

EDUARDO DA SILVA PINTO

**DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA
ATRAVÉS DE UM PERMEÂMETRO DE CARGA CONSTANTE EM
SOLOS DE DIFERENTES TEXTURAS DO MUNICÍPIO DE
MOSSORÓ-RN**

**ORIENTADOR: PROF. M.Sc. Francisco de Q. Porto Filho
CO-ORIENTADOR: PROF. D.S. Maurício de Oliveira**

**Monografia apresentada à Escola Superior de
Agricultura de Mossoró para obtenção do título
de Engenheiro Agrônomo**

**MOSSORÓ
RIO GRANDE DO NORTE - BRASIL
DEZEMBRO DE 1997**

EDUARDO DA SILVA PINTO

BIBLIOTECA	
CENTRO DE PESQUISA	
Classificação	
Assunto	
Local	
Observações	

**DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA
ATRAVÉS DE UM PERMEÂMETRO DE CARGA CONSTANTE EM
SOLOS DE DIFERENTES TEXTURAS DO MUNICÍPIO DE
MOSSORÓ-RN**

ORIENTADOR: PROF. M.Sc. Francisco de Q. Porto Filho

CO-ORIENTADOR: PROF. D.S. Maurício de Oliveira

**Monografia apresentada à Escola Superior de
Agricultura de Mossoró para obtenção do título
de Engenheiro Agrônomo**

**MOSSORÓ
RIO GRANDE DO NORTE - BRASIL
DEZEMBRO DE 1997**

627
P 659d

Escola Superior de Agricultura de Mossoró
BIBLIOTECA

BOT - UFRSA Campus Mossoró	
Patrimônio Nº	2013007898
Registro Nº	35411
Data:	07/06/13
Chamada Nº	627

Ex. 3

BIBLIOTECA ORLANDO TEIXEIRA Escola Sup. de Agricultura de Mossoró RN	
35.411	31/08/99

2953



Ficha catalográfica preparada pelo setor de classificação e catalogação da Biblioteca "Orlando Teixeira" da ESAM.

P.659d PINTO, Eduardo da Silva.

Determinação da condutividade hidráulica através de um permeâmetro de carga constante em solos de diferentes texturas do Município de Mossoró-RN/Eduardo da Silva Pinto.-- Mossoró-RN: ESAM, 1997.

45p. Monografia (Graduação em Agronomia), ESAM, 1997.

1. Engenharia de solo e água;
2. Condutividade hidráulica - Infiltração;
3. Permeâmetro de carga constante.

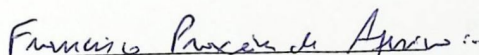
CDD. 627

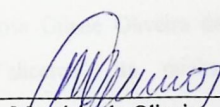
EDUARDO DA SILVA PINTO

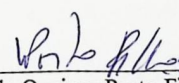
**DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA
ATRAVÉS DE UM PERMEÂMETRO DE CARGA CONSTANTE EM
SOLOS DE DIFERENTES TEXTURAS DO MUNICÍPIO DE
MOSSORÓ-RN**

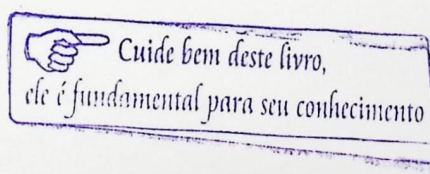
Monografia apresentada à Escola Superior de
Agricultura de Mossoró para obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo

APROVADA EM 18/ 12/ 1997


Francisco Praxedes de Aquino
Prof., Engº. Agrº. ESAM
Conselheiro


Maurício de Oliveira
Prof., D.S. da ESAM
Co-orientador


Francisco de Queiroz Porto Filho
Prof., M.Sc. da ESAM
Orientador



À Sebastiana Feliciano da Silva (in memorian)
que em todos os momentos de sua vida me
amou e educou religiosamente.

Aos meus pais, meu irmão Kennedy Feliciano da
Silva e minha esposa Gilene Oliveira da Silva
por serem o “alicerce” da minha vida
educacional e profissional.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter proporcionado mais uma conquista e iluminando todos os caminhos difíceis que percorri.

Aos professores Francisco de Queiroz Porto Filho e Maurício de Oliveira pelas orientações prestadas.

À Escola Superior de Agricultura de Mossoró, por ser mais uma “Escola da Vida”.

À Fazenda São João, por ter cedido a oportunidade de coleta das amostras.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola e do Departamento de Solos e Geologia da ESAM, pela importante colaboração prestada.

Aos colegas Pahlevi Augusto de Souza, Nildo da Silva Dias e Carlos Magno, pela sincera amizade.

Aos amigos moradores da Casa 08, pela amizade existente em nosso lar, entre todos os componentes que convivi.

DADOS BIBLIOGRÁFICOS DO AUTOR

Eduardo da Silva Pinto, filho de Walcir Ferreira Pinto e Iracema da Silva Pinto, nasceu a 15 de janeiro de 1972, na cidade do Rio de Janeiro, Estado do Rio de Janeiro.

Nos seus estudos de formação básica, cursou o 1º grau menor, na Escola Eugênia Dutra Hamann, o 1º grau maior, no Instituto Santo Antônio, ambos no Rio de Janeiro. O 2º grau na Escola Agrotécnica Federal de Manaus, na capital do Estado do Amazonas.

Ingressou no curso de Agronomia da Escola Superior de Agricultura de Mossoró - ESAM, no primeiro semestre de 1992, tendo concluído o curso em dezembro de 1997.

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
EXTRATO	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Características físico-hídrica do solo	3
2.1.1. Textura	3
2.1.2. Densidade de partículas	5
2.1.3. Densidade do solo	6
2.1.4. Porosidade total e aeração do solo	7
2.1.5. Disponibilidade de água no solo	8
2.1.6. Infiltração de água no solo	9
2.1.7. Condutividade hidráulica	11
2.1.7.1. Equação de Darcy	12
2.1.7.2. Velocidade de fluxo de água no solo	14
2.1.8. Métodos de medida da contividade hidráulica dos solos	14
2.1.8.1. Métodos de laboratório: Medição indireta	15
2.1.8.2. Métodos de laboratório: Medição direta	15
2.1.8.2.1. Método de permeâmetro de carga constante	15
2.1.8.2.2. Método de permeâmetro de carga variada.....	16
2.1.8.2.3. Método de campo.....	17
2.2. Características químicas do solo	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1. Aspectos gerais	20

3.2. Descrição dos locais de origem e classificação dos solos	20
3.2.1. Fazenda São João - Município de Mossoró-RN	20
3.2.2. Vila Goiás - Município de Serra do Mel - RN	21
3.3. Dados de infiltração básica dos solos	22
3.4. Instalação do permeâmetro	22
3.5. Comprimento e secção transversal da amostra, carga de água, tempo utilizado para cada solo submetido ao permeâmetro de carga constante	24
3.6. Delineamento experimental	24
3.7. Análises físicas dos solos	24
3.7.1. Análise granulométrica	24
3.7.2. Densidade aparente	25
3.7.3. Densidade de partícula	25
3.7.4. Porosidade total	25
3.7.5. Curvas características de umidade do solo	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1. Análise granulométrica	26
4.2. Densidade aparente, Densidade de partículas e Porosidade total	27
4.3. Curvas de depleção de umidade e disponibilidade de água no solo	29
4.4. Condutividade hidráulica	31
4.5. Análise química dos solos	33
5. CONCLUSÕES	35
6. RESUMO	36
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
APÊNDICE	42

LISTA DE QUADROS

01. Limites de água disponível (AD) para solos de diferentes textura BERNARDO (1987)	9
02. Valores de Infiltração Básica (Ib) dos diferentes tipos de solos apresentados por RÊGO (1993), BEZERRA (1993) e MASCARENHAS FILHO (1994)	22
03. Análise granulométrica e classificação textual dos solos coletados no município de Mossoró e de Serra do Mel-RN	26
04. Densidade aparente (Da), Densidade de partículas (Dp) e Porosidade total (Pt) dos diferentes solos empregados para o teste de condutividade hidráulica	27
05. Conteúdo volumétrico de águas, submetidos a várias tensões.....	29
06. Água disponível (AD), Capacidade Total D'água (CTA) e Capacidade Real D'água (CRA) para diferentes texturas de solos do município de Mossoró-RN....	30
07. Análise de variância dos diferentes tipos de solos representativos da região de Mossoró-RN	31
08. Valores médios de condutividade hidráulica (K), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) dos diferentes solos representativos da região de Mossoró - RN..	32
09. Classificação de condutividade hidráulica dos solos de diferentes texturas de solos do município de Mossoró-RN, de acordo com as classes de permeabilidade de FORSYTHE (1975)	32
10. Resultados da análise química realizados com amostras de diferentes texturas do município de Mossoró-RN.....	34
1A. Vazão apresentado por cada solo submetido ao permeâmetro de carga constante..	43

LISTA DE FIGURAS

01. Detalhamento do permeâmetro de carga contante	23
1A. Curva de depleção de umidade de uma AQd submetida a diferentes tensões e representação em volume, da água disponível por hectare, em cada cm de profundidade do solo.	44
2A. Curva de depleção de umidade de um PV submetido a diferentes tensões e representação em volume, da água disponível por hectare, em cada cm de profundidade do solo.	44
3A. Curva de depleção de umidade de um PE submetido a diferentes tensões e representação em volume, da água disponível por hectare, em cada cm de profundidade do solo.	45
4A. Curva de depleção de umidade de um Ce submetido a diferentes tensões e representação em volume, da água disponível por hectare, em cada cm de profundidade do solo.	45

EXTRATO

PINTO, E. da S. Escola Superior de Agricultura de Mossoró - ESAM, dezembro 1997.

