado externo, que segundo Costa (1999) varia entre 1 e 1,3 kg. Já os tratamentos com 0, 2, 4 e 6 dag.kg⁻¹ apresentarão valores de 1,88, 2,14, 2,2 e 1,91 kg respectivamente. Esses valores são mais próximos daquele que o mercado interno tem como preferência, que segundo o mesmo autor é de 2,0 kg.

Observando a Figura 15b que apresenta os valores médios de espessura da polpa, vimos que as médias de 4,53 e 4,33 cm para os tratamentos com 4 e 0 dag.kg⁻¹ respectivamente foram os maiores valores encontrados no experimento, que teve como menor valor para essa variável a média de 3,36 cm no tratamento com 8 dag.kg⁻¹ de estéril adicionado ao solo. Mesmo assim o menor valor superou o valor médio encontrado por Folegatti (2004) que também estudou o mesmo tipo de melão. Já Nunes et al. (2004) encontrou um valor, menor que o valor médio dos tratamentos desse experimento que foi de 4,04 cm.

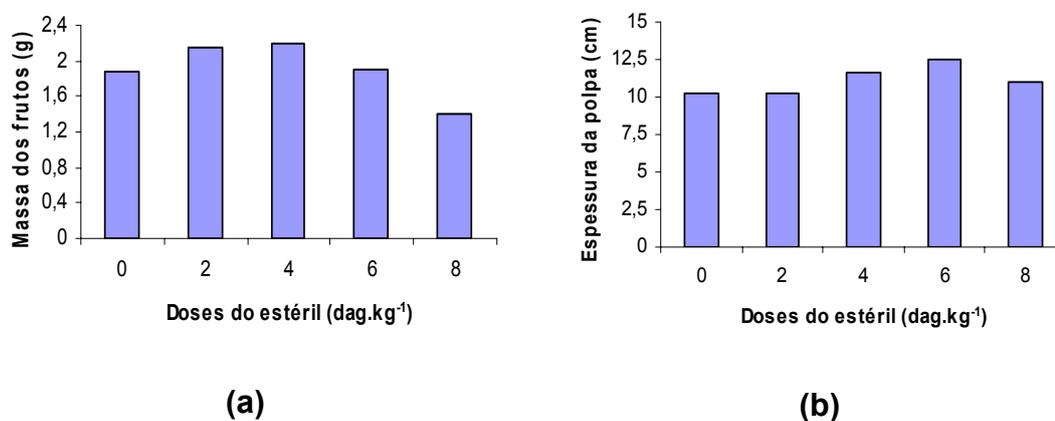


Figura 14. (a) Massa dos frutos e Espessura da polpa em função das doses do estéril adicionado ao solo no experimento com melão em casa de vegetação

A figura 16b apresenta os valores médios da relação do formato no fruto. Seguindo a classificação adotada por Lopes (1982), os valores médios dos frutos, em todos os tratamentos encaixaram-se no intervalo de classificação para frutos oblongos. O tratamento 6 dag.kg⁻¹ com média de 1,09 foi o que mais se aproximou de um formato esférico, seguido dos tratamentos 0 e 2 dag.kg⁻¹ com valores de 1,13 e 1,17 respectivamente. Os tratamentos 4 e 8 dag.kg⁻¹ obtiveram as médias mais distantes da classificação esférica, 1,32 e 1,34 dag.kg⁻¹ respectivamente.

Este fator é de grande importância para o processo de qualificação, pois interfere diretamente na embalagem do produto, transporte e comercialização. Frutos mais alongados ocupam um maior espaço e são de difícil acondicionamento.

Os valores encontrados para índice de forma da cavidade locular mostrado na Figura 16a demonstram um maior comprimento no sentido longitudinal do fruto favorecendo ao aumento da espessura da polpa comprovada pelo os valores apresentados na Figura 15b.

