

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

CAPACIDADE DE RETENÇÃO E DISPONIBILIDADE DE ÁGUA EM
SOLOS DE TABULEIRO COSTEIRO DA PARAÍBA

GLEDSON GUEDES CORREIA

Recife – PE
2005

GLEDSON GUEDES CORREIA

**CAPACIDADE DE RETENÇÃO E DISPONIBILIDADE DE ÁGUA EM
SOLOS DE TABULEIRO COSTEIRO DA PARAÍBA**

**Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciência do Solo UFRPE
como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em Ciência do Solo.**

ORIENTADOR: Dr. Ronaldo Freira de Moura

CO-ORIENTADORES: PhD. José Júlio Vilar Rodrigues

Dr^a. Maria de Fatima Cavalcanti Barros

**RECIFE – PE
2005**

GLEDSON GUEDES CORREIA

**Título: “CAPACIDADE DE RETENÇÃO E DISPONIBILIDADE DE ÁGUA EM
SOLOS DE TABULEIRO COSTEIRO DA PARAÍBA”**

JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRADO

Orientador:

Prof. Dr. Ronaldo Freire de Moura

Examinadores:

Prof. PhD. José Júlio Vilar Rodrigues

Prof^a. Dr^a. Vera Lúcia Antunes

Prof. PhD. Emídio Cantídio de Oliveira Filho

Recife – PE
2005

Ao meu avô José Correia pela concretização de sua vontade e de quem herdei o gosto pela Terra (in memoriam).

Aos meus maravilhosos pais Antônio Correia do Nascimento Lima e Nilvanda Guedes de Araújo Correia pelos exemplos de vida que são bem como pela compreensão, carinho e amor a mim dedicados que servem de estímulos para continuar lutando por momentos felizes como esse.

A minha irmã Karina Guedes Correia pelo eterno laço de amizade, convivência, amor e carinho que sempre esteve presente em minha vida.

A minha namorada Andrezza Viegas pela paciência, compreensão e apoio durante todos os momentos de dificuldade.

OFEREÇO E DEDICO

AGRADECIMENTOS

Á Deus pela graça, saúde e certeza da vitória;

Aos meus pais Antônio Correia e Nilvanda Guedes, por tudo que me propiciaram na vida porque sem eles não poderia concretizar este trabalho;

A minha irmã Karina Guedes Correia, pela amizade, compreensão, paciência, apoio e companheirismo de cada dia;

A minha namorada Andrezza Viegas, que esteve comigo em todos os momentos difíceis enfrentados durante o período de realização deste trabalho com apoio, carinho, paciência e dedicação;

Ao Engenheiro Agrônomo José de Castro Meneses, que dedicou parte do seu precioso tempo na condução deste trabalho, pela amizade e apoio;

A Destilaria Japungú, pela concessão de suas terras para a realização deste trabalho;

Ao Engenheiro Agrônomo Henrique Soares de Albuquerque, pela inestimável ajuda na realização de parte deste trabalho;

Ao Engenheiro Agrônomo Paulo Medeiros dos Santos, por sua inestimável contribuição que dispôs para o meu crescimento intelectual no decorrer do mestrado;

A coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudo;

À coordenação e aos professores do Curso de Pós-Graduação Ciência do solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco;

Em especial aos professores Emídio Cantídio, Fatima Cavalcanti, Betânia Freire pelo apoio e incentivo à conclusão deste trabalho;

Aos Prof. Drs. Ronaldo Freire de Moura; José Julio Vilar e Maria de Fatima Cavalcanti Barros meus orientadores, pela inquestionável contribuição na minha formação acadêmica;

A Anacleto que me ajudou a conduzir as análises físicas realizadas no decorrer do experimento, além da amizade conquistada;

A Sra. Socorro, pela atenção e ajuda dada sempre que necessitei durante todo o curso;

Ao Sr. Noca, pela amizade e seu carisma;

Aos colegas de turma Alexandre Costa, Arlete Cortês, Eduardo Saldanha, Euzelina Inácio, Fábio Lemos, Isaac Gomes, José de Castro, Júlio César , Júlio Guilherme, Rita de Cássia,, Romero Areia, Valdemir Tenório e Prof. Romero Falcão

Aos estagiários do Laboratório de Hidráulica que contribuíram na condução deste trabalho;

Ao Engenheiro Agrônomo José Wellington dos Santos, pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa do Algodão – CNPA/EMBRAPA por sua orientação para a realização das análises estatísticas e à Bacharel em Estatística Tatiana da Silva Santos.

Enfim, aos que influenciaram de alguma forma para o sucesso deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo caracterizar a capacidade de retenção e disponibilidade de água para as plantas em três solos de tabuleiro costeiro no Estado da Paraíba usando-se tensiometria em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. As curvas foram determinadas para os solos Neossolo Quartzarênico, Latossolo Amarelo e o Latossolo Coeso nas profundidades de 0 – 30 cm e de 30 – 60 cm, pelos métodos o extrator de Richards, tensiômetros em casa de vegetação utilizando-se colunas de PVC, I etapa, e baterias de tensiômetros em campo, etapa II, nas tensões 11, 24, 36, 48, 61 e 75 kPa. A retenção de água nos solos foi significativamente afetada ($p < 0,01$) em função das tensões (Ts) aplicadas. O mesmo efeito ($p < 0,01$) foi verificado para o fator solo (S) e para interação (TS x S) tanto para o extrator como em de casa de vegetação e no campo. Conforme estudos de regressão o modelo matemático que melhor se ajustou foi o quadrático decrescente. Os valores de umidade encontrados apresentaram variações mais bruscas para as menores tensões. Os teores de umidade para o Neossolo Quartzarênico demonstraram sob condição de campo a importância da estrutura dos solos, restando mais umidade nas tensões estudadas em relação ao método do extrator de Richards e em casa de vegetação. Apesar dos valores de argila serem semelhantes para o Latossolo Amarelo e o Latossolo Coeso as maiores retenções de umidade foram observadas para o Latossolo coeso.

Palavra-chave: Tabuleiros Costeiros, tensiômetro, curva característica, água disponível.

ABSTRACT

This work was done in order to characterize the water holding capacity and availability to plants in three soils of coastal tablelands in the state of Paraíba using tensiometry in areas cultivated with sugarcane. The water retention curves were determined for the Neossolo Quartzarenico, Latossolo Amarelo, Latossolo Coeso soils in the depths of 0 - 30cm and from 30 – 60 cm, by the Richards extractor method and by tensiometers in PVC columns in a greenhouse in the first phase and in a battery of field tensiometers in the second phase, in the tensions of 11, 24, 36, 48, 61 and 75 kPa. The water retention in the soils was significantly affected ($p < 0,01$) as a function of the tensions (TS) applied. The same effect ($p < 0,01$) was seen for the factor soil (S) and for the interaction (TS x S) both for the extractor and the greenhouse methods as well as for the field method. According to the study of the regression analysis, the mathematical model that showed the best adjustment was the decreasing quadratic. The values of moisture content found showed the most abrupt variations at the lowest tensions. The moisture content for the Neossolo Quartzarenico demonstrated under field conditions the importance of the structure for soils retaining more moisture in the tensions studied in relation to the Richards extractor method and greenhouse. Even though the clay content were similar for the Latossolo Amarelo and the Latossolo Coeso the greatest moisture retentions were observed in the Latossolo Coeso.

Key Words: Coastal methods tableland, tensiometers, water characteristic curve, available water.

SUMÁRIO

RESUMO	
ABSTRACT	
LISTA DE TABELAS	
LISTA DE FIGURAS	
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Os Tabuleiros Costeiros	3
2.2 Características Físicas e Hídricas dos Solos	4
2.3 A cultura da cana-de-açúcar	5
2.4 Manejo da Irrigação e o uso de Tensiômetros	6
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1 Etapas do experimento	9
3.1.1 Etapa I - Casa de vegetação	9
3.1.2 Etapa II – Campo	9
3.2 Localização e caracterização da área experimental	9
3.3 Caracterização física e hídrica dos solos	10
3.3.1 Capacidade de campo (CC), Umidade de Murcha Permanente (UMP) e Água Disponível (Ad)	10
3.3.2 Densidade Global (ds), Densidade da Partícula (dp), Granulometria, Porosidade Total, Argila Dispersa, Condutividade Hidráulica e Grau de Flocculação	10
3.3.3 Curva de Retenção de água no solo	11
3.4 Delineamento estatístico	11
3.5 Confecção dos Tensiômetros	11
3.6 Montagem e preenchimento das colunas com material de solo e preparo dos tensiômetros	13
3.6.1 Etapa I - Casa de vegetação	13
3.6.2 Etapa II – Campo	16
3.7 Análise estatística	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	19
4.1 Granulometria	19

4.2 Densidade da partícula e densidade do solo	20
4.3 Porosidade	20
4.4 Condutividade hidráulica	21
4.5 Água disponível	21
4.6 Retenção de água nos solos	23
5. CONCLUSÕES	29
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Densidade da partícula (Dp), Densidade do solo (Dg), porosidade total, granulometria e condutividade hidráulica e classe textural para os solos Neossolo Quartzarênico- NQ, Latossolo Amarelo – LA e Latossolo Coeso – LC do município de Santa Rita – PB, 2004.....	19
Tabela 2. Argila total, grau de flocculação dos solos Neossolo Quartzarênico- NQ, Latossolo Amarelo – LA e Latossolo Coeso – LC do município de Santa Rita – PB, 2004	19
Tabela 3. Volume de água disponível para as profundidades de 0 - 30 cm e de 30 - 60 cm nas tensões de -0,1 e 0,33 bar para os solos, Neossolo Quartzarênico- NQ, Latossolo Amarelo – LA e Latossolo Coeso – LC do município de Santa Rita – PB, 2004.....	22
Tabela 4. Resumo da ANOVA para os fatores tensão (cm Hg) e para os solos Neossolo Quartzarênico (NQ), Latossolo Amarelo (LA) e o Latossolo Coeso (LC) para amostras retiradas na casa de vegetação e em campo nas profundidades de 0-30 cm e de 30-60 m, nos solos do município de Santa Rita – PB, 2004.....	23
Tabela 5. Resumo de ANOVA e médias para a interação Ts x S, referentes aos Neossolo Quartzarênico (NQ), Latossolo Amarelo (LA) e o Latossolo Coeso (LC) para amostras retiradas em casa de vegetação e em campo nas profundidades de 0-30 cm e de 30-60 m nos solos do município de Santa Rita – PB, 2004.....	24
Tabela 6. Modelos matemáticos obtidos segundo estudos de regressão para umidade na base de massa em função das tensões para o Neossolo Quartzarênico (NQ), Latossolo Amarelo (LA) e o Latossolo Coeso (LC), nas amostras retiradas na casa de vegetação e em campo nas profundidades de 0-30 cm. e de 30-60 m, solos do município de Santa Rita – PB, 2004	25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista dos tensiômetros após confecção e instalação nas colunas.....	12
Figura 2. Esquema ilustrativo da montagem das colunas utilizadas na etapa de casa de vegetação.....	14
Figura 3. Colunas em casa de vegetação para monitoramento.....	14
Figura 4. Esquema ilustrativo da área em campo com as baterias de tensiômetros instaladas.....	17
Figura 5. Bateria de tensiômetros em campo para monitoramento.....	17
Figura 6. Umidade na base de massa em função da tensão para o solo Neossolo Quartzarênico 30 cm e 60 cm de profundidade.....	26
Figura 7. Umidade na base de massa em função da tensão para o Latossolo Amarelo 30 cm e 60 cm de profundidade.....	27
Figura 8. Umidade na base de massa em função da tensão o solo Latossolo Coeso 30 cm e 60 cm de profundidade.....	28

1. INTRODUÇÃO

Os solos dos Tabuleiros Costeiros estão distribuídos ao longo da costa brasileira, ocupando uma faixa de largura variável, que vai do Estado do Amapá ao Rio de Janeiro, e mesmo ainda, entrando e continuando nas baixadas amazônicas, sendo originados de sedimentos do Grupo Barreiras. Estima-se que os solos de Tabuleiros Costeiros ocupem cerca de 200.000 km², isto é, 20 milhões de hectares (Jacomine, 1996).