Determinação da Condutividade Hidráulica Através de um Permeâmetro de Carga Constante em Solos de Diferentes Texturas do Município de Mossoró-RN.

Prof. Orientador: Francisco de Queiroz Porto Filho. Prof. Co-Orientador: Maurício de Oliveira. Conselheiro: Francisco Praxedes de Aquino.

Foi conduzido um experimento no laboratório de Irrigação (anexo I) do Departamento de Engenharia Agrícola da ESAM, objetivando determinar a condutividade hidráulica de solos de diferentes texturas dos municípios de Mossoró e Serra do Mel-RN, através de um permeâmetro de carga constante. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizados, com 10 repetições para cada solo analisado, realizado através do Softwear Saeg versão 4.0 (U.F.V-MG). Os solos utilizados foram Podzólico Vermelho Amarelo Latossólico (PV), Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico Latossólico (PE) e Cambissolo Eutrófico (CE), e Areia Quartzosa distrófica (AQd). Estes solos foram coletados à 10cm de profundidade, através de cilindros amostradores do tipo Uhland de duplo cilindro com cilindro interno apresentando um comprimento de 6,03cm e secção transversal de $23,16\text{cm}^2$. No permeâmetro utilizou-se carga constante de 13,69cm e um período de coleta de água drenada para cada solo de 11,88s (AQd); 281,08s (PV); 317,08s (PE) e 558,05s (Ce). Após análise verificou-se uma condutividade hidráulica nos solos AQd de 48,41 cm/h (muito rápido), PV de 12,60cm/h (moderadamente rápida) e PE de 1,54cm/h (moderadamente lenta) e no Ce de 1,50 cm/h (moderadamente lenta). A velocidade de infiltração básica foi superior à condutividade hidráulica em 5,21 vezes para o PV; 7,46 vezes para o PE e 7,20 vezes para o Ce.

1 - INTRODUÇÃO

O solo, um meio natural, sólido e poroso, essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, onde as mesmas, retiram deste ambiente para a sua sobrevivência: água, nutrientes, O_2 , CO_2 , N_2 e pequenos outros gases. Além de funcionar como suporte físico, químico e biológico, opera também como reservatório de água para a maioria das plantas cultivadas.

Na regiões semi-áridas, como no município de Mossoró, com precipitações pluviométricas médias anuais variando de 500 a 600 mm. O estudo da condutividade hidráulica ou permeabilidade de diferentes solos existente na região, torna-se bastante importante para a agricultura local devido que nos possibilita avaliar a infiltrabilidade das águas, tanto pluviométricas como através dos diversos métodos de irrigação.

A capacidade de infiltração da água no solo torna-se bastante variada, pois está diretamente influenciada como a textura, estrutura, porosidade, tamanho dos poros, teor inicial de umidade e presença de camadas de diferentes permeabilidade ao longo do perfil dos variados tipos de solos existente em nossa região.

A condutividade hidráulica de um solo, segundo BATISTA (1992), possui significado idêntico à infiltração e permeabilidade, por permitir a passagem do fluido (água) de um ponto para outro dentro do perfil. Desde que as características físicas dos solos permitam a passagem do mesmo.

A determinação da condutividade hidráulica de diferentes solos, pode ser obtida em laboratório, através de permeâmetros de carga constante ou variável, utilizando-se amostras deformadas ou indeformadas. Sendo que o uso de amostras indeformadas apresentam valores médios mais aproximados dos métodos de campo que quando se usa

amostras deformadas. Sendo que este último, fornece dados complementares superiores comparados aos de campos, não mostrando a realidade da área pesquisada, salvo nos casos de solo de textura arenosa.

PORTO FILHO (1990) apresentou um aparelhamento para determinação da condutividade hidráulica em laboratório, podendo ser utilizado com amostras deformadas ou indeformadas, com cargas constante ou variável.

Assim, o objetivo do presente trabalho está na determinação da condutividade hidráulica de quatro solos de diferentes texturas, representativo de nossa região através do permeâmetro acima mencionado.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Características físico-hídrica do solo

A caracterização físico-hídrica do solo é essencial nas práticas de manejo, principalmente durante a solução de problemas relacionados a irrigação, infiltração, drenagem e escoamento superficial. Estas características são específicas para cada tipo de solo, devido a variabilidade granulométrica existente.

A importância da caracterização hídrica do solo através das curvas de umidade são de extrema utilidade no estabelecimento das necessidades de irrigação, permitindo conhecer a variação do potencial de água no solo na faixa de água disponível e armazenamento de água no solo (CORREA, 1984).

SIRINO & GUERRA (1994) afirmam que o conhecimento das características necessárias para a elaboração de um projeto de irrigação, como facilidade de movimentação da água no solo, existência de água no perfil do solo para as plantas, aeração e porosidade do solo, são indispensáveis no processo de planejamento e dimensionamento de uma agricultura irrigada.

2.1.1 - Textura

Os solos são originados de rochas que passaram por processos de desintegração e transformação tornando-se cada vez menores. As partículas do solo podem ser separadas em grupos de acordo com o seu tamanho, denominados: frações do solo

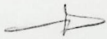
(GALETI, 1973). MILLAR et al. (1975) citam que o termo textura refere-se a distribuição das partículas do solo e que estas partículas são divididas em três frações texturais: areia, silte e argila.

De acordo com MEDINA (1975), o solo é considerado como um sistema disperso constituído de fases sólidas, líquida e gasosa, sendo a parte sólida formada de parte orgânica e parte mineral.

Para MONIZ (1975), a textura do solo é uma das características mais estáveis, pois ela é considerada como elemento de grande importância na descrição, identificação e classificação do solo.

Segundo LEMOS & SANTOS (1976), raramente ou não existe um solo que seja constituído de uma só fração granulométrica. Deste modo, surgem as classes de textura, definindo a combinação de areia, silte e argila.

Em seus estudos RAIJ (1981), afirma que os solos argilosos tem alta atividade de superfície, significando alta capacidade de retenção de cátions, de água e absorção de fósforo. Caso contrário ocorrendo em solos excessivamente arenosos não apresentando estas características em grande intensidade, causando problemas para o seu uso na agricultura decorrente à baixa retenção de cátions e principalmente a baixa capacidade de retenção de água. Nas conclusões de GALETI (1973), os solos arenosos são permeáveis e soltos, mas não sujeitos ao arrastamento pelo vento e pela água. Tendo como ponto positivo: maior facilidade de serem lavados pela água de irrigação; Devido maior aeração, queimam maior quantidade de matéria orgânica; naturalmente não se encharcam e seus poros são grandes, favorecendo o movimento do ar e da água no perfil do solo.

 VIEIRA et al. (1988), comentam que a textura é uma propriedade de grande importância para o solo e destacam que em termos de irrigação é uma das principais características do solo, pois está relacionada com a capacidade de retenção de umidade, com a permeabilidade e sua erodibilidade.

De acordo com BRADY (1989) o tamanho das partículas de um solo mineral não está sujeito a mudanças rápidas a proporção de cada fração de um determinado solo, não pode ser alterada dentro de um certo espaço de tempo, assim a textura é considerada como uma propriedade básica e imutável de um solo. Já OSAKI (1991), comenta que a textura é uma propriedade que sofre pouca ou nenhuma mudança com o tempo, logo sendo uma característica quase permanente do solo. Ainda em suas complementações, GALETI (1973), defende que a textura é uma característica do solo que não pode ser alterada, dependendo somente da rocha original e dos processos de formação do solo.

2.1.2 - Densidade de partículas

A densidade da partícula ou densidade real é definida como sendo a massa por unidade de volume, pois refere-se ao volume de sólido de uma amostra do solo sem considerar a porosidade (GALETI, 1973 e KIEHL, 1979).

REICHARDT (1985) comenta que a densidade real depende de sua constituição e varia relativamente de solo para solo, variando excessivamente entre diferentes solos e sua média de acordo com a variabilidade dos solos é de $2,7 \text{ g/cm}^3$. Ainda em suas complementações, comenta que em solos com elevados índices de matéria orgânica, apresenta baixos valores de densidade real.

Para VIEIRA (1986), a densidade real é de extrema utilidade para o cálculo de porosidade e retenção do teor de umidade do solo. JORGE (1986), explica que esta densidade não é afetada pela porosidade do solo e tem a característica de ser independente da estrutura e da compactação do solo.

BRADY (1989) afirma que a matéria orgânica do solo, afeta de maneira marcante a densidade da partícula. Deste modo, o mesmo autor complementa que os solos de superfície apresentam, via de regra, menores densidades de suas partículas do que solos mais profundos, por causa da influência da matéria orgânica.

Ainda em suas citações, JORGE (1986) afirma que os solos desenvolvidos a partir de rochas ricas em minerais pesados, atingem valores elevados da sua densidade real e os solos que se desenvolvem a partir de arenitos apresentam valores de suas densidades mais baixo.

2.1.3 - Densidade do solo

A densidade do solo ou densidade aparente, determina a relação entre a massa seca do solo e o seu volume total, incluindo o volume das partículas e o volume dos poros (HILLEL, 1970).

Para Archer & Smith (1972), citado por TRIGO (1990), afirmam que a densidade do solo é uma importante propriedade, pois tem como significância o seu relacionamento com a textura. Variações na densidade aparente afetam na água disponível e na porosidade do solo e influencia fortemente na permeabilidade, drenagem e na penetração das raízes das plantas.