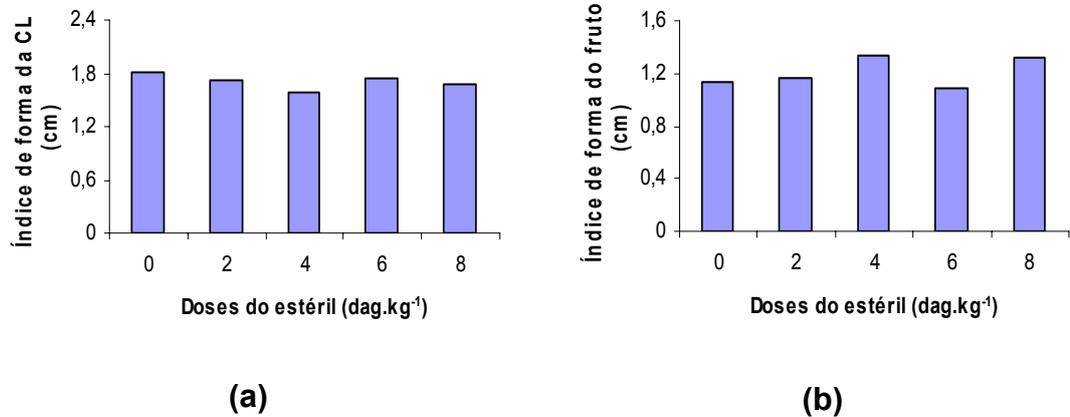


Figura 15. (a) Índice de forma da cavidade locular (CL) e (b) Índice de forma do fruto em função das doses do estéril adicionado ao solo no experimento com melão em casa de vegetação

Na Figura 17 observa-se que todos os tratamentos obtiveram valores médios de SST nos frutos superiores à 10°Brix, recomendado por Giambanco de Ena (1997a) como sendo o valor mínimo para melões do tipo Cantaloupe para exportação.

Em um estudo feito por Souza et al. (1994), analisando as exigências do mercado, verificou-se que os melões cultivados para exportação devem ser

colhidos com um teor de SST variando de 9 a 11°Brix enquanto que, para o mercado interno, devem possuir um teor de 12 a 14°Brix. Sendo assim ao analisarmos os valores médios do Brix para cada tratamento, podemos observar que os frutos obtidos nos tratamentos com dose de 0, 2 e 8 dag.kg⁻¹, com médias de 10,29, 10,28 e 11,05 °Brix respectivamente, se encaixam nos padrões para exportação, enquanto os tratamentos com doses 4 e 6 dag.kg⁻¹ se enquadram nos padrões interno de comercialização com valores médios de 11,63 e 12,47 °Brix.

Segundo Dusi (1992) o teor de SST está relacionado às condições climáticas de produção, onde a baixa umidade relativa do ar, aliada a altas temperaturas, proporciona frutos com valores mais altos de Brix.

Nunes et al. (2004) em seu estudo com melão do tipo Cantaloupe também avaliaram o teor de SST, onde os valores médios ficaram abaixo dos encontrados neste experimento, para todos os tratamentos.

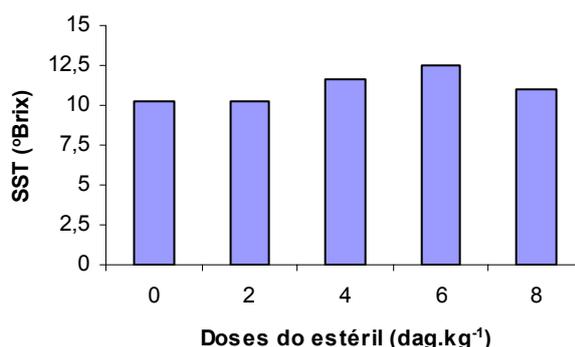


Figura 16. Teor de sólidos solúveis total (SST) em função das doses do estéril adicionado ao solo no experimento com melão em casa de vegetação

A análise da massa seca dos ramos (MSR) e das folhas (MSF), na Tabela 10, demonstra que para ambas variáveis, houve uma diferença significativa apenas nos tratamentos com doses de 6 e 8 dag.kg⁻¹ de estéril.

Entretanto durante a retirada e separação das plantas foi inevitável que se perdesse uma parte do material vegetal, devido ao entrelaçamento em que as plantas se encontravam, isso fez com que a variabilidade dos resultados aumentasse e a diferença entre as variáveis MSR e principalmente MSF observada *in situ*, não possa ser comprovada através da análise estatística.