Nos tabuleiros costeiros, estão localizadas as áreas de maior antropização do Nordeste, bem como as áreas de uso agrícola mais intensificado, exploradas desde a época do Descobrimento; inicialmente por meio do extrativismo e, em seguida, pelas monoculturas da cana-de-açúcar, coco, cacau e citros, pelos plantios de grãos e pastagens (Tavares & Silva Junior, 2005).

O cultivo do solo é responsável por modificações que ocorrem nos atributos físicos, especialmente na estrutura devido ao manejo adotado. Entretanto o cultivo intensivo pode causar a degradação dos solos alterando assim a retenção de água, reduzindo a produtividade e aumentando custos (Brady 1989).

O conhecimento da retenção de água no solo torna-se muito importante quando se trata do seu manejo. A relação entre potencial mátrico e umidade do solo favorece a avaliação rápida e precisa da disponibilidade de água do solo para as plantas cultivadas (Freire, 1975; Centurion et al., 1997).

As partículas sólidas do solo atraem a água presente no meio, sendo que as primeiras películas são retidas a altas tensões. Com o espessamento da película de água, as forças de atração entre a água e sólidos diminuem até que, a determinada distância, estas forças deixam de atuar, facilitando a remoção da água. Reichardt (1988), considera o solo como um reservatório de água para as plantas, e que todas as práticas de manejo de água em agricultura visam à manutenção dos níveis ideais para o desenvolvimento das culturas.

O manejo da irrigação constitui uma técnica muito importante do ponto de vista econômico e ambiental numa atividade agrícola. Através do manejo adequado da irrigação, pode-se economizar água, energia, aumentar a produtividade da cultura e melhorar a qualidade do produto. Para isso se faz necessário um controle

rigoroso na aplicação de água, sabendo o momento e quantidade correta, para não haver desperdícios nem falta de água no desenvolvimento da cultura.

Um dos métodos mais difundidos para a determinação da disponibilidade de água no solo que auxilia no controle da agricultura irrigada emprega tensiômetros, que são instrumentos para medir o potencial mátrico do solo, parâmetro que está relacionado com a quantidade de água disponível no solo para as plantas, sendo uma das melhores relações custo/benefício (Allen et al., 1998).

Este trabalho teve como objetivo a caracterização da capacidade de retenção e disponibilidade de água para as plantas em três solos de tabuleiro costeiro no Estado da Paraíba.

2 . REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Os Tabuleiros Costeiros

Os baixos platôs costeiros, também denominados tabuleiros costeiros correspondem a 5,92% da região Nordeste, são superfícies relacionadas aos sedimentos do Grupo Barreiras -Terciário Superior, sempre acompanhando o litoral.

Trata-se de uma vasta planície com elevação de 30 a 200m acima do nível do mar e compreende elevações formadas por sedimentos terciários, que apresentam entalhamento variável, ora com vales estreitos e encostas abruptas, ora abertos com encostas suaves e fundas com amplas várzeas. De modo geral, os solos são profundos e de baixa fertilidade natural. A precipitação anual média oscila entre 500 e 1.500 mm. As temperaturas anuais médias giram em torno de 26°C (EMBRAPA, 1994; Tavares & Silva Junior, 2005).

Segundo dados constantes do plano diretor da Embrapa Tabuleiros Costeiros (1994) essas áreas, que correspondem a aproximadamente 8,5 milhões de hectares, contribuem, respectivamente, com 26,4 e 38% do PIB gerado pela cultura da cana-de-açúcar, fruticultura e pecuária, atividades responsáveis pela geração de emprego e renda nos Estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará.

Este grande ecossistema dos tabuleiros costeiros está relacionado aos seguintes aspectos: situado na faixa úmida costeira, sem os problemas de secas periódicas e prolongada que ocorrem nas zonas de sertão e agreste; localiza-se perto dos grandes centros consumidores com boa rede viária favorecendo rapidamente o escoamento da produção agrícola e por apresentar solos profundos que se distribuem em áreas de relevo plano ou suavemente ondulado, favorecendo a mecanização agrícola.

Os solos predominantes são os latossolos onde se destacam os amarelos, que apresentam em condições naturais o caráter coeso, ou seja, presença de horizonte(s) de consistência dura ou muito dura quando seco, e geralmente friável quando úmidos e os argissolos onde as maiores extensões são encontradas nos Estados da Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro (Jacomine, 2001).

A presença de horizontes coesos nos tabuleiros costeiros é uma das limitações do meio físico à obtenção de elevada produtividade que, por seu elevado grau de adensamento, dificulta a infiltração e condução de água no perfil do solo, promove alterações na aeração e impede o aprofundamento do sistema radicular, concentrando-o na camada superficial do solo. Tendo em vista a importância da conservação do solo e conseqüentemente de suas propriedades físicas isto têm uma relação direta com a retenção de água em função dos espaços porosos, porque mais importante que a porosidade total é a distribuição do tamanho dos poros Prevedello (1996).

2.2 Características físicas e hídricas dos solos

A Caracterização física e hídrica dos solos é de fundamental importância para um manejo correto de cultivo do solo, dentro das mesmas estão: a textura do solo, taxa de infiltração, condutividade hidráulica do solo, densidade das partículas, densidade solo, porosidade total, capacidade de campo (CC), umidade de murcha permanente (UMP) e água disponível (EMBRAPA, 1997).

A densidade do solo é uma propriedade física de grande importância para a verificação da condição estrutural, compactação e manejo do solo (Cirino 1996), parâmetro que não é constante, variando com a textura do solo e, tende a aumentar com a profundidade, em virtude do maior adensamento, menor agregação e diminuição da matéria orgânica das camadas inferiores (Prevedello, 1996).

Ao estudar diferentes solos Leite (1979), encontrou que a porosidade total nos solos argilosos é superior aos solos arenosos e que os argilosos tem alta capacidade de retenção de água e baixa permeabilidade devido à presença de grande quantidade de poros pequenos.

A porosidade total corresponde à soma das porcentagens de poros assim representados: macroporos, com diâmetro superior $100\mu\text{m}$; mesoporos, com diâmetro de $30\text{-}100\mu\text{m}$ e microporos, com diâmetro inferior a $30\mu\text{m}$ (Koorevaar, 1983 citado por Cintra, 1997). Prevedello (1996) ressalta que os diversos processos de transporte que ocorrem nos poros estão relacionados ao tamanho dos mesmos, os macroporos, por exemplo, são mais importantes para a drenagem da água do solo após a ocorrência de forte chuva ou inundações. Quando a água contida nos

macroporos é drenada, os mesoporos ganham importância na redistribuição da água, sem haver uma diferenciação nítida nessa passagem.

O conhecimento da capacidade de campo (CC) e da umidade de murcha permanente (UMP) para os solos é de fundamental importância para as pesquisas desenvolvidas com seguimentos em irrigação, erosão, hidrologia e drenagem (Medina & Oliveira 1987; Ramirez & Lopes 1993). A água disponível está diretamente ligada à capacidade de campo e umidade de murcha permanente, sua determinação ou quantificação para os solos explorados através da agricultura tem como objetivo o fornecimento adequado da água durante todo o ciclo, sendo reposta através da lâmina de irrigação (Carvalho, 2000).

A maioria dos estudos sobre a dinâmica da água no solo tem contribuído para consolidar a tese de que a água disponível para as plantas está relacionada aos seus diferentes estados de energia e deve ser vista dentro de um conceito biofísico, onde estão envolvidos a planta com toda a sua parte aérea, sistema radicular e as condições de fornecimento de água via precipitação pluvial ou irrigação, além de todas as características físicas do solo que, interferem nos fatores físicos de crescimento como potencial e conteúdo de água no solo, aeração, resistência à penetração das raízes e temperatura do solo (Fonseca, 2003).

A Condutividade hidráulica é o coeficiente de proporcionalidade da equação de Darcy e expressa a capacidade de transmissão de água no solo, é uma propriedade que depende das características do solo, especificamente do sistema poroso (porosidade total, distribuição do tamanho dos poros) e das características do fluido (densidade e viscosidade) (Carvalho 2000).

Andrade (1997), afirma que solos que apresentam semelhança quanto à geometria dos poros não têm necessariamente propriedades hidráulicas idênticas além da textura, outras variáveis do solo afetam a condutividade, tais como: estrutura do solo, porosidade e principalmente o tamanho dos poros, o que permite que solos arenosos apresentem maiores valores de condutividade hidráulica, em condições de saturação, que os solos de texturas mais finas.

2.3 A cultura da cana-de-açúcar

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, com uma produção de 338 milhões de toneladas, conforme (ICIDCA, 1999). Em 2000, a produção

nacional numa área cultivada de 4,8 milhões de hectares, foi de 326,12 milhões de toneladas, que gerou uma receita de 6,65 bilhões de reais. A região Sudeste detém primeiro lugar no País, com uma produção de 217,21 milhões de toneladas, seguida pela Região Nordeste, com 58,86 milhões de toneladas (IBGE, 2000).

A Paraíba ocupa a sexta posição no cenário nacional, produzindo 8,9 milhões de toneladas, o que lhe confere uma receita anual de 120 milhões de reais. Com esta cifra, a cana-de-açúcar é o produto, dentro da agropecuária, mais importante do Estado, seguido de: bovinos (44 milhões de reais), feijão em grão (18 milhões de reais), aves (18 milhões de reais), banana (17 milhões de reais), milho em grão (13 milhões de reais), abacaxi 10 (milhões de reais) e inhame (10 milhões de reais) (IBGE, 1996).