 Segundo KIEHL (1979), a densidade aparente é um valor variável para um mesmo solo, alterando-se de acordo com a estrutura. Um incorreto manejo agrícola do solo, poderá provocar uma compactação alterando totalmente a estrutura e assim modificando a densidade desse solo. Para KLAR (1984), inúmeros são os fatores que podem influenciar na densidade aparente do solo, além da estrutura e da compactação, o mesmo afirma a capacidade de contração e expansão do solo, onde estas são controladas pelo teor de umidade.

BRADY (1989) mostra as variações da densidade aparente até mesmo dentro de uma mesma textura de solo, afirmando que em solos argilosos podem variar desde 1,00 até 1,60 g/cm³ e para solos de textura arenosa e barros arenosos, a variação fica de 1,20 a 1,80 g/cm³. Ainda em suas complementações, o mesmo autor afirma que: em subsolos muito compactados, independente de sua textura, atingem densidades aparentes elevadas como 2 g/cm³ ou valores superiores.

Deste modo, com os dados dos valores da densidade aparente, independente de sua textura, reflete o grau de compactação apresentado por um determinado solo (BERTOL & SANTOS, 1995).

2.1.4 - Porosidade total e aeração do solo

A porosidade de um solo é definida, de um modo geral, como sendo o volume dos espaços não ocupados pelo conjunto de componentes orgânicos e inorgânicos existentes no solo.

➤ Segundo GROHMANN (1975), a caracterização do sistema poroso é bastante importante para o estudo da estrutura do solo e no armazenamento e movimento da água e de gases. De acordo com MONIZ (1975), qualquer alteração na porosidade do solo, que seja natural ou provocada pelo homem, serve para modificar a movimentação da água e do ar, o que afeta os processos bioquímicos que ocorrem no solo.

➤ Para HENIN et al. (1976), a porosidade total está dividida em macroporos, que corresponde aos poros mais grossos, por onde ocorre a circulação de água e do ar e os microporos, que corresponde ao volume dos poros mais finos, que serão utilizados para o armazenamento da água. GALETI (1973), explica que nos macroporos, a água e o ar movimentam-se mais facilmente e que no solo há predominância de água nos microporos e de ar nos macroporos. Ainda em suas explicações, informa que os solos com predominância de argilas são sempre mais porosos que aqueles que predominam as areias; os solos com agregados são normalmente mais porosos que os de partículas soltas e que os solos adquirem sua porosidade aumentada à medida que se aumenta o teor de matéria orgânica.

➤ REICHARDT (1985), relata que a porosidade está intimamente relacionada com a densidade do solo e que é afetada pelo nível de compactação. Sendo que quanto maior for a densidade do solo, menor será a porosidade total. Deste modo, CORREA & REICHARDT (1995), afirmam que com a alteração do sistema poroso, através da

compactação, altera a permeabilidade, a drenagem, a retenção de água e o desenvolvimento das raízes das plantas.

2.1.5 - Disponibilidade de água no solo

A água ao entrar em contato no solo, penetra no espaço poroso, que serve como reservatório de água e ar para as plantas. A água presente neste ambiente está sujeita a variações devido ao processo de infiltração, evapotranspiração e redistribuição da água ao solo.

A capacidade do solo em reter água, depende de sua estrutura granulométrica indicando o volume do espaço ocupado pelos poros, onde serão alojados a água e o ar, está retida não só pela ação da capilaridade e sim, também, através da propriedade da matéria orgânica em reter mais umidade. Pois quanto menor o diâmetro das partículas e mais elevado o teor de matéria orgânica, maior é o poder de retenção de água pelo solo pondo em disponibilidade para as plantas (TIBAU, 1976).

→ Para REICHARDT (1978), a disponibilidade de água no solo para as plantas, pode variar de situação para situação. Em sua opinião, tudo está baseado na mobilidade da água no solo e qualquer fator que possa afetar esta mobilidade afeta também a sua disponibilidade. Tais fatores podem ser: atmosféricos (vento, radiação, déficit de saturação); da planta (densidade, profundidade, taxa de crescimento e fisiologia das raízes) e do solo (condutividade hidráulica, difusibilidade e relações entre sucção e teor de água).

Segundo MOTA (1976), em função da dificuldade de se caracterizar todos os fatores envolvidos na disponibilidade de água no solo, os parâmetros capacidade de campo e ponto de murcha permanente, são largamente utilizados nos estudos da física do solo e nos projetos de irrigação.

Segundo WITHERS & VIPOND (1977), a água disponível para as culturas, está em uma faixa existente entre a capacidade de campo e ponto de murcha permanente.

De acordo com KIEHL (1979), para a sua obtenção basta se calcular através da subtração a percentagem máxima de água que um solo pode reter contra a força da gravidade, capacidade de campo, com a percentagem de umidade de murchamento permanente.

→ Mudanças na porosidade e na densidade aparente afetam na capacidade do solo em manter água na forma disponível para as plantas, além de influenciar na permeabilidade, drenagem e penetração das raízes (Archer & Smith, citado por CINTRA et al., 1983). A disponibilidade de água no solo geralmente aumenta à medida que a textura do solo vai diminuindo. No Quadro 1 têm-se os limites comumente encontrados nas texturas básicas, em mm de água por cm de solo (BERNARDO, 1987).

QUADRO 1 - Limites de “Água Disponível” (AD) para Solos de Diferentes Texturas
BERNARDO (1987).

Textura	“Água disponível” AD m ³ /ha por cm de solo
Grossa	4 a 8
Média	8 a 16
Fina	12 a 24

2.1.6 - Infiltração de água no solo

A infiltração é a entrada de água no solo através de sua superfície, isto é, a capacidade da água entrar no solo através da interface solo-atmosfera.

De acordo com QUEIROZ FILHO et al. (1976), a infiltração de água no solo é um dos parâmetros básicos que permitem o delineamento e dimensionamento do sistema de irrigação, determinação da vazão e do tempo de irrigação, como também, o dimensionamento de obras para sistema de drenagem.

AMIN (1985), citando vários autores, relata que existem alguns fatores que afetam o processo de infiltração da água no solo, dos quais são destacados: conteúdo inicial

de água no solo, tempo de infiltração, condições da superfície do solo, existência de camadas menos permeáveis ao longo do perfil, tipo de preparo do terreno, presença de ar aprisionado, lâmina d'água mantida sobre o solo durante a irrigação, viscosidade, temperatura da água e do solo e as suas propriedades físicas.

A velocidade de infiltração da água no solo, segundo BERNARDO (1987), é um fator importante na irrigação, pois determina o tempo que se deve manter a água na superfície do solo ou o período de duração da aspersão aplicando assim uma quantidade desejada de água. O autor ainda afirma que a velocidade de infiltração d'água, depende diretamente da textura e do tipo da estrutura dos solos, pois no mesmo tipo de solo a velocidade depende da sua porcentagem de umidade, porosidade e da existência ou não de camadas menos permeável ao longo do perfil. Para REICHARDT (1985), a velocidade de infiltração diminui rapidamente com o tempo, tendendo para zero no caso de infiltração horizontal e tendendo para a condutividade hidráulica saturada durante a infiltração vertical. Complementando suas citações BERNARDO (1987), afirma que este processo acontece devido que no início da infiltração, ocorre a ação dos potenciais matricial e gravitacional e com o passar do tempo, o potencial matricial tende para zero e o gravitacional permanece constante.

Para BERTONI & LOMBARDI NETO (1985), o movimento da água no solo é realizado devido as forças de gravidade e capilaridade; onde esse movimento, em solos saturados, ocorre nos grandes poros através da gravidade e, em solos não saturado, ocorre devido a capilaridade.

REICHARDT (1987), afirma que o processo de infiltração ocorre porque a água da chuva ou de irrigação tem potencial total aproximadamente nulo e a água do solo tem potencial negativo, assim tanto mais negativo quanto mais seco for o solo, se estabelece um gradiente de potencial total. Deste modo, o processo de infiltração é um processo desacelerado, isto é, rápido no início e decaindo com o tempo.

2.1.7 - Condutividade hidráulica

A condutividade hidráulica do solo é uma de suas propriedades físicas mais importante para a pesquisa e projetos de drenagem, podendo ser determinada abaixo ou acima do lençol freático (CRUCIANI, 1987). Pode ser definida como a rapidez com que o meio poroso transmite a água, sendo proporcional à força que a impulsiona (KLAR, 1991), ou ainda, por LIBARDI (1995), condutividade hidráulica de um solo, está implícito que se considera como meio poroso uma amostra de solo e como fluido, que nela se move, uma solução aquosa (daí o adjetivo hidráulica) ou de uma maneira generalizada, devemos dizer condutividade de um meio poroso para um fluido newtoniano ou simplesmente condutividade.

Segundo BATISTA (1992) a condutividade hidráulica é uma propriedade importante aplicada na drenagem subterrânea, pois é um dos valores empregados no cálculo do espaçamento entre drenos.

LIBARDI (1995), discutindo sobre condutividade, afirma que a mesma é igual (numericamente) ao volume de um fluido que atravessa, por unidade de tempo, a unidade de área de uma amostra, desde que se considere esta unidade de área como 1 m de comprimento de um meio poroso sob a diferença de potencial total de 1 J.m^{-3} . Assim, podendo concluir que a condutividade é um coeficiente que expressa a facilidade com que um fluido é transportado pelo meio poroso e que a mesma depende tanto das propriedades do meio como das propriedades do fluido. Analisando estas propriedades, o mesmo autor afirma que as propriedades do meio (solo) estão relacionadas com a distribuição de tamanho e forma das partículas, superfície específica, porosidade, etc., i.e., todas as propriedades que tem reflexo na geometria porosa do solo. À respeito com a propriedade do fluido que afeta a condutividade, temos a viscosidade do mesmo, onde a mesma afeta de maneira inversa, dessa maneira, para uma mesma matriz porosa, quanto maior a viscosidade do fluido, menor será a condutividade.