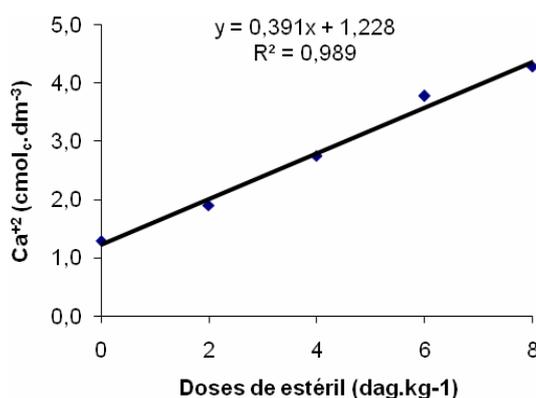
Tabela 10. Massa seca das folhas (MSF) e ramos (MSR) plantas ao final do ciclo da cultura

Doses de estéril (dag.kg ⁻¹)	MSF ------(g)-----	MSR
0	123,33 b	94,51 b
2	190,48 ab	167,57 ab
4	192,07 ab	175,29 ab
6	289,12 a	277,54 a
8	269,23 a	255,78 a
CV (%)	26,75	30,49

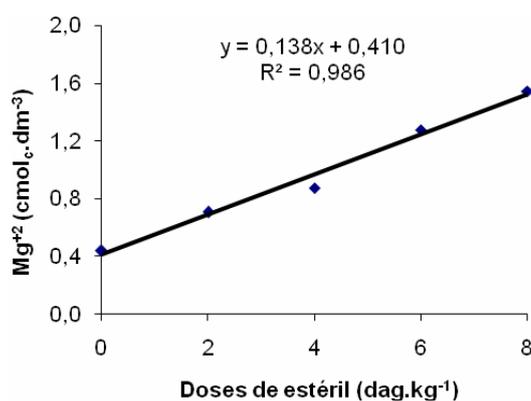
Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade (Teste de Tukey).

Na figura 17, fica demonstrado que houve um aumento linear no teor de cálcio (A), magnésio (B), potássio (C) e no valor de Ph (D) do solo em função das doses crescentes do estéril adicionado. Verificam-se ainda altos coeficientes de determinação (R^2) para todas as variáveis do solo analisadas. Sendo assim, nota-se uma alta dependência entre as variáveis analisadas e as crescentes doses do estéril adicionado ao solo.

A.



B.



C.

D.

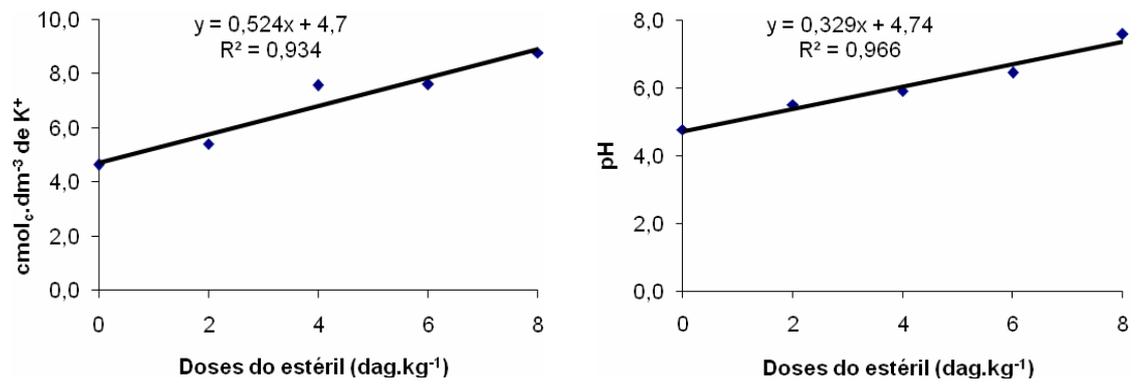


Figura 17. Teor de Ca⁺² (A), Mg⁺² (B), K⁺ (C) e valor de Ph (D) no solo em função das doses crescentes estéril, após o cultivo do melão em casa de vegetação

4.3. CONCLUSÕES

- A fração granulométrica do estéril <4 mm quando incorporada ao Neossolo mostrou-se igual ou superior às frações <1, <2, 2-4, e 4-6 mm em termos de aumento da retenção e disponibilidade de água no solo.
- A água disponível determinada pelo método tradicional (AD= CC-PMP) mostrou um aumento de 4,80% para o solo puro para 8,67% , quando 8 dag.kg⁻¹ da fração do estéril <4 mm foi incorporado ao solo respectivamente.
- Quando a CC e o PMP foram determinados pelo método da coluna e fisiológicos respectivamente, a água disponível aumentou de 12,03 para o solo puro para 14,37% quando 0 e 8 dag.kg⁻¹ da fração do estéril <4 mm foi incorporado aos 40 cm superiores de uma coluna de 100 cm de solo respectivamente.
- A massa seca dos ramos e das folhas do meloeiro foram significativamente maiores nos tratamentos de 6 e 8 dag.kg⁻¹ , em relação aos outros tratamentos, embora isso não tenha sido traduzido em maior produtividade dos frutos.
- A adição de doses crescentes de estéril aumentou os teores de Cálcio, Magnésio, Potássio e o pH do solo.