A produtividade da cana-de-açúcar na Paraíba é a mais baixa entre os oito maiores Estados produtores: Mato Grosso (96,5 t/ha), Goiás (73,4 t/ha), São Paulo (72,9 t/ha), Paraná (73,4), Minas Gerais (56,9 t/ha), Alagoas (55,7 t/ha), Pernambuco (43,3 t/ha) e Paraíba (41,2 t/ha). Os principais fatores da baixa produtividade no Estado são o empobrecimento dos solos e o manejo incorreto da irrigação. Esses fatores apontam para uma política de pesquisa com adubação e irrigação da cultura, visando resultados diretos, como o aumento da produtividade e rendimento de açúcar e/ou álcool e como efeito indireto, diminuição da área plantada, minimizando custos de transporte, insumos, plantio, tratamentos culturais e liberação de área para diversificação de culturas e preservação.

2.4 Manejo da irrigação e o uso de tensiômetros

O manejo da irrigação constitui uma técnica muito importante do ponto de vista econômico e ambiental numa atividade agrícola; realizada adequadamente a irrigação, economiza água, energia, aumenta a produtividade da cultura e melhora a qualidade do produto. O déficit de água pode reduzir a produção e/ou a qualidade do produto, enquanto o excesso de irrigação, além das perdas de água e energia, contribui para a lixiviação dos nutrientes e agroquímicos (inseticidas, herbicidas e fertilizantes) para as camadas inferiores do solo ou até mesmo atingindo o lençol freático (A. Neto, 1996).

Portanto se faz necessário um controle rigoroso na aplicação de água, sabendo-se o momento e quantidade correta, para não haver desperdícios e nem a

falta de água no desenvolver da cultura. O manejo correto da irrigação para obtenção de uma produtividade viável economicamente, seria, aquele em que se aplica água no solo no momento oportuno e em quantidades suficientes para suprir as necessidades hídricas do vegetal. Para que isto ocorra, há necessidade do uso de métodos de campo que determinem direta ou indiretamente a disponibilidade de água no solo. Um dos métodos mais difundidos para o controle da agricultura irrigada emprega tensiômetros, que são instrumentos para medir o potencial mátrico do solo, parâmetro que está relacionado com a quantidade de água disponível no solo para as plantas, sendo uma das melhores relações custo/benefício (Allen et al. 1998).

O tensiômetro mede o componente matricial do potencial de água no solo, geralmente conhecido na prática, como a tensão de água no solo. Esses valores podem ser expressos nas seguintes unidades: centibar (cbar), atmosfera (atm), quilopascal (kPa), metro ou centímetro de coluna d'água (cm.H₂O), centímetro ou milímetro de coluna de mercúrio (mm.Hg). O tensiômetro tem potencialmente uma grande limitação, devido à sua faixa de atuação, comparada com os valores do limite superior e inferior de água no solo, -10 kPa e -1500 kPa para capacidade de campo e umidade de murcha permanente, respectivamente. O tensiômetro funciona bem até -80 kPa, ou seja, correspondente a uma faixa elevada de umidade no solo. A faixa do potencial matricial que é coberta pelo tensiômetro, constitui a faixa de interesse do manejo de irrigação para a maioria dos solos agrícolas (-10 a -80kPa).

Uma das questões básicas com relação ao emprego de tensiômetros é a quantidade e localização dos mesmos no campo. Saad & Libardi (1992), recomendam pelo menos uma bateria por cultivo em um terreno plano e ao menos três baterias para terrenos com declividade: uma no topo, uma no ponto intermediário e outra na parte mais baixa do terreno.

O uso dos tensiômetros permite obter o momento correto de irrigar. Para determinar as lâminas de irrigação e os turnos de rega, é necessário conhecer outros parâmetros, como a curva de retenção de água do solo, a profundidade do sistema radicular e a evapotranspiração da cultura (Azevedo & Miranda, 1996). A maior importância da determinação da curva característica de retenção de umidade é que se permite fazer uma estimativa rápida e eficiente da disponibilidade de água no solo, quando este é submetido a diferentes tensões, daí a denominação curva característica de retenção de umidade (Reichardt, 1975).

Carvalho et al. (1999), Dias Júnior & Estanislau (1999) estudando vários solos, verificaram que a retenção de água foi positivamente influenciada pelo teor de argila em solos cultivados com feijão e que em solos sob mata, a retenção de água em diferentes profundidades, mostrou-se dependente do teor de matéria orgânica, quando esta variou de 8 a 68 g.kg⁻¹. Neste sentido Reichardt (1987) afirma que a textura é o principal determinante da retenção de água, por atuar diretamente na área de contato entre as partículas sólidas e da água.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Etapas do experimento

O trabalho constou de duas etapas em que foram estudados os efeitos de diferentes tensões em três solos diferentes. Na Etapa I, foi estudado o efeito das diferentes tensões (11, 24, 36, 48, 61 e 75 kPa) sobre a retenção de umidade para os solos (Neossolo Quartzarênico, Latossolo Amarelo e o Latossolo coeso) usando-se de tensiometria, em casa de vegetação.

Na Etapa II foram avaliadas as mesmas tensões nos mesmos solos em condições de campo.

3.1.1 Etapa I - Casa de vegetação

O experimento foi conduzido na casa de vegetação do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco Campus Dois Irmão, no período de 02 de agosto de 2004 a 28 de janeiro de 2005.

3.1.2 Etapa II – Campo

O experimento de campo foi conduzido em três áreas pertencentes à Destilaria Japungú, localizada no município de Santa Rita - PB, cujas coordenadas geográficas são de 7° 08' 40 "de latitude Sul e 34° 59' 02" de longitude Oeste do meridiano de Greenwich, no período de 10 de novembro de 2004 a 05 de março de 2005.

3.2 Localização e caracterização da área experimental

O material de solo utilizado foi proveniente dos tabuleiros costeiros pertencentes à Destilaria Japungú, localizada no município de Santa Rita - PB, cujas coordenadas geográficas são de 7° 08' 40 "de latitude Sul e 34° 59' 02" de longitude Oeste do meridiano de Greenwich e altitude de 13m. A temperatura diária varia de

18 a 36°C, à sombra. A média de precipitação é de 1.472,6 mm nos últimos 79 anos (1911/1990), segundo dados obtidos na UFPB.

3.3 Caracterização física e hídrica dos solos

Foram coletados três tipos de solos provenientes de áreas distintas levando-se em consideração diferentes teores de argila e em duas profundidades (0 – 30cm) e (30 – 60cm) estes foram classificados como Neossolo Quartzarênico (NQ), Latossolo Amarelo (LA) e o Latossolo Coeso (LC) segundo metodologia proposta pela Embrapa (EMBRAPA, 1997).

Os materiais de solos estudados foram analisados no Laboratório de Física de Solos do DEPA/UFRPE e caracterizados fisicamente, por meio da: capacidade de campo, umidade de murcha permanente, água disponível, densidade global, densidade das partículas, granulométrica, porosidade total, argila dispersa em água, grau de flocculação e condutividade hidráulica.

3.3.1 Capacidade de campo (CC), umidade de murcha permanente (UMA) e água disponível (Ad)

O cálculo da capacidade de campo foi determinado considerando-se, como capacidade de campo, a umidade do solo correspondente às tensões de (-,01 e - 0,33 bar) e, como umidade de murcha permanente, a umidade correspondente à tensão de (15 bar) e a água disponível foi determinada pela diferença entre a capacidade de campo e a umidade de murcha permanente.

3.3.2 Densidade Global (ds), Densidade da partícula (dp), Granulometria, Porosidade Total, Argila Dispersa, Condutividade Hidráulica e Grau de Flocculação

Utilizaram-se 4 amostras de solo com estrutura deformada, coletadas nas profundidades de 0 – 30 cm e de 30- 60 cm com base em metodologia descrita no manual de métodos de análises físicas da EMBRAPA (Embrapa, 1997).

3.3.3 Curva de retenção de água no solo

A curva característica de umidade, também conhecida como curva de retenção de água, possui notável importância teórica e prática, em especial para o conhecimento das relações solo-água-plantas, assim como, para as características físicas do solo. A Sociedade Americana de Ciência do Solo conceitua curva característica de umidade como a relação entre o conteúdo de água do solo (em peso ou volume) versus a tensão ou pressão aplicada.

Existem vários métodos para elaboração das curvas características de retenção de água. Neste trabalho foi utilizado o funil de Buckner nas tensões de (0,1; 0,3; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 5,0; 7,5; 10 kPa) e o extrator de Richards nas tensões (10; 30; 50; 100; 250; 500; 800; 1500 kPa) juntamente com o funil de placa porosa para obtenção da curva característica dentro da faixa de operação dos tensiômetros que vai de -10kPa a -80kPa. Para estas determinações foram retiradas nos solos estudados três amostras em cada profundidade (0 – 30cm; 30 – 60cm) em estruturas deformadas totalizando 18 amostras dos materiais solos.

3.4 Delineamento estatístico

Utilizou-se um arranjo fatorial do tipo 6 x 3, num delineamento experimental inteiramente casualizado na etapa I e na etapa II em blocos ao acaso, cujos fatores representados por seis tensões (11, 24, 36, 48, 61 e 75 kPa) e três tipos de solo (Neossolo Quartzarênico, Latossolo Amarelo e o Latossolo coeso) e duas profundidades: 30 e 60cm avaliadas separadamente com quatro repetições.

3.5 Confeção dos tensiômetros

Os tensiômetros utilizados foram construídos baseando-se nos comerciais, com o mesmo princípio de funcionamento.

Materiais utilizados:

1. Tubo de PVC de 20 mm de diâmetro cortados em pedaços de 10, 40 e 70 cm
2. “T” hidráulico com rosca de 20mm de diâmetro;
3. Nipe de PVC de 20 mm de diâmetro com rosca e tampa;

4. Cola rápida para fixação da cápsula ao tubo de PVC;
5. Bujão de PVC de 20mm de diâmetro;
6. Borracha de vedação;
7. Espaguete com 2,5 m de comprimento e 2mm de diâmetro;
8. Cápsula porosa de 1 cm de diâmetro por 7 cm de comprimento;
9. Fita métrica em 100 cm;
10. Madeira com 150 cm de comprimento por 10 cm de largura;
11. Recipiente de 2,5 cm de diâmetro por 10 cm de comprimento;
12. 150 g de mercúrio;
13. Abraçadeira.