Os fatores que mais diretamente influenciam os valores da condutividade hidráulica são: a textura, a porosidade e principalmente o tamanho dos poros. Sendo este último, o principal agente que permite aos solos arenosos apresentarem maiores valores de permeabilidade, em condições de saturação que os de textura fina (KLAR, 1991). Segundo BATISTA (1992), outros fatores são citados por influenciar a condutividade hidráulica: qualidade e viscosidade da água utilizada, efeito da ação de microorganismos e presença de ar nos poros do solo. Para este autor, a obtenção da condutividade hidráulica em solos salinos, deve ser condutividade também com água salina e realizar a correção da viscosidade sempre que a temperatura da água variar em valor igual ou superior a 2°C. Os microorganismos proporcionam o declínio dos valores da condutividade, no decorrer do tempo, pelo seu desenvolvimento e morte entupindo os poros do solo, mesmo que apresenta valores elevados da condutividade hidráulica durante o início do teste. Ainda no início do teste, a presença de ar nos poros em solos não saturado, a condutividade também é influenciada, pois confinam-se totalmente nos poros prejudicando totalmente a permeabilidade e somente após algum tempo esse ar será eliminado e caso não haja ação dos outros fatores a condutividade não será prejudicada.

2.1.7.1 - Equação de Darcy

MILLAR (1978) diz que em 1856, Darcy derivou uma equação baseado em suas observações do movimento de água através de camadas de areia encontrando que a velocidade de fluxo é proporcional a uma força condutora (gradiente) e à condutividade do meio poroso.

Para HILLEL (1970), a determinação quantitativa do movimento de água no solo, é feita através dessa equação, que de uma forma simplificada, pode ser expressa por:

$$q = - K(\theta) \cdot \frac{\Delta\psi}{\Delta z}$$

Onde:

q = fluxo de água (cm.seg⁻¹)

$K(\theta)$ = condutividade hidráulica do solo (cm.seg⁻¹)

$\Delta\psi$ = diferença do potencial total de água entre dois pontos no solo (cm)

Δz = distância entre os dois pontos.

O fluxo de água q , representa a quantidade de água (volume, cm³) que passa pela unidade de área de solo (cm²), por unidade de tempo (seg). Assim, sua unidade é cm³.cm⁻².seg⁻¹, ou cm.seg⁻¹ (REICHARDT, 1978). Já BATISTA (1992), afirma que segundo a Lei de Darcy, o fluxo da água através do solo saturado é inversamente proporcional a coluna de solo e diretamente proporcional à área de sua secção transversal.

REICHARDT (1978), comentando sobre a equação de Darcy, frisou que o fluxo de água no solo, sendo o produto da condutividade hidráulica do solo pelo gradiente de potencial total da água, depende da combinação destas duas grandezas. Uma condutividade muito pequena na presença de um gradiente grande pode dar como resultado um fluxo razoável. Uma alta condutividade e um gradiente pequeno, também pode permitir um fluxo razoável. Quando os dois são relativamente grandes, o fluxo é máximo e quando os dois são pequenos é desprezível. Uma camada impermeável possui $K = 0$, e nestas condições, sempre $q = 0$, mesmo na presença de gradiente. Por outro lado, um gradiente nulo também implica em $q = 0$, mesmo que K (condutividade hidráulica) seja grande. Como K diminui drasticamente com a diminuição de θ (umidade de saturação), para um mesmo gradiente $\Delta\psi/\Delta z$, o fluxo é tanto menor quanto menor for θ . Por isto, o movimento de água em um solo seco é geralmente bem menor que em um solo úmido.

2.1.7.2 - Velocidade de fluxo de água no solo

KLAR (1991), afirma que a velocidade do fluxo de água no solo saturado é bastante variável, pois poros maiores conduzem água mais rapidamente e as moléculas de água não se deslocam pela menor distância geométrica entre dois pontos. Quanto a sua textura, em solos arenosos ocorre maiores perdas de energia, ou seja, o gradiente de potencial hidráulico se torna menos efetivo. Por outro lado, em solos argilosos, baixos gradientes de potencial podem não promover fluxos devido a adsorção dos campos de força das partículas atuar intensamente ou devido a maior compressibilidade desses solos em relação aos arenosos.

Quando a água infiltra em um solo seco, a camada úmida fica quase saturada e K (condutividade hidráulica) é máximo. Além disso, o gradiente de potencial entre a parte seca e a úmida é enorme resultando daí um fluxo muito grande. Daí pensar-se que a água se move mais rapidamente em solo seco. Quando a água infiltra em solo úmido, K é grande, mas o gradiente é pequeno e a infiltração (fluxo) é pequeno (REICHARDT, 1978).

Segundo BERNARDO (1987), quanto maior for a umidade de um solo maior será a condutividade hidráulica. Sendo o seu valor máximo quando o solo está saturado, assim a permeabilidade irá variar de solo para solo e para um mesmo solo, com a sua porosidade e seu nível de compactação.

2.1.8 - Métodos de medida da condutividade hidráulica dos solos

Existem vários métodos para a determinação da condutividade hidráulica dos solos, segundo KLAR (1984), estes métodos podem ser divididos em: métodos de laboratórios (Medição indireta e medição direta) e métodos de campo com presença de lençol freático e com ausência do lençol freático.

2.1.8.1 - Métodos de laboratório: Medição indireta

O processo de medição indireta, em laboratório, baseia-se na correlação entre a porcentagem de uma mais argila do solo com a condutividade hidráulica. Este processo tem a vantagem da simplicidade, pois qualquer laboratório de solos está equipado para realizá-lo.

O método indireto não indica se a condutividade é horizontal ou vertical ou se ela é resultante das suas; estas, se relacionadas raramente tem a mesma relação para áreas diferentes devido as variações texturas, estruturas, teores de húmus e sais, deste modo, convém avaliar-se K quantitativamente, de vez em quando, por método direto.

2.1.8.2 - Métodos de laboratório: Medição direta

A medição direta da condutividade hidráulica são realizadas com amostras deformadas e indeformadas através de permeâmetros, onde estes estão divididos em permeâmetros de carga constante e de carga variável (KLAR, 1984).

2.1.8.2.1 - Método do permeâmetro de carga constante

MILLAR (1978) mostra que as determinações da condutividade hidráulica mediante ao método do permeâmetro de carga constante podem ser feitas em amostras deformadas e indeformadas, sendo que este último é mais recomendável cada vez que se deseja extrapolar os dados para as condições de campo. Já para BATISTA (1992), as amostras deformadas não refletem as condições de campo, não servindo para dar uma idéia da permeabilidade da camada testada.

Este aparelho, segundo LIBARDI (1995), é mais adequado para amostras de solo saturado, cujo valores de K_0 (condutividade hidráulica inicial) sejam maiores que $2 \cdot 10^{-3}$

mm/s. O mesmo complemento que este método é a própria experiência de Darcy e que deve ser executado com amostras de estruturas indeformadas.

A determinação quantitativa da condutividade hidráulica, obtida por esse método, de acordo com MILLAR (1978), é a seguinte:

$$K = QL/[A \cdot (L+h)]$$

Onde K é a condutividade hidráulica; Q é a vazão; L é o comprimento da amostra do solo; A é a secção transversal da amostra e h é a carga de água mantida constante sobre a amostra de solo.

2.1.8.2.2 - Método do permeâmetro de carga variada

O procedimento para a determinação da condutividade hidráulica, através do método do permeâmetro de carga variada, é apresentado e discutido por Klute (1965), citado por MILLAR (1978), onde o método consiste em determinar a variação da altura sobre a amostra de solo em função do tempo. Deste modo, se considerarmos "a" a área do tubo de abastecimento de água e A a área do permeâmetro podemos obter quantitativamente a condutividade hidráulica, através da seguinte expressão:

$$K = [a \cdot L \cdot \ln(h_0/h_1)]/(A \cdot t)$$

Onde K é a condutividade hidráulica; a é a área do tubo de abastecimento; A é a área do permeâmetro contendo a amostra; L é o comprimento da amostra; t é o tempo que leva a variação da posição da carga de água; h_0 é a posição inicial e h_1 a posição final da carga de água no tubo de abastecimento. Durante as explicações de LIBARDI (1995), este aparelho é mais adequado para solos saturados de K_0 baixo, i.e., $K_0 < 2 \times 10^{-3}$ mm/s.

2.1.8.2.3 - Método de campo

A determinação da condutividade hidráulica em condições de campo, podem ser realizadas na presença como na ausência de lençol freático.

MILLAR (1978) classifica esses dois grupos de métodos em: métodos para medir a condutividade em presença do lençol freático (método do trado, método do piezômetro, método dos dois poços, método dos quatro poços, método da descarga de drenos e método da descarga de poços profundos) e métodos para medir a condutividade em ausência do lençol freático (método do cilindro infiltrômetro, método do tubo duplo e método do poço seco).

Segundo LIBARDI (1995), o método mais simples para a determinação da condutividade hidráulica, na presença do lençol freático, é o método do furo do trado. Visto que, para BATISTA (1992) o equipamento utilizado é muito simples de preparar e de baixo custo. O último autor ainda afirma que para a sua condução necessita dois operadores e seu período de duração; durante a realização do teste, onde vai depender das características da camada testada, podendo nas camadas bastante permeáveis durar 60 seg. e nas camadas de solos muito adensados ou solos muito argilosos durarem 36 h, principalmente em solos com predominância de argila 2:1, como ocorre em solos Vertissolos. Várias são as limitações desse teste, pois entre elas temos que em camadas muito profundas (6,0 m) e de material rochoso ou cascalhento o teste torna-se impraticável.