4.4. REFERÊNCIAS

ALPEROVITCH, N.; SHAINBERG, I.; KEREN, R.; SINGER, M. J. **Effect of clay mineralogy and aluminum and iron oxides on the hydraulic conductivity of clay-sand mixtures.** Clays Clay Minerals, v.33, p.443-450,1985

ANDRADE, C. L. T.; COELHO, E. F.; COUTO, L.; SILVA, E. L. **Parâmetros de solo-água para a engenharia de irrigação e ambiental.** In: FARIA, M. A.; SILVA, E. L.; VILELA, L. A. A.; SILVA, A. M. Manejo de irrigação. Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p. 1-132.

ANDREOTTI, M.; RODRIGUES, J. D.; CRUSCIOL, C. A. C.; SOUZA, E. C. A.; BULL, L. T. **Crescimento do milho em função da saturação por bases e da adubação potássica.** Sci. Agric., Piracicaba, v. 58, n. 1, 2001.

AZEVEDO, J. A.; MIRANDA, L. N. **Produtividade do feijão em resposta à adubação fosfatada em regime de irrigação em solo de cerrado,** In: Reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas, 22.,1996, Manaus. Resumos expandidos. Manaus: SBSCS/UA/EMBRAPACPA/INPA, 1996. P.12-13.

AZEVEDO, T. L. F. **Avaliação da eficiência do polímero agrícola de poliacrilamida no fornecimento de água para o cafeeiro (Coffea arabica L) cv. Tupi.** Maringá, Universidade Estadual de Maringá, 2000. 38p. (Dissertação Mestrado).

BERNARDI, J. B. Instruções práticas: a cultura do melão. **Boletim Informativo do Instituto Agrônomo de Campinas**, v1, n2, p.73-90, 1974.

BETTIOL, W. & CARVALHO, P.C.T. **Utilização de lodo de esgoto primário e fertilizante organo-mineral IPT na cultura do milho.** Fertilizantes, n.44, p.14-15, 1982.

BIGELOW, C. A.; BOWMAN, D. C. e CASSEL, D. K. **Physical properties of three sand size classes amended with inorganic materials or sphagnum peat moss for putting green rootzones.** Crop. Sci. P. 900-906, 2004.

BRIGGS, L. J.; E SHANTZ, H. L. 1912; **The wilting coefficient for different plants and its indirect determination.** p.7-83. In USDA Bureau of Plant Industry Bull. 230.

BUCKINGHAM, E. 1907. **Studies on the movement of soil moisture.** Bull. Hundley, N. 2001. The great thirst. Revised ed. University of California, 38. USDA, Bureau of Soils, Washington D.C.

CASSEL, D.K., AND D.R. NIELSEN. 1986. **Field capacity and available water capacity. p. 901–926.** In A. Klute (ed.) **Methods of soil analysis.** Part 1. 2ed. Agron. Monogr. 9.ASA and SSSA, Madison, WI.

CAVALCANTI, A. C. **Melhoramento de solos arenosos por adição de material argilo-mineral de alta atividade, fertilidade, movimento e retenção de água.** 1994.106 p. Tese (Doutorado em Ciências agrônomicas) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

CIRINO, C. G.; e GUERRA, H. O. C. **Utilização das relações energia/umidade na caracterização físico-hídrica dos solos.** Pesq. Agrop. Bras. Brasília, v.29, p.1973-1978, 1994.

COELHO, J. B. M. **Aplicação de doses do polímero hidratado sobre a capacidade de retenção de água de solos e desenvolvimento da beterraba, em condições salinas.** 2004.87 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

COLMAN, E.A. 1947. **A laboratory procedure for determining the field capacity of soils.** Soil Sci. 63:277–283.

CORREIA, G. G. **Capacidade de retenção e disponibilidade de água em solos de tabuleiro costeiro da Paraíba.** 2005.34 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

COSTA, C. P.; PINTO, C. A. B. **Melhoramento de hortaliças.** Piracicaba: ESALQ, Departamento de genética, 1977. 319p.

COSTA, N. D.; DIAS, R. C. S.; FARIA, C. M. B.; TAVARES, S. C. C. H.; TERAQ, D. **Cultivo do melão.** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2000. 67p.