Aos tubos de PVC de 20mm de diâmetro, com 40 e 70 cm de comprimento foram acopladas as cápsulas porosas em uma das extremidades e na outra o “T” hidráulico. Na abertura lateral do “T” acopla-se o bujão rosqueado juntamente com o espaguete interligando a cápsula ao recipiente contendo o mercúrio. Na abertura superior do “T” coloca-se um pedaço de cano com 10 cm de comprimento no qual coloca-se o niple com rosca e tampa, na parte interna do niple coloca-se uma borracha para vedação de 18mm de diâmetro.

Com a madeira de 150 cm de comprimento é confeccionada a régua colando a fita métrica; na extremidade inferior da régua (20 cm acima do solo) é fixado o recipiente contendo o mercúrio (Figura 1).



Figura 1. Vista dos tensiômetros após confecção e instalação nas colunas

3.6 Montagem e preenchimento das colunas com material de solo e preparo dos tensiômetros

3.6.1 Etapa I: – Casa de vegetação

A etapa na casa de vegetação constou da montagem de 12 colunas de PVC, com diâmetro de 20 cm e comprimento de 90 cm (Figura 3).

As extremidades inferiores das colunas foram fechadas por um CAP contendo um dreno no mesmo.

As colunas foram preenchidas com os mesmos solos retirados próximo à unidade experimental de campo, respeitando-se as camadas estudadas. Após a coleta, o material foi seco ao ar, destorroado e passado em peneira de 0,4 cm. O preenchimento das colunas foi realizado mediante um cálculo prévio do volume de cada solo a ser utilizado, tentando representar as camadas dos solos nas profundidades (0 – 30cm e 30 – 60cm) de forma a se obter a mesma densidade global dos respectivos solos em campo. Durante o preenchimento das colunas, foram instalados dois tensiômetros, um a 30 cm e outro a 60cm de profundidade.

Os tensiômetros utilizados foram confeccionados com tubo plástico de PVC comercial de 0,2 cm de diâmetro, 40cm e 70cm de comprimento que foram instalados a 30cm e 60cm de profundidade respectivamente, na extremidade inferior foram instaladas cápsulas porosas de 1 cm de diâmetro e 7 cm de comprimento fechados hermeticamente e na extremidade superior do tensiômetro, para obtenção das tensões em kPa, adaptou-se um capilar de 0,0002 cm de diâmetro ligados a uma escala com fita graduada em centímetros, na qual foi adaptado um recipiente (cubeta) contendo mercúrio (Figura 2).

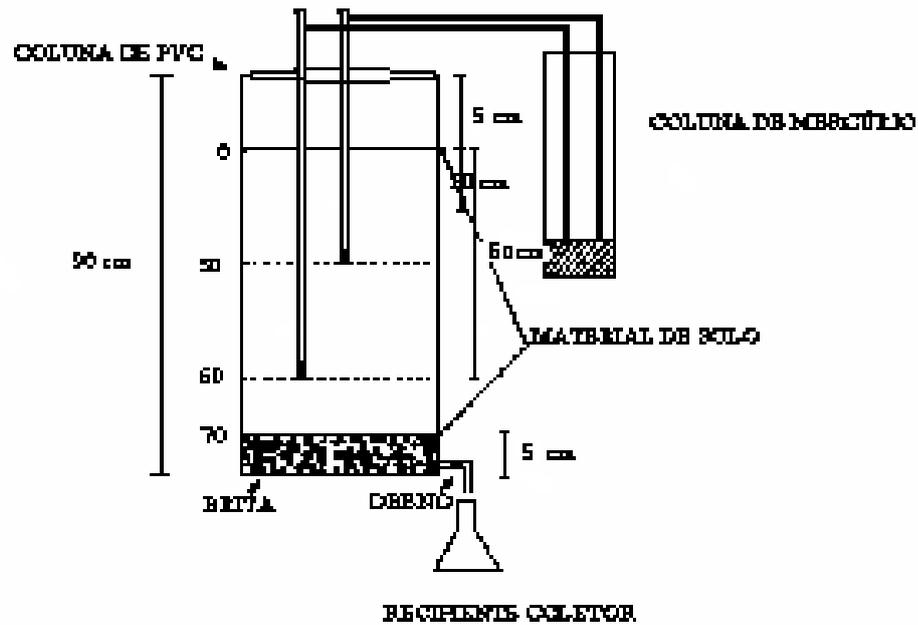


Figura 2. Esquema ilustrativo da montagem das colunas utilizadas na etapa de casa de vegetação



Figura 3: Colunas em casa de vegetação para monitoramento.

Segundo Hillel, (1998) para que os tensiômetros apresentem desempenho satisfatório é indispensável observar uma série de cuidados e procedimentos simples no preparo, instalação, operação, manutenção e armazenamento.

Antes de serem levados a campo, os tensiômetros foram preparados da seguinte forma:

- I. Removeu-se a tampa e preencheu-se com água destilada, fervida e fria;
- II. Os tensiômetros foram colocados em um recipiente com água por um período de 2-4 dias, de modo que a cápsula fique submersa. O nível da água dentro do tensiômetro foi mantido acima do nível da água no recipiente;
- III. Com auxílio de uma bomba de vácuo acoplada ao tensiômetro, succionou-se a água através da cápsula até cessar a subida de bolhas de ar. Uma seringa do tipo hospitalar (25 ml) foi utilizada para promover vácuo;
- IV. Completou-se o tubo com água e fechou-se a tampa;
- V. Retirou-se o tensiômetro do recipiente e pendurou-se ao ar livre para que a água evapore através da cápsula. Para acelerar o processo, foi usado um ventilador;
- VI. Quando o manômetro indicou 50 kPa, a cápsula foi submersa em água.

Após a montagem das colunas, as mesmas foram umedecidas por capilaridade de modo a elevar a umidade do solo até a capacidade de “recipiente”, ou seja, da coluna. Em seguida, plantaram-se cinco sementes de sorgo forrageiro, após 15 dias foi feito o desbaste eliminando as duas plantas menos desenvolvidas. A irrigação para essa etapa do experimento foi feita diariamente com a finalidade de manter a umidade da coluna de solo na capacidade de campo baseadas nos valores de umidade provenientes das leituras dos tensiômetros.

Dois meses após o plantio, tendo o sorgo desenvolvido bastante sua parte aérea e seu sistema radicular, foi suspensa a irrigação e dado início ao monitoramento das leituras através da escala de mercúrio, onde se procurou padronizar as retiradas das amostras quando as leituras nas escalas atingissem 10; 20; 30; 40; 50; 60 cm de mercúrio para as profundidades de 30 e 60cm.

As amostras foram retiradas próximo às cápsulas, com o auxílio de um trado de ferro confeccionado utilizando os princípios da metodologia de Moura (2000), com as dimensões de 32mm de diâmetro por 100cm de comprimento com duas aberturas laterais de 7cm de comprimento cada, com espaçamento entre elas de 5cm, para facilitar a retirada da amostra do mesmo. Para cada amostra retirada foi recolocado solo referente à profundidade de coleta e umedecida com o objetivo de deixar a

massa de solo com a mesma umidade. Essas amostras uma vez retiradas foram colocadas em latas de alumínio com tampa e peso conhecido; levadas para o laboratório foram submetidas a pesagens para obtenção do peso do solo úmido (PSU) e logo em seguida colocadas abertas na estufa a 105°C por 24 horas, após o tempo de estufa retirou-se às latas e foram pesadas novamente para conhecermos o peso do solo seco (PSS), com os pesos conhecidos tornou-se possível a determinação da umidade na base de massa ($\Theta_m = \frac{PSU - PSS}{PSS} \cdot 100$ (%)) das mesmas. Para cada valor de umidade tem uma tensão ou potencial mátrico do solo correspondente em (bar), obtida através da fórmula abaixo descrita:

A tensão de água no solo para cada leitura foi calculada segundo a fórmula:

$$T_s = \frac{12.6h - h_1 - h_2}{1020}$$

Onde:

- (Ts) Tensão de água no solo (bar);
- (h) Altura da coluna de mercúrio (cm);
- (h₁) Altura do nível do mercúrio no recipiente ao solo (cm);
- (h₂) Profundidade de instalação do tensiômetro (cm).
- A altura do nível de mercúrio no recipiente ao solo foi padronizada em 20cm para as colunas.

3.6.2 Etapa II: - Campo

As unidades experimentais em campo foram formadas por três fileiras de plantas (cana-de-açúcar), com comprimento de 5 m e largura de 4,20 m, com espaçamento entre sulco de 1,10m e 1m de bordadura em cada lado para cada fazenda. Foram instaladas quatro baterias de tensiômetros, confeccionados igual aos utilizados na casa de vegetação, cada bateria contendo dois tensiômetros nas profundidades de (30 e 60cm), as mesmas foi instalada a 1 m de distância uma da outra e na mesma linha de cultivo, ficando meio metro de bordadura em cada lado conforme figura abaixo.

As instalações dos tensiômetros foram feitas através do auxílio de um trado de 40mm de diâmetro por 100cm de comprimento nas profundidades de 30 e 60cm.

Após a instalação aguardou-se aproximadamente uma semana para que as cápsulas dos tensiômetros ficassem bem aderidas ao solo iniciando assim a calibração dos mesmos.

À medida que as plantas foram consumindo a água do solo, os tensiômetros foram atingindo as leituras através da escala de mercúrio, na qual procurou-se padronizar as retiradas das amostras quando as leituras nas escalas atingissem 10; 20; 30; 40; 50; 60 cm de coluna de mercúrio para ambas profundidades 30 e 60cm.

As amostras foram retiradas próximo às cápsulas das baterias experimentais, de forma idêntica as da casa de vegetação.

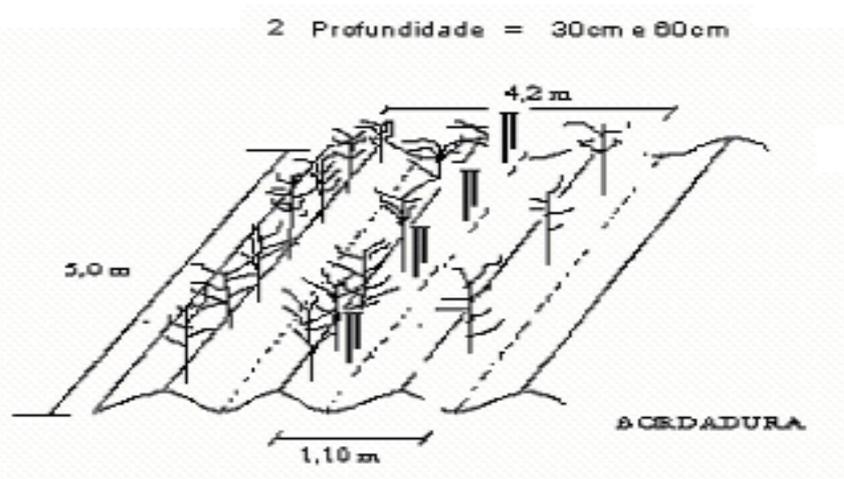


Figura 4: Esquema ilustrativo da área em campo com as baterias de tensiômetros instaladas.