Na ausência de lençol freático, BATISTA (1992), complementa que o uso do teste com o método do furo do trado, possui como característica a determinação da condutividade hidráulica horizontal das camadas situadas acima do lençol freático.

Identificação da presença de barreiras

E substituição do teste do furo de trado na presença do lençol freático. Dentre suas limitações, este método apresenta em relação ao tempo do teste (durante a sua execução o período é de 10 h), existência de formigueiro (escolher locais distante de áreas de formigueiros ativos do tipo saúva, ou mesmo extintos, devido a riscos de cortar galerias e

não obter valores reais) e solos com elevados teores de sódio (o teste deve ser conduzido com água que contenha 1500 a 2000 ppm de sais, preferencialmente sais de cálcio).

2.2 - Características químicas do solo

A análise química de um solo é de fundamental importância, pois nos mostra suas potencialidades e serve para estudos básicos de gênese, evolução e caracterização da umidade do solo (MONIZ, 1975). MELO et al. (1993) definem que um solo fértil é aquele que contém todos os nutrientes essenciais na forma assimilável em quantidades suficientes e balanceadas, devem estar razoavelmente livre de materiais tóxicos e possuir propriedades físicas satisfatórias.

De acordo com o DNPEA / SUDENE (1971), os solos: Areia quartzosa, Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico Latossólico (Franco Arenoso), Podzólico Vermelho Amarelo Latossólico (Areia Franca) e Cambissolo Eutrófico (Franco Argilo-Arenoso) existentes no Rio Grande do Norte são classificados da seguinte maneira:

a) Areia Quartzosa

A existência desses solos que quimicamente se apresentam como ácidos a moderadamente ácidos, apresentam teores de carbono orgânico sempre baixos, diminuindo, ainda mais, gradativamente com a profundidade, possuem soma de bases trocáveis (valor S) baixa ao longo de todo perfil, adquirem saturação de bases média a alta, relação molecular Ki baixa, na ordem 1,93 a 2,10 enquanto que a relação molecular Kr é da ordem 1,66 a 1,69. Estes solos apresentam condutividade hidráulica superior a $K \geq 25,4$ cm/h, apresentando classe de permeabilidade muito rápida.

b) Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico Latossólico

Os solos Podzólicos Vermelho Amarelo Eutrófico Latossólico, encontrados no Estado, são solos bastantes intemperizados de elevada fertilidade. Apresentam pH variando de 6,0 à 7,1, ausência de Al^{3+} (alumínio) e H^+ (hidrogênio) trocáveis, onde este último, quando existir, seu valor apresentado torna-se bastante baixo. No que diz respeito à condutividade hidráulica desses solos, apresentam como permeabilidade na faixa de moderadamente lenta, isto é, $0,51 \leq K \leq 2,0$ cm/h.

c) Podzólico Vermelho Amarelo Latossólico

Os solos desta classe, apresentam baixos teores de P (fósforo) assimilável, igual ou inferiores a 1 ppm. Estes solos são pobres com relação a reserva de minerais primários de fácil intemperização. Estando estes solos com permeabilidade na faixa de $6,3 \leq K \leq 12,7$, isto é, sua permeabilidade está na classe moderadamente rápida.

d) Cambissolo Eutrófico

Estes solos não são muito evoluídos, com presença significativa de minerais primários de fácil intemperização, fertilidade natural alta. Apresentam reação alcalina ou praticamente neutra (pH variando de 6,8 a 8,1). Os elementos cálcio e magnésio são presentes em teores elevados limitando a absorção de micronutrientes, como zinco, podendo limitar a produtividade de algumas plantas. O K (potássio) não se constitui como elemento de deficiência para as culturas desenvolvidas em solos do nosso Estado. A condutividade apresentada por estes solos, na faixa de $0,51 \leq K \leq 2,0$ cm/h, mostra que estes solos apresentam uma permeabilidade moderadamente lenta.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Aspectos gerais

A determinação da condutividade hidráulica dos solos foi realizado através de um permeâmetro de carga constante, no Laboratório de Irrigação - Anexo I do Departamento de Engenharia Agrícola da Escola Superior de Agricultura de Mossoró (ESAM). Mossoró-RN, situada a 5°11' de latitude sul e a 37° 20' de longitude oeste, com precipitação média anual de 679,5 mm. O clima predominante da região, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo Bsw^h, i.e., muito quente com estação de chuva no verão atrasando-se para o outono e 4aTH pela classificação de Gaussen & Bagnouls, ou seja, tropical quente de seca acentuada com índice xerotérmico entre 150 à 200 e com 7 a 8 meses secos (DNPEA/SUDENE, 1971).

3.2 - Descrição dos locais de origem e classificação dos solos

Os solos coletados foram adquiridos de áreas virgens, localizados no município de Mossoró e Serra do Mel - RN, sendo originados das seguintes propriedades:

3.2.1 - Fazenda São João - Município de Mossoró-RN.

- **Área: "Sol Nascente"** - Localizada ao lado direito da RN - 015, que liga os municípios de Mossoró-Baraúna, km 04. Apresenta um relevo plano com declividade de 0 à 3%. O solo situado nessa área está classificado como **Podzólico Vermelho Amarelo Latossólico - PV** (Franco Argiloso) (RÊGO, 1993).

- **Área: “Junqueira”** - Localizada ao lado esquerdo da RN - 015, km 04. O relevo da área é plano, com solos profundos, porosos, perfeita drenagem e moderadamente ácidos à praticamente neutros. O solo é classificado como **Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico Latossólico - PE** (Areia Franca) (BEZERRA, 1993).

- **Área: “MO-55”** - Localizada ao lado esquerdo da RN-015 km 04. Apresentando relevo plano. O solo é classificado com **Cambissolo Eutrófico - Ce** (Franco Argilo-Arenoso). Na área, existem outros solos **Podzólicos** derivados de arenito calcífero influenciado pelo calcário (MASCARENHAS FILHO,1994).

3.2.2 - Vila Goiás - Município de Serra do Mel-RN

- **Área: Vila Goiás** - Localizada ao lado esquerdo da estrada que liga as vilas Goiás e Paraná, aproximadamente no Km 03, no município de Serra do Mel à 60 Km de Mossoró - RN. O solo é classificado como **Areia Quartzosa distrófica - AQd** .

Nas áreas da Fazenda São João realizou-se previamente a construção de um “dique de contenção” com 0,20m de altura que circundava uma área quadrada de solo, com dimensões (1,5m x 1,5m) que permitiu a infiltração uniforme de 400 litros de água. Após a sua completa infiltração, quando os solos atingiram aproximadamente a capacidade de campo, efetuou-se a coleta das amostras indeformadas, aproximadamente à 10 cm de profundidade.

O material foi coletado através de um duplo cilindro amostrador do tipo “Uhland” com cilindro interno de PVC com diâmetro interno de 54,3mm, altura de 60,3mm e espessura da parede de 2,2mm. Foram após a coleta acondicionados em sacos plásticos, etiquetados e levados ao laboratório da irrigação - Anexo I do ENA, para determinação da condutividade hidráulica.

Outras amostras, com aproximadamente de 2kg foram coletados de cada solo, à mesma profundidade de 10cm e enviados ao laboratório de Solos e Geologia da ESAM, para serem procedidos outras determinações físicas e químicas.

3.3 - Dados da infiltração básica dos solos

Os dados da infiltração básica (Ib), dos solos da Fazenda São João são encontrados nos trabalhos de RÊGO (1993), BEZERRA (1993) e MASCARENHAS FILHO (1994), estão apresentados no Quadro 2:

QUADRO 2 - Valores de Infiltração Básica (Ib) dos diferentes tipos de solos apresentados por RÊGO (1993), BEZERRA (1993) e MASCARENHAS FILHO (1994).

Solos	Ib* (cm/h)
PV	65,613
PE	11,489
Ce	10,794

* Obtidos segundo BERNARDO (1987).

3.4 - Instalação do permeâmetro

Para a medição da condutividade hidráulica, utilizou-se 10 unidades do permeâmetro apresentado por PORTO FILHO (1990), instalado para operar em série com carga constante, conforme ilustrado na Figura 1.

A determinação quantitativa da condutividade hidráulica, obtida pelo permeâmetro de carga constante foi realizado de acordo com MILLAR (1978) conforme a cronometragem de tempos dos volumes coletados em um bequer de 500ml e posterior medida em uma proveta de 100ml com aferição de 1 ml.

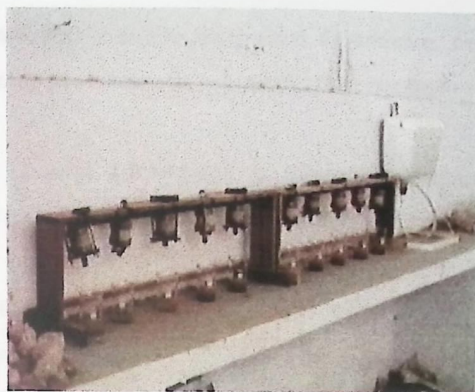


FIGURA 1 - Detalhamento do permeômetro de carga constante.

3.5 - Comprimento e secção transversal da amostra, carga de água e tempo utilizado para cada solo submetido ao permeâmetro de carga constante.

As amostras apresentaram as seguintes características: comprimento da amostra: $L = 6,03\text{cm}$, secção transversal da amostra: $A = 23,16\text{cm}^2$, carga hidráulica: $h = 13,69\text{cm}$.

O tempo utilizado para cada solo submetido ao permeâmetro de carga constante foi: Areia Quartzosa ($t = 11,88\text{s}$), Podzólico Vermelho Amarelo Latossólico (Areia Franca) ($t=281,08\text{s}$), Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico latossólico (Franco Arenoso) ($t=317,08\text{s}$), Cambissolo Eutrófico (Franco Argiloso - Arenoso) ($t=558,05\text{s}$).