(Circular Técnica, 59).

COSTA, N.D.; RESENDE, G.M.; DIAS, R.C.S. **Produtividade de cultivares de melão no vale de São Francisco**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 1999. 6 p. (Comunicado técnico, 88).

CRISÓSTOMO, L.A.; SANTOS, A.A. dos; RAJI, B.van; FARIA, C.M.B.; SILVA, D.J. da; FERNANDES, F.A.M.; SANTOS, F.J. de S.; CRISÓSTOMO, J.R.; FREITAS, J de A. D. de; HOLANDA, J.S.de; CARDOSO, J.W.; COSTA, N.D. **Adubação, Irrigação, Híbirdose Práticas Culturais para o Meloeiro no Nordeste**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 21p. (Circular Técnica, 14).

CURI, N.; Larach, J. O. I.; KAMPF, N.; MONIS, A. C.; FONTES, L. E. F. **Vocabulário de ciência do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 90p.

DAVIS, J. H.; PAUL, J. L.; MADISON, J. H. e GEORGE, L. Y. **A guide to evaluating sands and amendments used for high trafficked turfgrass**. Oakland, Univ. of California Agric. N.113. 1970.

DEDECEK, R. A. & GAVA, J. L. **Influência da compactação do solo na produtividade da rebrota de eucalipto**. Rev. Árvore, Viçosa, vol.29, n.3, 2005.

DIAS, N. S. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade em solo cultivado com melão rendilhado sob ambiente protegido**. Piracicaba, 2004. 110p. Tese (Doutorado em Agronomia, Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

DUSI, A. N. **Melão para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília DENACOOOP, 1992. 38 p. (Série Publicações Técnicas, 1).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997, 2ed. 212p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS)**. Rio de Janeiro, 2006. 2ed. 306p.

EMBRAPA. **Compostagem, Matéria orgânica que se transforma em adubo natural.** 2007. Disponível em: http://www.cnpab.embrapa.br/imprensa/releases/pauta_compostagem.html

EMBRAPA. **Comprovada a eficiência do biossólido no eucalipto.** 2005. Disponível em: http://www.embrapa.br/noticias/banco_de_noticias/2005/folder.2005-03-28.5410095572/folder.2005-04-06.9742516474/noticia.2005-04-3.3153119044/mostra_noticia. Acesso em: 15 dez. 2006.

EMBRAPA. **Seminário apresenta potencial de híbridos de melão.** 2006. Disponível em: http://www.embrapa.br/noticias/banco_de_noticias/folder.2006/foldernoticia.2006-07-03.1126368809/noticia.2006-07-07.7550968985/mostra_noticia. Acesso em: 08 out. 2006

EMBRAPA. **Tecnologia Embrapa para o Semi-Árido será lançada no Congresso de Ciência do Solo.** 2005. Disponível em: http://www.embrapa.gov.br/noticias/banco_de_noticias/2005/folder.2005-05-02.0812958846/foldernoticia.2005-05-17.2028856362/noticia.2005-05-17.2386021616/mostra_noticia. Acesso em: 08 out. 2006.

ESLINGER, E.; PEAVEAR, D. **Clay minerals for petroleum, geologists and engineers.** New York: Society of Economic, Paleontologists and Mineralogists, 1988.

FERREIRA, M. M.; MARCOS, Z. Z. **Estimativa da capacidade de campo de Latossolo Roxo distrófico e regossolo através do ponto de inflexão da curva característica de umidade.** Ciência e Prática, Lavras, v.7, n.1, p.96-101. 1983.

FILGUEIRA, F. A. R. **Manual de Olericultura.** 2.ed. Viçosa: UFV, 2000. 387p.

FILGUEIRA, F.R. **Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças.** , 2. Ed., São Paulo : ed. Agronômica Ceres, 1981. V. 1, 338 p.

FOLEGATTI, M. V.; VASQUEZ, M. A. N.; DIAS, N. S.; SOUSA, V. F. **Qualidade física do melão fertirrigado com diferentes dosagens de potássio e lâminas de irrigação, em gotejamentos superficial e**

subsuperficial. Irriga, Botucatu, v. 9, n. 1, p. 52-61, janeiro-abril, 2004.

GALDOS, M. V., De MARIA, I. C. e CAMARGO, O. A. **Atributos químicos e produção de milho em um latossolo vermelho eutroférico tratado com lodo de esgoto**. Rev. Bras. Ciênc. Solo, Campinas, vol.28, n.3, p.569-577, 2004.