Figura 5: Bateria de tensiômetros em campo para monitoramento.

3.7 Análise estatística

Os efeitos dos fatores “tensão”, “solos” sobre a retenção de umidade, foram interpretados por meio de análise de variância, teste “F” e regressão. Para o fator “tensão” realizou-se análise de regressão polinomial (linear e quadrática), por ser um fator quantitativo. Para o fator “solo”, por ser qualitativo, foi aplicado o teste de Tukey para comparação das médias, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa ESTAT.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Granulometria

Os solos estudados apresentaram classes texturais diferentes para os solos Neossolo Quartzarênico, Latossolo Amarelo e Latossolo Coeso nas profundidades estudadas (Tabela 1 e 2).

Tabela 1. Densidade da partícula (Dp), Densidade do solo (Dg), porosidade total, granulometria e condutividade hidráulica e classe textural para os solos Neossolo Quartzarênico- NQ, Latossolo Amarelo – LA e Latossolo Coeso – LC do município de Santa Rita – PB, 2004.

Prof. (cm)	Solo	Dg --(kg.dm ⁻³)--	Dp	Porosidade -----(%)-	Areia	Silte	Argila	Condutividade Hidráulica (cm/h)	Classe textural
0-30	NQ	1,5	2,5	42,2	91,8	1,5	6,7	58,4	Areia
	LA	1,4	2,6	47,2	81,8	2,2	16,1	20,3	Franco Arenoso
	LC	1,5	2,5	51,2	77,9	4,2	17,9	2,8	Franco Arenoso
30-60	NQ	1,4	2,6	44,4	90,3	0,5	9,2	77,2	Areia
	LA	1,3	2,5	47,9	74,9	1,5	23,6	15,4	Franco Argilo Arenoso
	LC	1,6	2,5	59,8	73,8	4,7	21,6	3,3	Franco Argilo Arenoso

Tabela 2. Argila total, grau de flocculação dos solos Neossolo Quartzarênico- NQ, Latossolo Amarelo – LA e Latossolo Coeso – LC do município de Santa Rita – PB, 2004.

Profundidade (cm)	Solo	Argila Total -----	Argila Dispersa H ₂ O -----(%)-	Grau de Flocculação -----
0 – 30	NQ	6,7	3,7	44,8
	LA	16,1	11,7	27,3
	LC	17,9	14,9	16,8
30 – 60	NQ	9,2	6,7	27,2
	LA	23,6	20,4	13,6
	LC	21,6	0	100

O Neossolo Quartzarênico apresentou textura arenosa para ambas profundidades (0 - 30 e 30 - 60cm) com mais de 90% de areia (Tabela 1). Os Latossolos apresentaram comportamento semelhante para as profundidades estudadas, textura Franco Arenoso para profundidade (0 – 30cm) e textura Franco Argilo Arenoso para profundidade (30 – 60cm). Embora os Latossolos apresentem semelhança entre seus valores de argila, ocorreu um diferencial no que diz respeito à concentração de silte. Segundo Brady (1989), a relação silte/argila indica o grau de intemperismo sofrido pelo solo nas regiões tropicais, ou seja, uma concentração elevada de silte indica solo jovem, não é o caso dos Latossolos, mas os teores de silte encontrados nas profundidades estudadas para o Latossolo Coeso foi superior a 4% tendendo a contribuir na melhoria dos atributos físicos para este solo.

O Neossolo Quartzarênico apesar do pequeno teor de argila natural presente na camada de 0 – 30 cm, seu grau de flocculação foi alto com relação aos outros.

4.2 Densidade da partícula e densidade do solo

Os resultados de densidade das partículas nos solos estudados não variaram com as profundidades, observando-se valores de 2,5 a 2,6 kg.dm⁻³ (Tabela 1).

A densidade do solo para o Neossolo Quartzarênico e para o Latossolo Amarelo apresentou pequena diferença de valores, variando de 1,3 a 1,5 (kg.dm⁻³) nas profundidades estudadas. O Latossolo Coeso apresentou valores de 1,5 a 1,6 (kg.dm⁻³) para as profundidades de 0 – 30 e 30 – 60 cm. Valores semelhantes foram encontrados por Fonseca (2003), trabalhando com solos de tabuleiro costeiro do Platô de Neópolis – SE.

4.3 Porosidade

Os valores da porosidade total para o Neossolo Quartzarênico e o Latossolo Amarelo foram de 42,2 e 47,2% e 44,4 e 47,9% para as profundidades de 0-30 cm e de 30-60 cm, respectivamente (Tabela 1). No Latossolo Coeso os valores observados aumentaram de 51,2 para 59,8% com o aumento da profundidade, esse comportamento se deu em função de um maior teor de argila para esse solo em relação aos encontrados no Neossolo Quartzarênico e no Latossolo Amarelo. O

maior teor de argila favoreceu o aumento da microporosidade resultando no aumento da porosidade total.

Soares Neto & Rezende (2000) estudando solos de caráter coeso no tabuleiro costeiro baiano observaram um acréscimo na porosidade de 40 para 45% com o aumento da profundidade. O monitoramento da porosidade total nas camadas superficiais é de fundamental importância para manutenção dos atributos físicos, visto que a diminuição espaço poros é o indicativo para medir o grau de degradação do solo nos tabuleiros Costeiros (Nascimento, 2001).

4.4 Condutividade hidráulica

A condutividade hidráulica dos solos estudados tem dependência direta com o tamanho dos poros, em condições de camadas arenosas, ocorre o predomínio de poros grandes, acelerando a drenagem, situação esta, encontrada para o Neossolo Quartzarênico com valores de 58,4cm/h para profundidade de 0 – 30cm e 77,2 cm/h para profundidade de 30 – 60cm. No Latossolo Amarelo e no Latossolo Coeso os valores foram de 20,5 e 2,8 cm/h e de 15,4 e 3,3 cm/h para as profundidades de 0 – 30 cm e de 30 – 60cm, respectivamente (Tabela 1). A diminuição da condutividade hidráulica observada com o aumento da profundidade deve-se ao incremento nos teores de argila e a degradação física promovida pelo caráter coeso. Resultados semelhantes foram encontrados por Miranda (1999), estudando a disponibilidade de água em solos da zona da mata e agreste do estado de Pernambuco.

4.5 Água disponível

A água disponível foi obtida para as tensões de – 0,1 bar e – 0,33 bar equivalentes à capacidade de campo (CC) e para tensão de – 15 bar equivalente a umidade de murcha permanente (PMP) (Tabela 3). Verifica-se que ao utilizar a tensão de – 0,33 bar ocorreu uma redução significativa na água disponível para os três solos estudados nas duas profundidades, portanto pode-se concluir que a tensão de -0,1 bar representa um maior teor de água disponível para os vegetais.

Tabela 3. Volume de água disponível para as profundidades de 0 - 30 cm e de 30 - 60 cm nas tensões de -0,1 e 0,33 bar para os solos, Neossolo Quartzarênico-NQ, Latossolo Amarelo – LA e Latossolo Coeso – LC do município de Santa Rita – PB, 2004.

Prof. (cm)	solo	PMP	CC	H ₂ O Disponível	CC	H ₂ O Disponível
		-----	(- 0,1 bar)	(- 0,1bar)	(- 0,33 bar)	(-0,33 bar)
		------(g/g)-----				
0 – 30	NQ	0,019	0,040	0,021	0,031	0,012
	LA	0,043	0,093	0,050	0,066	0,023
	LC	0,178	0,253	0,075	0,204	0,038
30 – 60	NQ	0,023	0,045	0,022	0,033	0,010
	LA	0,062	0,114	0,052	0,086	0,023
	LC	0,150	0,260	0,110	0,215	0,053

A variação na disponibilidade de água para o Latossolo coeso mostrou uma tendência de aumento com a profundidade, tendo uma relação direta com os maiores teores de argila encontrados neste solo (Tabela 3). Neto & Rezende(2000) estudando a retenção e disponibilidade de água em solos coesos dos tabuleiros costeiros no Estado da Bahia encontram na profundidade de 0 a 60 cm os maiores teores de argila e água disponível. Resultados semelhantes são também foram relatados por Portela (2001), trabalhando com retenção de água em um Latossolo coeso de tabuleiro costeiro de Cruz das Almas – BA.

Os menores valores de água disponível foram encontrados para o Neossolo Quartzarênico que apresentou menores teores de argila 6,7% para profundidade 0 – 30cm e 9,2% para profundidade 30 – 60 cm, valores esperados devido a textura e os maiores teores de areia conforme (Tabela 1).

4.6 Retenção de água nos solos

A retenção de água nos solos foi significativamente afetada ($p < 0,01$) em função das tensões (Ts) aplicadas. O mesmo efeito ($p < 0,01$) foi verificado para o fator solo (S) e para interação (TS x S) tanto para o método do extrator como para o método da casa de vegetação e o método do campo (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da ANOVA para os fatores tensão (cm Hg) e para os solos Neossolo Quartzarênico (NQ), Latossolo Amarelo (LA) e o Latossolo Coeso (LC) para amostras retiradas na casa de vegetação e em campo nas profundidades de 0-30 cm e de 30-60 m, nos solos do município de Santa Rita – PB, 2004.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios					
		θ_m					
		Extrator		Casa de Vegetação		Campo	
		30cm	60cm	30cm	60 cm	30cm	60cm
Tensão (cm Hg)	5	0,0021**	0,0022**	0,0062**	0,0076**	0,0027**	0,0050**
Reg. Pol. Linear	1						
Reg. Pol. Quadrática	1						
Desvio da Reg.	2						
				Tabela 5			
Solo (S)	2	0,1943**	0,2065**	0,2056**	0,2155**	0,1520**	0,1466**
Interação (Ts x S)	10	0,0003**	0,0002**	0,004**	0,0004**	0,0001**	0,0001**
Tratamentos	17	-	-	-	-	0,188	0,188
Blocos	3	-	-	-	-	0,0001**	0,0001**
Resíduo	54/51*	0,0000	0,0000	0,000	0,0001	0,0000	0,0000
CV (%)		2,76	4,52	4,27	9,77	4,50	3,57

* Grau de liberdade do resíduo para a análise de campo.

Mediante desdobramento da interação (Ts x S) (Tabela 6) verifica-se que os teores de umidade foram significativamente afetados em função da tensão nos três solos estudados, sendo o latossolo coeso o que apresentou os maiores teores de umidade em todas as tensões estudadas nas duas profundidades.