A vazão apresentada por repetição em cada solo submetido ao permeâmetro estão apresentados no Quadro 1A, no apêndice.

3.6. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 10 repetições para cada solo analisado.

O processamento de dados do referido delineamento foi realizado através do software SAEG versão 4.0 desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa - (UFV) MG.

3.7 - Análises físicas dos solos

3.7.1 - Análise granulométrica

Determinada através do método da pipeta, segundo a metodologia de BRASIL (1997), utilizando-se como dispersante o hexametáfosfato de sódio tamponado com carbonato de sódio.

3.7.2 - Densidade aparente

A densidade aparente foi determinada pelo método do cilindro, com amostra indeformada, seguindo a metodologia de BRASIL (1997).

3.7.3 - Densidade de partícula

A determinação da densidade de partícula foi feita de acordo com Black (1965), citado por MOTA (1976).

3.7.4 - Porosidade total

A determinação da porosidade total foi realizada indiretamente a partir das densidades aparente e de partículas de acordo com Vomocil (1965), citado por TRIGO (1990), através da seguinte expressão:

$$Pt = 100 (1 - Ds/Dp)$$

Onde, Pt = porosidade total, (%); Ds = densidade do solo, (g/cm³); Dp = densidade de partículas, (g/cm³).

3.7.5 - Curvas características de umidade do solo

A curva característica de umidade do solo ou curva de retenção foi determinada das amostras deformadas, submetidas às pressões de 0,01; 0,03; 0,10; 0,30 e 1,50 MPa, utilizando-se para isto, placas de cerâmicas com metodologia contida no manual de análise (BRASIL, 1997).

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise Granulométrica

A distribuição percentual das frações granulométricas e a classificação textural dos diferentes solos coletados, estão apresentados no QUADRO 3.

QUADRO 3 - Análise Granulométrica e Classificação Textural dos Solos Coletados no Município de Mossoró e de Serra do Mel-RN.

Solos	Granulometria (%)				Classificação Textual
	AG	AF	Silte	Argila	
Aqd	67	28	1	4	Areia
PE	37	27	21	15	Franco Arenoso
PV	53	25	16	6	Areia Franca
Ce	37	20	15	28	Argilo Arenoso

Observamos no Quadro 3, de uma forma geral, que o percentual de areia grossa apresentaram superioridade ao de areia fina e que estes valores associados, foram sempre superiores quando comparados aos valores de silte mais argila; concordando com análise realizadas pelo DNPEA/SUDENE (1971) e ERNESTO SOBRINHO (1980).

Os solos analisados, apresentaram diferenças na sua classificação textural de acordo com triângulo textural apresentado no Manual de Métodos de Análises de Solo (BRASIL, 1997).

A Areia Quartzosa além da textura arenosa, tem uma fração de areia grossa maior e baixos teores de siltes e argila. Nos Podzólicos verifica-se textura Franco Arenosa e Areia Franca, respectivamente. O Cambissolo apresenta-se na classe textural Franco Argilo-Arenosa.

Como REICHARDT (1990) afirma, os solos arenosos apresentam teores superiores de 85% de areia. Para os solos Franco Arenosos são apresentados teores de areia maiores que 52% e de silte mais argila acima de 30%. Os solos da classe textural Areia Franca (ou textura média) apresentam de 70 à 85% de areia e a porcentagem de silte mais argila é maior que 15%, nesse caso, os seus teores de silte mais argila superaram os teores encontrados nos solos arenosos e para os solos Franco Argilo-Arenosos, BRADY (1989) classifica como uma mistura de partículas de areia, silte e argila que existem propriedades leves e pesadas em proporções equilibradas.

4.2 - Densidade aparente, Densidade de partículas e Porosidade total

No Quadro 4 estão apresentados os resultados da densidade aparente, densidade de partículas e porosidade total dos solos que foram submetidos ao permeâmetro de carga constante, para determinação da condutividade hidráulica.

QUADRO 4 - Densidade aparente (Da), Densidade de partículas (Dp) e Porosidade total (Pt) de diferentes solos empregados para o teste de Condutividade Hidráulica.

Solo	Da (Mg/m ³)	Dp (Mg/m ³)	Pt (%)
Areia Quartzosa	1,72	2,59	33,59
Podzólico Vermelho Amarelo Latossólico (Franco Arenoso)	1,23	2,47	50,20
Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico Latossólico (Areia Franca)	1,28	2,59	50,58
Cambissolo Eutrófico (Franco Argiloso-arenoso)	1,28	2,49	48,59

Os valores da densidade aparente dos diferentes tipos de solos variaram de 1,23 à 1,72 Mg/cm³. Estando dentro das variações proposta por GALETI (1973) para solos de textura arenosa (1,5 a 1,8 Mg/cm³) e por RICHARDT (1990) para solos Franco Arenoso e Franco Argilo-Arenosos (1,0 a 1,4 Mg/cm³).

Esses autores afirmam que a razão dos solos arenosos possuírem maior densidade do solo que os argilosos, é consequência desses solos arenosos apresentarem reduzido teor de matéria orgânica, reduzindo a porosidade total e consequentemente, aumentando a sua densidade aparente.

A densidade de partículas apresenta o intervalo: 2,47 à 2,59 Mg/cm³, não estando de acordo com as propostas de KLAR (1984), REICHARDT (1985) e BRADY (1989), que varia de (2,60 à 2,75 Mg/cm³) para solos minerais, que apresentam na sua composição: quartzo, feldspato e silicatos coloidais. Os baixos valores obtidos ocorreram devido a própria natureza da mineralogia da fração grosseira desses solos (onde predominam Feldspatos e quartzo intemperizados apenas fisicamente). Como todas as amostras para pesquisa em tela foram coletadas a profundidade de 0-20cm, a quantidade de matéria orgânica presente nos solos foi suficiente para manter dentro desse intervalo. Os dados estão concordando com BRADY (1989), que afirma que os materiais de solos na superfície possuem geralmente densidade de partículas mais baixas do que os subsolos. VIEIRA (1988) mostra que a matéria orgânica também pode diminuir os limites de densidade de partículas até 1,95 Mg/cm³ e que solos provenientes de rochas básicas alcançam até 3,20 Mg/cm³.

Os dados da porosidade total, apresentados no Quadro 4, variaram de 33,59 à 50,58%. BRADY (1989) mostra que existe diferença consideráveis no total de espaços dos poros nos diversos tipos de solos, afirmando que em solos arenosos de superfície, a faixa de porosidade situa-se de 35 a 50%, enquanto que em solos argilosos a variação é de 40 a 60%, ou ainda mais, em casos de solos com elevados teores de matéria orgânica.

No Quadro 4, o valor baixo da porosidade total apresentado na Areia Quartzosa, ocorreu devido aos baixos teores de matéria orgânica e elevado teores de areia

proporcionando uma elevação na densidade aparente e, conseqüentemente, a diminuição de sua porosidade. Para os demais solos, os valores da porosidade variam dentro do intervalo supracitado, devido aos teores de matéria orgânica suficiente para permanecer dentro dessa escala. Assim estando dentro dos intervalos propostos por BRADY (1989). Também confirmado a proposição por GALETI (1973), que afirma que os solos com predominância de argilas são sempre mais porosos que as areias; à medida que aumenta o teor de matéria orgânica a sua porosidade total também será aumentada.

4.3. Curvas de depleção de umidade e disponibilidade de água no solo.

Os valores do conteúdo volumétrico de água em função das tensões aplicadas e água disponível para cada solo em análise, estão apresentados nos Quadros 5 e 6, respectivamente. As curvas de depleção de umidade e a representação, em volume, da água disponível por hectare, para cada cm de profundidade do solo, estão ilustrados nas Figuras 1A, 2A, 3A e 4A (Apêndice).

QUADRO 5 - Conteúdo volumétrico de águas, submetidos a várias tensões

Solos	Tensões (MPa)				
	0,01	0,03	0,10	0,30	1,50
	θ (%)*				
AQd	26,40	24,06	20,28	16,80	15,22
PE	29,82	27,18	18,73	15,94	14,35
PV	18,76	16,91	11,57	8,87	7,68
Ce	44,20	42,60	36,30	20,60	16,50

AQd - Areia Quartzosa

PV - Podzólico Vermelho-amarelo Latossólico

PE - Podzólico Vermelho-amarelo Equivalente Eutrófico Latossólico

Ce - Cambissolo Eutrófico

* θ (%) = $U \times d_a \times 100$

Onde: U = Teor de umidade em massa, de cada solo submetido a diferentes tensões
 d_a = densidade aparente do solo

QUADRO 6 - Água disponível (AD), Capacidade Total d'água (CTA) e Capacidade Real d'água (CRA) para Diferentes Texturas de Solos do Município de Mossoró-RN, considerando a cultura do milho¹

Textura	Solo	Nome das classes de Textura dos solos básicos	AD ² (m ³ /ha/cm)	CTA (m ³ /ha)	CRA (m ³ /há)
Grossa	AQd	Areia	10,99	550	275,0
Moderadamente grossa	PE	Franco Arenoso	15,46	773	386
Grossa	PV	Areia Franca	11,10	555	277
Moderadamente fina	Ce	Franco Argiloso Arenoso	27,6	13,8	6,9

1. Cultura: milho (*Zea mays* L.); Z = 50 cm e f = 0,5

2. AD = (CC - PM) x da

CTA = AD x Z

CRA = CTA x f

Os valores de água disponível (AD) encontrados no Quadro 6, se apresentam dentro dos padrões de variação apresentado por BERNARDO (1987). Exceto para Cambissolo eutrófico classe textural Franco Argilo-Arenoso que apresenta valores de AD maior. Talvez devido apresentar textura moderadamente fina, concordando com BRADY (1989) ao afirmar que na medida que a textura se apresenta mais fina, ocorre um aumento geral na armazenagem de água disponível. Entretanto para este solo de textura moderadamente fina, via de regra, ocorre menor capacidade de retenção de água disponível do que os outros solos de textura média e grossa, por apresentar na sua superfície argila de atividade alta, como mostra ERNESTO SOBRINHO (1980).