GALUKU. **A liquid feed guidelines for greenhouse cucumbers and greenhouse tomatoes**. 2002. Disponível em: http://www.cocopeat.com.au/technical/hydroponics/pdf/LiquidfeedTom_Cuc.pdf. Acesso em: 13 jun. 2006.

GARDNER, W. **The capillarity potential and its relation to soilmoisture constants**. Soil Sci., Baltimore, 10:357-359, 1920.

GERVÁSIO, E. S. **Efeito da lâmina de irrigação e doses de condicionador, associadas a diferentes tamanhos de tubetes, na produção de mudas de cafeeiro**. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, 105p. 2003.

GIAMBANCO DE ENA, H. **Manejo poscosecha del melón**. En: Melones. Coord. A. Namesny. Ediciones de Horticultura, reus. 277 p: p.165-174, 1997a.

GUERRA A. F. **Manejo de irrigação da cevada sob condições de cerrado visando o potencial de produção**. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v.29, n.7, 1994.

HAINES, W.B. **Studies in the physical properties of soil. V. The hysteresis effect in capillary properties, and the modes of moisture distribution associated therewith**. Journal of Agricultural Science. Cambridge, v.X, p.96-105, 1930.

HENRÍQUEZ, M.; RODRÍGUEZ, O.; MONTERO, F; HERNÁNDEZ, A. **Efecto de acondicionadores naturales y sintéticos sobre los cationes solubles y la infiltración del agua en un Aridisol**. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v. 38, n. 2, p. 311-316, 2003.

HOSTALÁCIO, S.; VÁLIO, I. F. M. **Desenvolvimento de plantas de feijão cv. Goiano precoce, em diferentes regimes de irrigação**. Pesq. Agrop. Bras.,

Brasília, v.19, n.2, p.211-218, 1984.

IBAMA. **GEO Brasil 2002: Perspectivas do meio ambiente no Brasil**. 2002. Disponível em: <http://ibama2.ibama.gov.br/cnia2/download-nao-vale/publicacoes/geobr/geobrasil-pdf.htm>. Acesso em: 26 set 2006.

JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis: Advanced course**. 29. Ed. Madison, 1975. 895p.

JUNCKER, P. H.; E MADISON, J. J.. **Soil moisture characteristics tions for a method of putting green construction. USGA Green of sand-peat mixes**. Soil Sci. Soc. Am. Proc. vol.31, p.5–8. 1967.

KEREN, R.; SINGER, M. J. **Hydroxy-aluminum's effect on permeability of clay-sand mixtures**. Soil Science Society of America. Journal, v.55, p.61-65, 1991.

KLEIN, V. A.; REICHERT, J. M. & REINERT D. J. **Água disponível em um Latossolo Vermelho argiloso e murcha fisiológica de culturas**. Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient., Campina Grande v.10, n.3, p.646–650, 2006.

KLEIN, V. A.; REICHERT, J. M. & REINERT, D. J. **Água disponível em um Latossolo Vermelho argiloso e murcha fisiológica de culturas**. Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient., Campina Grande, v.10, n.3, p.646–650, 2006.

LEVY, G. J. & MILLER, W. P. **Polyacrylamide adsorption and aggregate stability**. Soil and Tillage, vol. 51, p. 121-128, 1999.

LIMA, J. M.; ANDERSON, S. J.; PIERCE, F. J.; CURI, N. **Improvement of properties, and water and clay movement in vertisol-amended sand columns**. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v.33, n.7, jul. 1997.

LOPES, J. F. **Melhoramento genético (chuchu, melancia, melão e pepino)**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 8, n. 85, p. 61-65, 1982.

MAROTO, J. V. **Horticultura herbácea especial**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1995 611p.

MEAULO, F. J. **Vulnerabilidade natural à poluição dos recursos hídricos**

subterrâneo da área de Araraquara (SP). Rio Claro, 2004. 108p. Dissertação (Mestrado em Geociência e Meio ambiente) – Universidade Estadual Paulista.

MELO, V. P., BEUTLER, A. N., SOUZA, Z. M., CENTURION, J. F. e MELO, W. J. **Atributos físicos de Latossolos adubados durante cinco anos com biossólido.** Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v.39, n.1, p.67-72, 2004.

MILLAR A.A.; GARDNER W.R. **Effect of soil and plant water potentials on the dry matter production of snap beans.** Agronomy Journal, v.64, p.559-562, 1972.