Tabela 5. Resumo de ANOVA e médias para a interação Ts x S, referentes aos Neossolo Quartzarênico (NQ), Latossolo Amarelo (LA) e o Latossolo Coeso (LC) para amostras retiradas em casa de vegetação e em campo nas profundidades de 0-30 cm e de 30-60 m nos solos do município de Santa Rita – PB, 2004.

Fontes de Variação	Variável					
	θm					
	Extrator		Casa de vegetação		Campo	
	30cm	60cm	30cm	60cm	30cm	60cm
QM						
Ts no NQ	0,0001**	0,0002**	0,0007**	0,0011**	0,0010**	0,0009**
Reg. Pol. Linear	0,0007**	0,0008**	0,0026**	0,0047**	0,0047**	0,0044**
Reg. Pol. Quadrática	0,0000*	0,0002**	0,0006**	0,0006**	0,0001**	0,0002**
Desvio da Reg.	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0001**	0,0001*	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}
Médias (g/g)						
T ₁	0,0397	0,0455	0,0568	0,0683	0,0628	0,0690
T ₂	0,0340	0,0340	0,0328	0,0440	0,0508	0,0535
T ₃	0,0295	0,0303	0,0303	0,0343	0,0398	0,0445
T ₄	0,0275	0,0285	0,0253	0,0338	0,0340	0,0403
T ₅	0,0258	0,0275	0,0223	0,0245	0,0248	0,0325
T ₆	0,0238	0,0263	0,0215	0,0228	0,0223	0,0273
QM						
Ts no LA	0,0004**	0,0006**	0,0022**	0,0037**	0,0004**	0,0022**
Reg. Pol. Linear	0,0017**	0,0025**	0,0105**	0,0147**	0,0018**	0,0110**
Reg. Pol. Quadrática	0,0003**	0,0004**	0,0005**	0,0024*	0,0000 ^{ns}	0,0002**
Desvio da Reg.	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}
Médias (g/g)						
T ₁	0,0837	0,1050	0,1190	0,1538	0,0768	0,1130
T ₂	0,0693	0,0885	0,0945	0,1015	0,0645	0,0958
T ₃	0,0638	0,0808	0,0815	0,0945	0,0613	0,0805
T ₄	0,0610	0,0768	0,0733	0,0832	0,0580	0,0685
T ₅	0,0588	0,0745	0,0605	0,0773	0,0545	0,0575
T ₆	0,0563	0,0725	0,0555	0,0673	0,0475	0,0508
QM						
Ts no LC	0,0021**	0,0019**	0,0041**	0,0035**	0,0016**	0,0020**
Reg. Pol. Linear	0,0088**	0,0079**	0,193**	0,168**	0,0080**	0,0100**
Reg. Pol. Quadrática	0,0012**	0,0013**	0,0010**	0,0004**	0,0001 ^{ns}	0,0002*
Desvio da Reg.	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0002**	0,0002 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
Médias (g/g)						
T ₁	0,2420	0,2500	0,2648	0,2673	0,2128	0,2270
T ₂	0,2095	0,2223	0,2263	0,2493	0,2015	0,2093
T ₃	0,1973	0,2108	0,2138	0,2190	0,1908	0,1973
T ₄	0,1908	0,1980	0,1968	0,2138	0,1835	0,1858
T ₅	0,1850	0,1960	0,1865	0,2030	0,1753	0,1730
T ₆	0,1795	0,1940	0,1758	0,1878	0,1553	0,1673
S dentro de Ts (10cmHg)	QM: 0,0450**	0,0447**	0,0456**	0,0399**	0,0275**	0,0266**
NQ	0,0397c	0,0443c	0,0568c	0,0683c	0,0628c	0,0690c
LA	0,0857b	0,1050b	0,1190b	0,1538b	0,0768b	0,1130b
LC	0,2420a	0,2500a	0,2648a	0,2673a	0,2128a	0,2270a
S dentro de Ts (20cmHg)	QM: 0,0345**	0,0375**	0,0391**	0,0448**	0,0278**	0,0278**
NQ	0,0340c	0,0340c	0,0328c	0,0440c	0,0508c	0,0535c
LA	0,0693b	0,0885b	0,0945b	0,1015b	0,0645b	0,0958b
LC	0,2095a	0,2223a	0,2263a	0,2493a	0,2015a	0,2143a
S dentro de Ts (30cmHg)	QM: 0,0314**	0,0347**	0,0359**	0,0355**	0,0267**	0,0256**
NQ	0,0295c	0,0303c	0,0303c	0,0343c	0,0398c	0,0445c
LA	0,0638b	0,0808b	0,0815b	0,0945b	0,0613b	0,0805b
LC	0,1973a	0,2108a	0,2138a	0,2190a	0,1908a	0,1975a
S dentro de Ts (40cmHg)	QM: 0,0297**	0,0305**	0,0313**	0,0346**	0,0258**	0,0238**
NQ	0,0275c	0,0285c	0,0253c	0,0338c	0,0340c	0,0403c
LA	0,0610b	0,0768b	0,0733b	0,0832b	0,0580b	0,0685b
LC	0,1908a	0,1980a	0,1968a	0,2138a	0,1835a	0,1858a
S dentro de Ts (50cmHg)	QM: 0,0283**	0,0302**	0,0295**	0,0336**	0,0254**	0,0225**
NQ	0,0258c	0,0275c	0,0253c	0,0245c	0,0248c	0,0325c
LA	0,0588b	0,0745b	0,0733b	0,0773b	0,0545b	0,0575b
LC	0,1850a	0,1960a	0,1968a	0,2030a	0,1753a	0,1730a
S dentro de Ts (60cmHg)	QM: 0,0270**	0,0300**	0,0263**	0,0290**	0,0198**	0,0225**
NQ	0,0238c	0,0263c	0,0223c	0,0268c	0,0223c	0,0273c
LA	0,0563b	0,0725b	0,0605b	0,0693b	0,0473b	0,0508b
LC	0,1795a	0,1940a	0,1865a	0,1878a	0,1548a	0,1673a

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Conforme estudos de regressão o modelo matemático que melhor se ajustou foi o quadrático decrescente (Tabela 6).

Com base nos valores de umidade observa-se que, com o aumento das tensões houve uma redução nos teores de umidade nos três solos estudados. Em virtude dos altos coeficientes de determinação (R^2) apresentados, variando de 0,90 a 0,99, constata-se alto grau de associação entre a o teor de umidade do solo e a tensão a que esta submetida.

Tabela 6. Modelos matemáticos obtidos segundo estudos de regressão para umidade na base de massa em função das tensões para o Neossolo Quartzarênico (NQ), Latossolo Amarelo (LA) e o Latossolo Coeso (LC), nas amostras retiradas na casa de vegetação e em campo nas profundidades de 0-30 cm. e de 30-60 m, solos do município de Santa Rita – PB, 2004.

Prof. (cm)	Solo	Extrator	Casa de vegetação	Campo
30	NQ	$Y=7E-06X^2-0,0008x+0,0471$ $R^2 = 0,90$	$Y=2E-05X^2-0,0021x+0,0725$ $R^2 = 0,93$	$Y=9E-06X^2-0,015X+0,0768$ $R^2=0,99$
	LA	$Y=1E-05X^2-0,014X+0,0951$ $R^2 = 0,97$	$Y=2E-05X^2-0,0026X+0,1385$ $R^2=0,932$	$Y=-0,0005x+0,0786$ $R^2=0,95$
	LC	$Y=3E-05X^2-0,0032X+0,2671$ $R^2 =0,97$	$Y=3E-05X^2-0,0035X+0,2934$ $R^2 =0,981$	$Y= 0,0011x + 0,224$ $R^2 =0,98$
60	NQ	$Y=1E-05X^2-0,0011X+0,0544$ $R^2 = 0,94$	$Y=2E-05X^2-0,0023X+0,0855$ $R^2 =0,95$	$Y=1E-5X^2-0,0015X+0,0815$ $R^2=0,987$
	LA	$Y=2E-05X^2-0,0018X+0,1196$ $R^2 =0,98$	$Y=4E-05X^2-0,0043X+0,1856$ $R^2 = 0,93$	$Y=-0,0013x + 0,1214$ $R^2 = 0,98$
	LC	$Y=3E-05X^2-0,0031x+0,2766$ $R^2 =0,99$	$Y=2E-05X^2-0,0027X+0,2923$ $R^2 =0,98$	$Y=-0,0012x + 0,2353$ $R^2 =0,98$

As curvas características representadas pelas médias de umidade (g/g) em função das tensões (kPa), para os solos Neossolo Quartzarênico, Latossolo Amarelo e o Latossolo Coeso, obtidas através dos métodos estudados, o extrator de Richards (como padrão), e tensiômetros em casa de vegetação e campo (Figuras 6, 7 e 8).

No Neossolo Quartzarênico observa-se que a umidade obtida em campo superou os valores de umidade obtidos em de casa de vegetação pelo método do extrator de Richards nas tensões de (11, 24, 36, 48, 61e 73 kPa) para as profundidades de 30 e 60 cm (Figura 6). Isto se deve a não modificação da estrutura do solo, já que em casa de vegetação trabalhou-se com amostra de solo desestruturada.

A redução nos teores de umidade entre as tensões de 11 a 73 (kPa) nas profundidades de 30 e 60 cm no Neossolo Quartzarênico deve-se a natureza arenosa do solo que teve sua textura classificada como areia (Tabela 1). Cintra

(2004) estudando um solo arenoso do Platô de Neópolis – SE, observou queda na umidade de 0,06 para 0,04 g/g quando submetido à tensão de 10 a 60 cmHg, respectivamente.

A partir da tensão 11 (kPa) tanto na profundidade de 30 quanto na de 60cm, ocorreu um comportamento diferenciado entre as os métodos estudados para retenção de água, o extrator (como padrão), tanto para as profundidades de 30 e de 60 cm apresentou uma diferença de 0,02 g/g de umidade de água e este valor foi menor que os obtidos em casa de vegetação e campo, a partir da tensão de 61 (kPa) as umidades foram semelhantes entre os métodos. Os teores de umidades obtidos em casa de vegetação a partir da tensão de 24 kPa mostrou-se semelhante aos obtidos no extrator.