4.4. Condutividade Hidráulica

O Quadro 7 mostra uma síntese da análise da variância da condutividade hidráulica dos diferentes tipos de solos determinado em permeâmetro de carga constante.

QUADRO 7 - Análise de variância da condutividade hidráulica dos diferentes tipos de solos representativos da região de Mossoró-RN.

FV	GL	SQ	QM	F
Solo	3	114319,7	38106,58	55,79**
Resíduo	36	24588,52	683,01	

** Significativo ao nível de 0,01 pelo teste "F" de Fisher

Onde verifica-se efeito significativo para solos ao nível de significância de 1% de probabilidade, demonstrando que o método proposto para avaliar a condutividade hidráulica dos solos, é sensível à variações nas características físicas.

No Quadro 8 são apresentados os valores médios da condutividade hidráulica (K) em cm/h, desvio padrão (S) e coeficiente de variação (CV) para cada solo analisado. A comparação das médias da condutividade hidráulica dos diferentes solos indicou que a AQd apresentou estatisticamente superior aos PE, PV e Ce que não diferiram entre si. Este resultado deve-se provavelmente a uma textura mais grossa apresentada pela AQd em relação aos outros três solos, concordando com o preconizado por KLAR (1991). Observa-se um elevado coeficiente de variação para os dados estimados nos solos PE e Ce, evidenciando que nos solos mais argilosos, ocorre maior variabilidade nas determinações. Isso mostra que há uma diminuição na sensibilidade do método proposto quando o solo apresenta textura arenosa. Esse feito é consequência da microporosidade desses solos e no arranjo desses poros.

QUADRO 8 - Valores médios de condutividade hidráulica (K), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) dos diferentes solos representativos da região de Mossoró-RN

Solo	K (cm/h)*	s	CV (%)
AQd	48,41 A	8,31	17,17
PE	1,54 B	1,10	71,43
PV	12,60 B	16,67	132,35
Ce	1,50 B	2,41	160,67

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey

Enquadrando os valores da condutividade hidráulica dos diferentes solos apresentados no Quadro 8 com a classificação da permeabilidade dos perfis de solos de FORSYTHE (1975), rotulou-se seus grupos conforme mostra o Quadro 9.

QUADRO 9 - Classificação da Condutividade Hidráulica dos Solos de Diferentes Texturas de Solos do Município de Mossoró-RN, de Acordo com as Classes de Permeabilidade de FORSYTHE (1975).

Solo	Textura	Nome das classes de textura dos solos básicos	K (cm/h)	Classe de permeabilidade
AQd	Grossa	Areia	48,41	Muito rápida
PE	Moderadamente grossa	Franco Arenoso	1,54	Moderadamente lenta
PV	Grossa	Areia Franca	12,60	Moderadamente rápida
Ce	Moderadamente fina	Franco Argilo-Arenoso	1,50	Moderadamente lenta

Os resultados acima apresentados pelos solos, estão de acordo com KLAR (1991), onde o mesmo explana que os fatores que mais diretamente influenciam nos valores da condutividade hidráulica dos solos são: textura, porosidade e tamanho dos poros. Já para BRADY (1989), a matéria orgânica influência aumentando a capacidade de retenção de água, reduz a plasticidade e a coesão e auxilia a granulação, tornando-se fatores que

influenciam indiretamente nos valores da permeabilidade dos solos como mostra as variações apresentadas nos Quadros 3, 4, 5 e 6.

Realizando uma comparação entre os dados da infiltração básica, apresentados no Quadro 2, com os valores da condutividade hidráulica, como mostra o Quadro 8, se observa que os valores da velocidade de infiltração básica dos solos, determinada pelo método do cilindro infiltrômetro no campo, apresentaram uma superioridade quanto ao método de laboratório de 5,21 vezes para o solo PV; 7,46 vezes para PE e 7,20 vezes para Ce.

4.5. Análises químicas dos solos

As análises químicas foram realizadas com amostras deformadas, retiradas na mesma profundidade que as amostras indeformadas e seus resultados estão apresentados no Quadro 10.

QUADRO 10 - Resultados da análise química realizados com amostras de diferentes texturas do município de Mossoró.

SOLOS	PH (1:2,5) H ₂ O	COMPLEXO SORTIDO (cmol / kg)					P		CE (dS/m) **	
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺	(mg/Kg)	Classificação*	1:5	Es
AQd	4,7	0,7	0,7	0,01	0,15	1,32	15	M	0,035	-
PV	5,6	2,1	1,2	0,07	0,05	2,31	8	B	0,070	0,059
PE	6,8	6,4	1,7	0,08	0,00	2,15	135	A	0,113	0,521
Ce	7,1	11,5	2,6	0,10	0,00	1,49	56	A	0,120	0,597

AQd = Areia Quartzosa;

PV = Podzólico Vermelho Amarelo Latossólico (Franco Arenoso);

PE = Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico Latossólico (Areia Franca);

Ce = Cambissolo Eutrófico (Franco Argilo Arenoso);

*Classificação: B - baixo: M - médio: A - alto;

**Condutividade Elétrica determinada no extrato 1:5 e estimada para o extrato da saturação: CE_s = 10.7546

x CE_{1:5} - 0.6939.

5. CONCLUSÕES

A Areia Quartzosa (AQd) apresentou classe de condutividade hidráulica muito rápida (48,41 cm/h); o Podzólico Vermelho Amarelo Latossólico (PV), apresentou condutividade hidráulica moderadamente rápida (12,60 cm/h); os solos Podzólicos Vermelho Amarelo equivalente Eutrófico Latossólico (PE) e o Cambissolo Eutrófico (Ce) apresentaram uma condutividade hidráulica moderadamente lenta, (1,54 e 1,50 cm/h, respectivamente).

A velocidade de infiltração básica nos solos, submetidos ao teste de campo com o cilindro infiltrômetro, apresentou superioridade à condutividade hidráulica de 5,21 vezes para o solo PV; 7,46 vezes para PE e 7,20 vezes para Ce.

6. RESUMO

Objetivando a determinação da condutividade hidráulica através de um permeâmetro de carga constante em quatro tipos de solos: Podzólico Vermelho Amarelo Latossólico (PV), Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico Latossólico (PE); Cambissolo Eutrófico (Ce) e Areia Quartzosa Distrófica (AQd), sendo que os três primeiros foram originados do município de Mossoró e o último de Serra do Mel-RN, a uma profundidade de 10cm em estado indeformável, realizou-se um experimento no Laboratório de Irrigação (Anexo I) do Departamento de Engenharia Agrícola da ESAM. Estes solos foram submetidos ao delineamento experimental inteiramente casualizados com 10 repetições para cada solo. Conforme as análises os solos apresentaram condutividade hidráulica muito rápida (48,41cm/h-AQd), moderadamente rápida (12,60cm/h-PV), e dois solos moderadamente lento (1,54cm/h-PE e 1,50cm/h-Ce). A velocidade de infiltração básica foi superior à condutividade hidráulica em 5,21 vezes para o PV; 7,46 vezes para o PE e 7,20 vezes para o Ce.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMIN, S. L. **Análise comparativa das técnicas de determinação das características de infiltração na irrigação por sulcos.** Fortaleza, UFC. 1985 136 p. (Tese de Mestrado).
- BATISTA, M. de J. **Condutividade hidráulica.** CODEVASF. Divisão de Irrigação e Drenagem. Brasília, 1992.
- BERNARDO, S. **Manual de Irrigação.** 4ª ed. Viçosa, MG, UFV: Imprensa Universitária, 1987. 487 p. Ilust.
- BERTOL, L.; SANTOS, J. C. P. **Uso do solo e propriedades física-hídricas no Planalto Catarinense. Pesquisa Agropecuária Brasileira.** v. 30, n. 2, p. 263-267, fev. 1995.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** Piracicaba: Livro Ceres, 1985. 368 p.
- BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos.** 7ª ed. Rio de Janeiro; Freitas Bastos, 1989. 647 p.
- BEZERRA, J.W. T. **Caracterização físico-hídrica de um solo Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico (Latossólico Textura Argilosa Fase Caatinga Hiperxerófila).** Mossoró: ESAM, 1993. 47 p. (Monografia de graduação)
- BRASIL, **Levantamento exploratório.** Reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte. [p. 1] DNPEA/SUDENE, 1971. 531 p.