NASCIMENTO, C. W. A. **Acidez potencial estimada pelo Ph SMP em solos do Estado de Pernambuco.** Rev. Bras. Ciênc. Solo, 24:679-682, 2000.

NASCIMENTO, J. L. 1998. **Respostas de duas cultivares de feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) a cinco lâminas de irrigação aplicadas durante o estágio de desenvolvimento vegetativo nos sistemas de plantio convencional e direto.** Tese de Doutorado. Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás. 138 p

NASCIMENTO, J.T.; PEDROSA, M.B.; TAVARES SOBRINHO, J. **Efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão caupi, vagens e grãos verdes.** Hort. Bras., Brasília, v.22, n.2, p.174-177, abril-junho 2004.

NUNES, G. H. S.; SANTOS JÚNIOR, J. J. S.; ANDRADE, F. V.; BEZERRA NETO, F.; ALMEIDA, A. H. B.; MEDEIROS, D.C. **Aspectos produtivos e de qualidade de híbridos de melão cultivados no agropolo Mossoró-Assu.** Hort. Bras., Brasília, v.22, n.4, p.744-747, out-dez 2004.

OLIVEIRA, L. B.; RIBEIRO, M. R.; FERREIRA, M. G. V. X.; LIMA, J. F. W. F.; MARQUES, F. A. **Inferências pedológicas aplicadas ao perímetro irrigado de Custódia, PE.** Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v. 37, n. 10, p. 1477-1486, out. 2002.

OLIVEIRA, L. D. de; MARTINS, A. M. C. M. **Considerações sobre a umidade de 15 atmosferas e a umidade de murcha (método fisiológico), em solos**

do Nordeste. Pesq. Agrop. Bras. Rio de Janeiro, v.1, p.91-95, 1966.

OLIVEIRA, R. A., Rezende L. S., Martinez M. A. e G. V. Miranda. **Influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo.** Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient, v.8, p.160-163, 2004.

PETERS, D. B. Water Availability. In: BLACK, C.A. (Ed.). **Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling.** Madison: American Society of Agronomy, 1965. pt.1, p.279-285.

PICCOLO, A.; PIETRAMELLARA, G. e MBAGWU, J. S. C. **Use of humic substances as soil conditioners to increase aggregate stability.** Geoderma, v. 75, p. 267-277, 1997.

RAMOS, L. A.; NOLLA, A.; KORNDORFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. **Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação.** Rev. Bras. Ciênc. Solo, vol.30, n.5, 2006.

RAMOS, L. A.; NOLLA, A.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. **Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação.** Rev. Bras. Ciênc. Solo, Out 2006, vol.30, no.5, p.849-857.

REATTO, A.; SPERA, S. T.; MARTINS, E. S.; CORREIA, J. R. E CUNHA, T. J. FERREIRA. **A desertificação em solos arenosos no Brasil.** 2006. Disponível em: <http://www.clubedofazendeiro.com.br/Cietec/Artigos/ArtigosTexto.asp?Codigo=139>. Acesso em: 06 out. 2006.

REICHARDT, O. K. **Capacidade de campo.** Rev. Bras. Ciênc. Solo, Campinas, v.12, n.13, p.211-216, 1988.

RELATÓRIO ANUAL DE AVALIAÇÃO. **Ministério da Integração Nacional.** 548p. 2005.

RESENDE, G. M.; COSTA N. D.; DIAS, R. C. S. **Densidade de Plantio na Cultura do Melão no Vale do São Francisco.** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2006. 4p. (Comunicado Técnico, 126).

RICHARDS, L. A. **The usefulness of capilarity potential to soil moisture and plant investigators.** J. Agric. Res., 37:719 -742, 1928.

RICHARDS, L. A.; e WEAVER, L. R. 1943. Fitten-atmosphere percentage as related to the permanent wilting percentage. Soil Sci. 56:331-339.

RICHARDS, L. O. A. **Pressure-membrane apparatus, construction and use.** Agronomy Engineering, Madison, n.28, p.451-454, 1947.

RIVERS, E.D.; E SHIPP, R.F.. 1978. **Soil water retention as related to particle size in selected sands and loamy sands.** Soil Sci. 126:94–100.

RUIZ, H. A.; FERREIRA, G. B. & PEREIRA, J. B. M. **Estimativa da capacidade de campo de latossolos e neossolos quartzarênicos pela determinação do equivalente de umidade.** Rev. Bras. Ciênc. Solo, 27:389-393, 2003

SALATI, E.; REICHARDT, K.; URQUIAGA, S. **Efeitos da adição de vermiculita na retenção e armazenamento de água por latossolos.** Rev. Bras. Ciênc. Solo, Campinas, v. 4, p. 125-131, 1980.