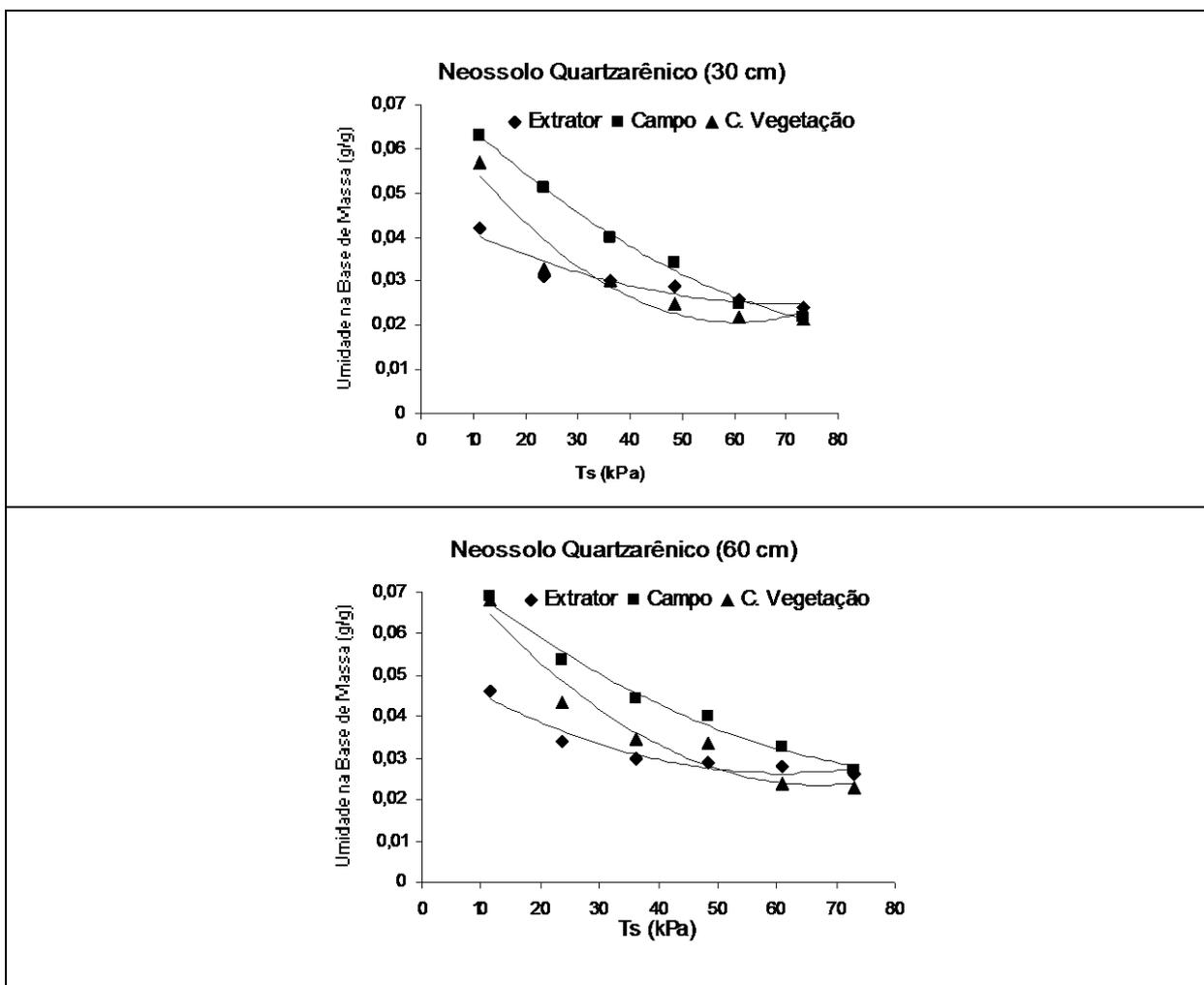


Figura 6. Umidade na base de massa em função da tensão para o solo Neossolo Quartzarênico 30 cm e 60 cm de profundidade.

Na profundidade de 60 cm correu um aumento de umidade em relação à profundidade de 30 cm na tensão de 11 kPa, este resultado é devido ao acréscimo do teor de argila que foi de 6,7% para 9,2% com o aumento da profundidade.

As curvas características para o Latossolo Amarelo nas profundidades de 30 cm e de 60 cm apresentaram comportamentos diferentes do Neossolo Quartzarênico, ou seja, os teores de umidade obtidas em casa de vegetação foram superiores aos do e aos valores obtidos no extrator os valores de umidade obtidos em casa de vegetação mantiveram-se superiores aos demais até a tensões de 48 e 36 (kPa) nas profundidades de 30 e 60 cm, respectivamente (Figura 7). Este comportamento se deve a textura e estrutura do solo.

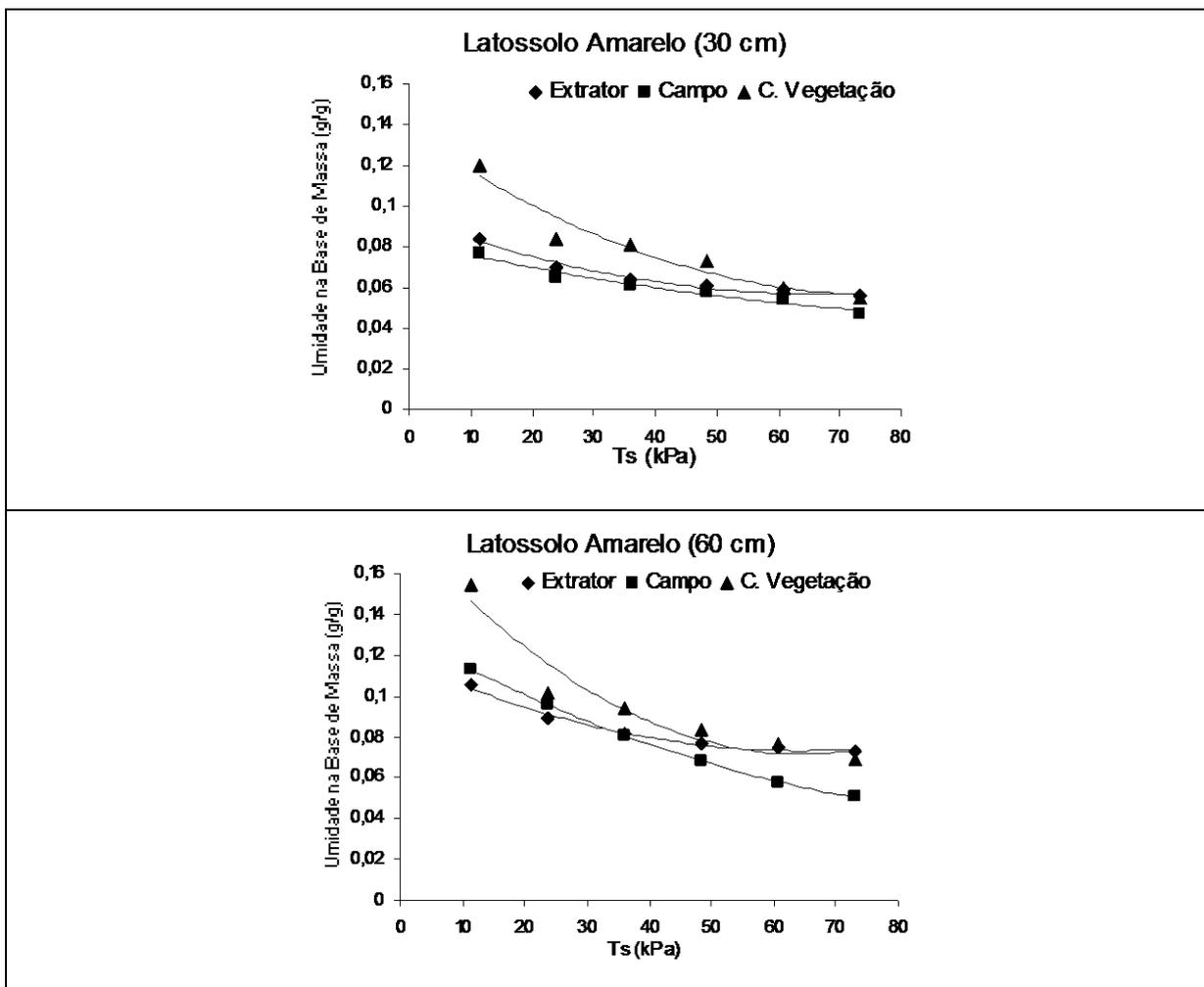


Figura 7. Umidade na base de massa em função da tensão para o Latossolo Amarelo 30 cm e 60 cm de profundidade.

As curvas características para o Latossolo Coeso nas profundidades de 30 e 60 cm apresentaram comportamentos semelhantes entre as profundidades estudadas, observa-se uma redução nos teores de umidade com o aumento das tensões (Figura 8). Este solo apresentou alto teor de argila influenciando diretamente no caráter coeso do solo.

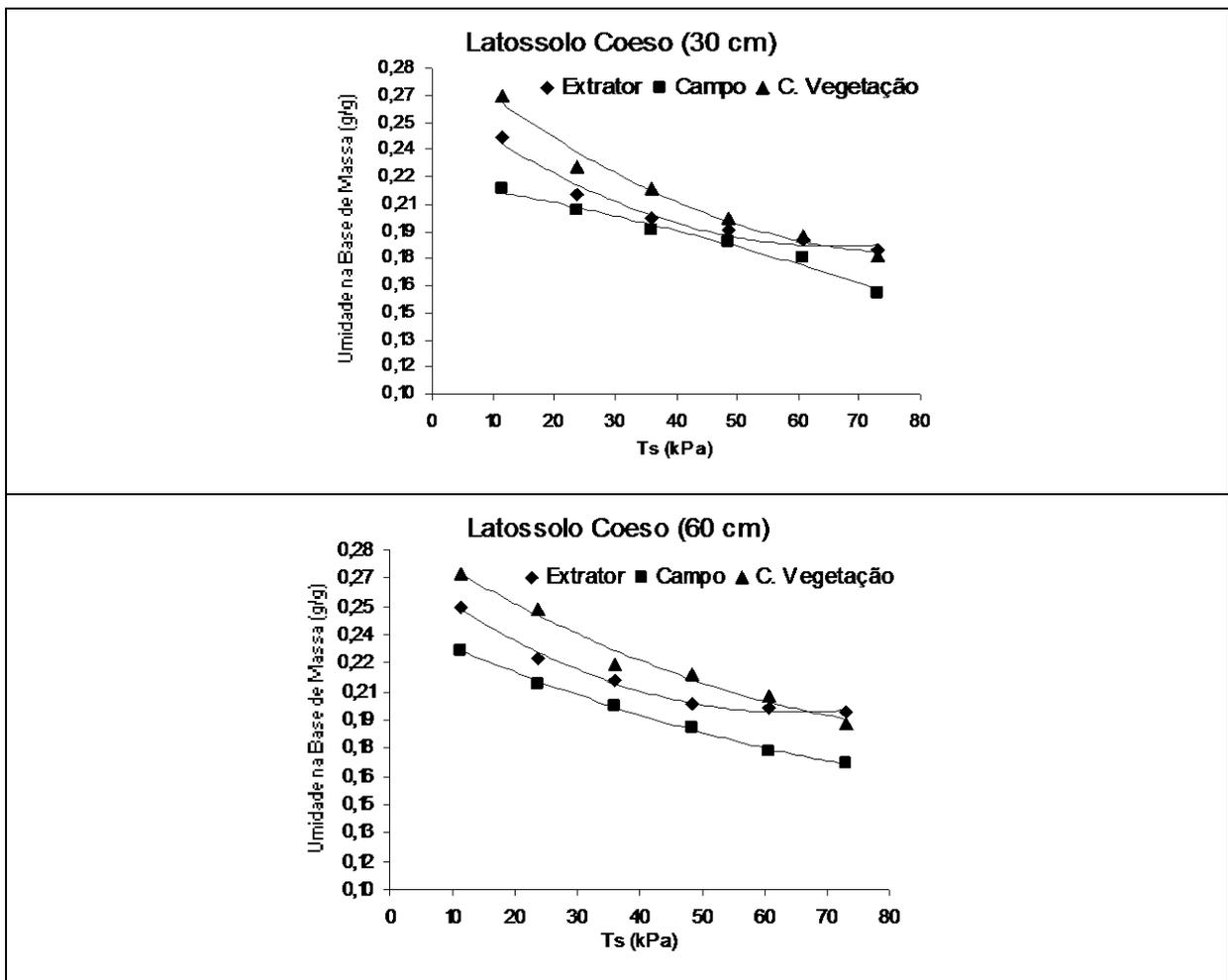


Figura 8. Umidade na base de massa em função da tensão o solo Latossolo Coeso 30 cm e 60 cm de profundidade.

O solo de caráter coeso é bem diferenciado, muito duro quando seco e friável quando molhado, as argilas presentes atraem fortemente as moléculas de água devido às ligações estabelecidas entre estas, retendo assim, uma grande quantidade de água mesmo em elevadas tensões.

Lima et al. (2005) estudando um argissolo com caráter coeso no Estado do Ceará verificou que o solo submetido à tensão de 40cmHg apresentou uma umidade de 0,27g/g. Estes autores afirmam que o resultado obtido pode ter sido em função ao adensamento das partículas do caráter coeso.

5 . CONCLUSÕES

- As curvas de retenção de água reflete bem as características físicas do LC, demonstrando uma capacidade de retenção maior que o NQ e o LA em termos de água disponível;
- A água disponível nos solos estudados está diretamente ligada ao aumento da porosidade e dos teores de argila aos 30 e 60 cm de profundidade;
- Os teores de umidade para o Neossolo Quartzarênico demonstraram em campo a importância da estrutura do solo, retendo mais umidade até a tensão de 61 kPa;
- O tensiômetro desenvolvido mostrou coerência nos valores de umidade referente às tensões para casa de vegetação e em campo com relação aos valores de umidade obtidos no extrator.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO FILHO, J.C. de. Investigações preliminares sobre a pedogênese de horizontes coesos em solos dos tabuleiros costeiros do Nordeste do Brasil. In: Cintra, F.L.D; Anjos, J.L. dos; Ivo, W.M.P. de M. (org.) Workshop Coesão em Solos dos Tabuleiros Costeiros. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001, p.123-139.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L.S.; RAES,D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

ANDRADE, A.R.S. de. **Características físico-hídricas dos solos da estação experimental da embrapa algodão, Variedade espacial.** Campina Grande, PB: UFPB. 1997, 100p. (Dissertação Mestrado).

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 de solo e nutrição de plantas, 22., 1996, Manaus. Resumos expandidos. Manaus: SBCS/UA/EMBRAPACPA/ INPA, 1996. p.12-13.

BRADY, N.C. Natureza e propriedades dos solos. 7ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 898p.

CARVALHO, L.A. de, **Condutividade hidráulica do solo no campo: as simplificações do método do perfil instantâneo.** Piracicaba – SP: ESALQ, 1978 86 p (Dissertação Mestrado).

CARVALHO, E.J.M.; FIGUEIREDO, M.S. & COSTA, L.M. Comportamento físico-hídrico de um Podzólico Vermelho Amarelo câmbico fase terraço sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.**, 34:257-265, 1999.

CENTURION, J. F.; MORAES, M. H.; LIBERA, C. L. F. Comparação de métodos para determinação da curva de retenção de água em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 12, p.173-179, 1997.

CINTRA, F. L.D.; PORTELA. C. J. & NOGUEIRA, L. C. Caracterização física e hídrica em solos dos tabuleiros costeiros os no distrito de irrigação platô de neópolis **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.1, p.45-50, 2004.

CIRINO, C.G. **Utilização das relações energia/umidade na caracterização físico – hídrica dos solos.** Campina Grande – PB: UFPB, 1992, 68p. (Dissertação Mestrado)

DIAS JÚNIOR, M.S. & ESTANISLAU, W.T. Grau de compactação e retenção de água de Latossolos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, 23:45-51, 1999.

EMBRAPA. Manual de métodos de análises do solo. 2ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento. 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de pesquisa Agropecuária dos Tabuleiros Costeiros. Plano Diretor (CPATC). Brasília – DF: EMBRAPA, SPI, 1994; 37 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do solo, Manual de Método de análises de solo, Rio de Janeiro, 1997.

FONSÊCA, P. H. M. **Caracterização física e hídrica de um solo dos tabuleiros costeiros no distrito de irrigação Platô de Neópolis – SE**. Campina Grande – PB: UFCG, 2003, 48p (Dissertação Mestrado)

FREIRE, J. C. **Retenção de umidade em perfil de oxissol do município de Lavras, Minas Gerais**. Piracicaba- SP, ESALQ, 1975. 76p. (Dissertação Mestrado)

GUERRA, A.F. Manejo de irrigação do trigo para obtenção de máxima produtividade na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.4, p.515-521, 1995.

HILLEL, D. Environmental soil physics. San Diego: academic Press, 1998.

IBGE Censo Agropecuário (Rio de Janeiro, RJ). 1995-1996. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.Br>.

IBGE Produção Agrícola Municipal (Rio de Janeiro, RJ). 1990-2000. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.Br>.

ICIDCA. Manual de derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia. Brasília: ABIPTI, 1999. 474p.

JACOMINE, P.K.T. Distribuição Geográfica, Características e Classificação dos Solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: reunião técnica sobre solos coesos dos tabuleiros costeiros. Cruz das Almas, BA. Anais...Aracaju, SE: EMBRAPA/CPATC, 1996. 80p.

JACOMINE, P.K.T. Evolução do conhecimento sobre solos coesos no Brasil. In: WORKSHOP – Coesão em solos dos tabuleiros costeiros. 2001. Aracajú – SE. Anais. EMBRAPA – CPATC. 339p.

LEITE, J. A. **Características físicas e fatores de erodibilidade de quatro solos representativos do município de São Mamende Paraíba**. Areia – PB:UFPB, 1979, 87p. (Dissertação Mestrado).

MARTIN, D.L.; STEGMAN, E.C.; FERERES, E. Irrigation scheduling principles. In: HOFFMAN, G.J. Management of farmirrigation systems. St. Joseph: ASAE, 1992. p.155-206.

LIMA. H. V. de; SILVA.A. P.; ROMERO. R. E. & JACOMINE. P. K. T. R. Comportamento físico de um argissolo acinzentado coeso no Estado do Ceará **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:33-40, 2005.

MEDINA, B.F. & OLIVEIRA Jr., R.C. Relações ente capacidade de campo determinada “in situ” e me laboratório em latossolo amarelo muito argiloso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 11(2): 91-95, 1987.

MIRANDA, A. J. R. **Caracterização da água disponível a partir de parâmetros físico-hídricos em solos das zonas da mata e agreste do estado de Pernambuco**. Recife – PE: UFRPE. 1999, 80p. (Dissertação Mestrado).

MOURA, R. F. de. **Efeitos das lâminas de lixiviação de recuperação do solo e da salinidade da água de irrigação sobre os componentes de produção e coeficientes de cultivo da beterraba**. Viçosa – MG: UFV. 2000, 119 p. (Tese Doutorado)

NASCIMENTO, G. B. do. **Caracterização dos solos e avaliação de propriedades edáficas em ambientes de tabuleiros costeiros da região Norte Fluminense (RJ)**. Rio de Janeiro, RJ: UFRRJ, 2001.162p. (Dissertação Mestrado).

NETO, A. T.; Recomendação técnicas sobre sistemas de controle automáticos para agricultura irrigação. Recomendação técnica EMBRAPA – Nº 5/96 ISSN 1413-9553. Novembro, 1996.

OLIVEIRA, L.B. Consideração sobre a composição granulométrica de solos do nordeste. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** Série Agronomia, 3: 189-195, 1986.

PORTELA, C. J. Retenção da água em solo sob diferentes usos no ecossistema tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V5.n.1, p. 49 – 54, Campina Grande – PB, 2001.

PREVEDELLO, C. L. Física do solo com problemas resolvidos – Curitiba – Paraná, 1996, 44p.

RAMÍREZ, A. A; LÓPEZ, R.G. El agua em el suelo, In: MAÑAS, F.M. de S.O.; VALERO, J.A. De J. **Agronomia del riego**. Espanha: Madrid, 1993. Cap.1, p. 49 – 51.

REICHARDT, K. Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera. Fundação Cargil, São Paulo, 1975. 266p.

REICHARDT, K. **A água como sistema agrícola**. São Paulo, 1987. 188p.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1988. 445p.

REZENDE, J. de O. Solos coesos dos tabuleiros costeiros: limitação agrícola e manejo. Salvador: SEAGI – spa, 2000. 117p.il. (Seres de estudos agrícolas,1).

REZENDE, J. de O. compactação e adensamento do solo: Métodos para avaliação e práticas agrícolas recomendadas, 1997. 22p. Palestra apresentada no XXVI Congresso Brasileiro de Ciência do solo, Rio de Janeiro – RJ.

RIBEIRO, M. R. Características morfológicas dos horizontes coesos dos solos dos tabuleiros costeiros. In: CINTRA, F. L. D; ANJOS, J. L. dos; IVO, W. M. P. de m, Workshop Coesão em solos dos tabuleiros costeiros, . Aracajú – SE: Embrapa tabuleiro costeiros, 2001.p. 161 – 168.

SAAD, A.M.; LIBARDI, P.L. Uso prático do tensiômetro pelo agricultor irrigante. São Paulo: IPT, 1992. 27p. (IPT. Publicação IPT 2002).

SILVEIRA, P.M. da; STONE, L.F. Manejo da irrigação do feijoeiro: uso do tensiômetro e avaliação do desempenho do pivô central. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994.46p. (EMBRAPA – CNPAF. Circular Técnica, 27).

SOARES NETO, J. P. & REZENDE, J. de O. Determinação e disponibilidade de água em solos coesos dos tabuleiros costeiros do Estado da Bahia. 2000. Disponível em : <<http://www.magistra.ufba.br>>. Acesso em 06 de agosto 2005.