SAMPAIO, S.; YAMASHIRO, T. Melão: vencendo as primeiras etapas. **Correio Agrícola**, v.1, n.79, p. 186-189, 1979.

SILVA, E. M.; LIMA, J. E. F. W.; AZEVEDO, J. A. e RODRIGUES, L. N. **Valores de tensão na determinação da curva de retenção de água de solos do Cerrado.** Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v.41, n.2, p.323-330, fev. 2006.

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

SOUZA, C. C. de et al. **Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo.** Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient., Campina Grande, v. 4, n. 3,

2000.

SOUZA, C. C.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, I. F. e NETO, M. S. A. **Avaliação de métodos de determinação de água disponível em solo cultivado com algodão**. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v. 37, n. 3, p. 337-341, 2002.

SOUZA, C. S.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, I. F.; AMORIM NETO, M. S. **Avaliação de métodos de determinação de água disponível em solo cultivado com algodão**. Pesq. Agrop. Bras. Brasília, v.37, p.337-341, 2002.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B. **Atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico e um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo**. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v.40, n.11, 2005.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SILVA, C. A. e BUZETTI, S. **Alterações nas frações do carbono em um neossolo quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso do solo**. Acta Sci. Agron. Maringá, v. 28, n. 3, p. 305-311, 2006.

SOUZA, F. J. L.; SILVA, J. R. C.; SILVA, F. J. **Manejo de neossolo quartzarênico e seu potencial de cultivo com murici (*byrsonima crassifolia*) em assentamentos de reforma agrária do litoral do ceará**. Magistra, Cruz das Almas – BA, v. 15, n. 2, jul./dez., 2003.

SOUZA, L. O. D. e REICHARDT, K. **Estimativas da capacidade de campo**. Rev. Bras. Ciênc. Solo, Campinas, v.20, n.2, p.183-189, 1996.

SOUZA, L. S. **Uso e manejo dos solos coesos dos tabuleiros costeiros**. In: Reunião Técnica Sobre Solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros, 1996, Cruz das Almas. Anais... Aracajú: EMBRAPA/CPATC, 1996. P.79.

SOUZA, M. C.; MENEZES, J. B.; ALVES, R. E. **Tecnologia Pós-Colheita e Produção de Melão no Estado do Rio Grande do Norte**. Hort. Bras., Brasília, v.12, n.2, p.188-190,1994.

STANSELL, J. R.; SMITTLE, D. A. **Effects of irrigation regimes on yield and water use of Snap Bean (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Journal of the American Society for Horticultural Science, v.105, n.6, p.869-873, 1980.

STONE, L. F., GUIMARÃES, C. M. E MOREIRA, J. A. A. **Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo.** Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient, Campina Grande v.6, n.2, p.207-212, 2002

VALARINI, P. J.; ALVAREZ, M. C. D.; GASCÓ, J. M.; GUERREIRO, F.; TOKESHI, H. **Integrated evaluation of soil quality after the incorporation of organic matter and microorganisms.** Brazilian Journal of Microbiology, vol. 33, p. 35-40, 2002.

VEIHMEYER, F. J., AND A.H. HENDRICKSON. 1950. **Soil moisture in relation to plant growth.** Annu. Rev. Plant Physiol. 1:285–304.

VEIHMEYER, F. J.; HENDRICKSON, A.H. **The moisture equivalent as a measure of the field capacity of soil.** Soil Sci., Baltimore, v.32, p.181-193, 1931.

VOMOCIL, J.A. Porosity. In: BLACK, C.A. (Ed.). **Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling.** Madison: American Society of Agronomy, 1965. pt.1, p.299-314.

WADDINGTON, D. V.; ZIMMERMAN, T. L.; SHOOP, G. J.; KARDOS, L. T. e DUICH, J. M. **Soil modification for turfgrass areas. I. Physical properties of physically amended soils.** Prog. Rep. 337. Pennsylvania State Univ., College of Agriculture, Agric. Exp. Stn., University Park, PA. 1974.

WALTZ, F. C. J.; QUISENBERR, V. L. e McCARTY. **Physical and hydraulic properties of rootzone mixes amended with inorganics for golf putting greens.** Agron. Journ. vol.95, p.395-404, 2003

ANEXO