- BRASIL, **Manual de Métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro. EMPRAPA, 1979.
- CINTRA, E. L. D. et al. Caracterização física do solo submetido a prática de manejo em pomar de laranja baianinha. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v. 18, n. 2, p. 173-179, fev. 1983.
- CORREA, J. C. Características físico-hídricas dos solos Latossolo Amarelo, Podzólico Vermelho e Podzol Hidromórfico do Estado do Amazonas. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v. 19, n. 3, p. 347-360, 1984.
- CORREA, J. C.; REICHARDT, K. Efeito do tempo de uso das pastagens sobre as propriedades de um Latossolo Amarelo da Amazônia Central. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v. 30, n. 1, p. 107-114, jan. 1995.
- CRUCIANI, D. E. **A drenagem na agricultura**. 4ª ed. São Paulo: Nobel 1987. 337 p.
- ERNESTO SOBRINHO, F. **Caracterização gênese e interpretação para uso de solos derivados de calcário da região da Chapada do Apodi**. Rio Grande do Norte. Coleção Mossoroense, vol. - CXII, 1980. 133 p.
- FORSYTHE, W. Física de Suelos, **Manual de laboratório**. Série: Libros Y Materiales Educativos nº 25. San José, Costa Rica. Abril de 1995. 212 p.
- GALETI, P. A. **Conservação do solo: reflorestamento; clima**. 2ª ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino, 1973. 286 p.
- GROHMANN, F. Porosidade. In: MONIZ, A. C. (Coord.). **Elementos de pedologia**. Rio de Janeiro: LTC, 1975. 459 p. p. 77-84.
- HENIN, S.; GRAS, R.; MONNIER, G. **Os solos agrícolas**. São Paulo: Forense - Universidade 1976. 327 p.

- HILLEL, D. "Solo e água - fenômenos e princípios físicos". Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS, Porto Alegre, 1970. 231 p.
- JORGE, J. A. **Física e manejo dos solos tropicais**. Campinas, 1986. 328 p.
- KLAR, A. E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. São Paulo. Nobel. 1984. 408 p.
- KLAR, A. E. **Irrigação: frequência e quantidade de aplicação**. São Paulo. 1991. 157 p.
- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo. Editora Agronômica Ceres, 1979. 262 p.
- LEMOES, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de métodos de trabalho de campo**. Campinas: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 1976. 36 p.
- LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. Piracicaba, 1995. 497 p.
- MASCARENHAS FILHO, W. **Caracterização Físico-Hídrica e Química de um solo Cambissolo Eutrófico derivado de calcário na fazenda São João, Município de Mossoró/RN**. Mossoró: ESAM, 1994. 60 p. (Monografia de graduação)
- MEDINA, H. P. Classificação textural. In: MONIZ, A. C. (Coord.). **Elementos de pedologia**. Rio de Janeiro: lec. 1975. 459 p. p. 21-28.
- MELO, F. A. F. do; BRASIL SOBRINHO, M. O. C.; ARZOLA, S.; SILVEIRA, R. J.; COBRA NETTO, A. e KIEHL, J. C. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1983. 400 p.
- MILLAR, A. A. **Drenagem de terras agrícolas: bases agronômicas**. São Paulo. McGraw-Hill do Brasil LTDA, 1978. 276 p.

MILLAR, C. E.; TURK, L. M. e FOTH, H. D. **Fundamentos de la ciencia del suelo.** Espanha: Companhia Editorial Continental S.A., 1975. 527 p.

MONIZ, A. C. **Elementos de pedologia.** Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975, 459 p.

MOTA, F. O. B. **Retenção de água em perfil Alfisol do município de Mossoró-RN.** Piracicaba: ESALQ, 1976. 70 p. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas) - ESALQ, 1976.

OSAKI, F. **Calagem e adubação/ Flora Osaki.** 2ª ed. atual e amp. Campinas, SP: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991. 503 p.

PORTO FILHO, F. de Q. Um novo aparelhamento para medição da condutividade hidráulica em amostras de solo não deformadas. **Caatinga.** 7(único): out. 1990, p. 346-349.

QUEIROZ FILHO, S. de; MILLAR, A. A.; BOERS, M. Características da infiltração em Vertissolo do Sub-Médio São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 15º, 1976. Campinas, p. 63-74.

RAIJ, B. Vam. **Avaliação da fertilidade do solo.** Piracicaba, Instituto do Potassa e Fosfato, 1981. 142 p.

RÊGO, G. A. N. **Características Físico-Hídrica de um Podzólico Vermelho Amarelo Latossólico textura média na Fazenda São João.** Mossoró: ESAM, 1993. 46 p. (Monografia de graduação)

REICHARDT, K. **A água na produção agrícola.** Por Klaus Reichardt, São Paulo: McGraw-Hill do Brasil LTDA, 1978. 119 p.

- REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. Ed. Manole, 1987. 188 p.
- REICHARDT, K. **Processos de transferências no sistema solo-planta-atmosfera**. 4ª ed. Campinas: Fundação Cargil, 1985. 466 p.
- REICHARDT, K. **A água em Sistema Agrícolas**. São Paulo-SP. Ed. Manoel Ltda, 1990, 188 p.
- SIRINO, C. G.; GUERRA, H. O. C. Utilização das relações energia/Umidade na caracterização físico-hídrica dos solos. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v. 29, n. 12, p. 1973-1978, dez. 1994.
- TIBAU, A. O. **Técnicas modernas de irrigação: aspersão, derramento, gotejamento**. São Paulo: Nobel, 1976. 227 p.
- TRIGO, L. F. N. **Relações físico-hídricas em solos de várzeas do baixo curso do Rio Apodi-Mossoró/RN**. Mossoró, ESAM. 1990. 79 p. (Monografia de Especialização em Irrigação e Drenagem).
- VIEIRA, D. B. Relação água-solo-planta. In: Telles, D. A. (Coord.). **Curso de elaboração de projetos de irrigação**. Brasília: Fundação CTH, 1986. p. T1. 87 p.
- VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. e VIEIRA, M. N. F. **Solos propriedades, classificação e manejo**. Brasília: MEC/ABEAS, 1988. 154 p.
- VIEIRA, L. S. **Manual da ciência do solo: com ênfase aos solos tropicais**. 2ª Edição, São Paulo, Ed. Agronômica Ceres. 1988. 464 p.
- WITHERES, B.; VIPOND, S. **Irrigação projetos e prática**. São Paulo: 1977. 339 p.

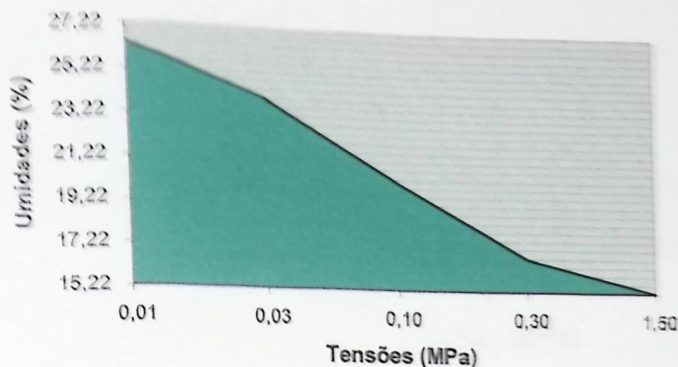
QUADRO 1A - VARIÁVEIS DE INTERESSE E DE CONTROLO

Nome	Unidade	Descrição
Y	Y	Y
X	X	X
Z	Z	Z
W	W	W
V	V	V
U	U	U
T	T	T
S	S	S
R	R	R
Q	Q	Q
P	P	P
O	O	O
N	N	N
M	M	M
L	L	L
K	K	K
J	J	J
I	I	I
H	H	H
G	G	G
F	F	F
E	E	E
D	D	D
C	C	C
B	B	B
A	A	A

APÊNDICE

QUADRO 1A - Vazão apresentada por repetição em cada solo submetido ao permeâmetro de carga constante.

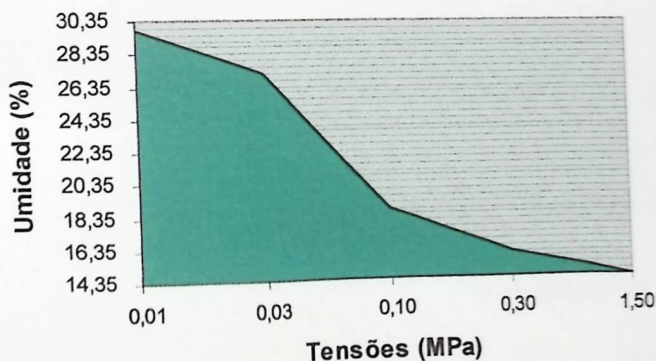
Repetição	AQd	PE	PV	Ce
.....Q(cm ³ /s).....				
1	0,842	0,032	0,107	0,011
2	0,842	0,014	0,158	0,029
3	0,842	0,011	0,063	0,004
4	1,263	0,021	0,016	0,009
5	0,842	0,036	0,199	0,005
6	1,010	0,021	1,214	0,011
7	1,010	0,039	0,391	0,007
8	1,178	0,032	0,120	0,163
9	1,094	0,025	0,278	0,073
10	1,263	0,093	0,104	0,004



Onde: $AD = (CC - PM) \times Da$

$AD = 10,99 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{cm}$ $CC = 15,24\%$ $PM = 8,85\%$

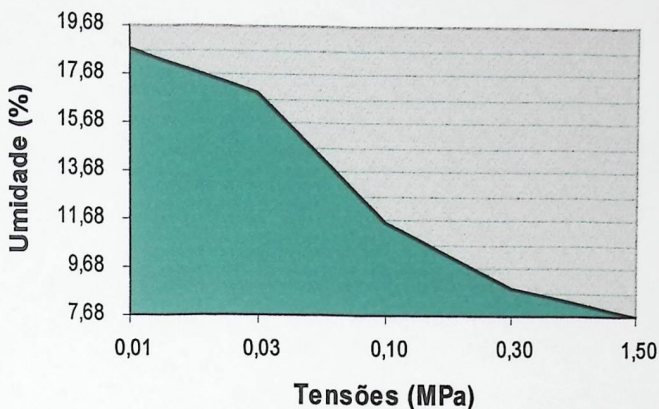
FIGURA 1A – Curva de depleção de umidade de uma AQd submetida a diferentes tensões e representação em volume, da água disponível por hectare, em cada cm de profundidade do solo.



Onde: $AD = (CC - PM) \times Da$

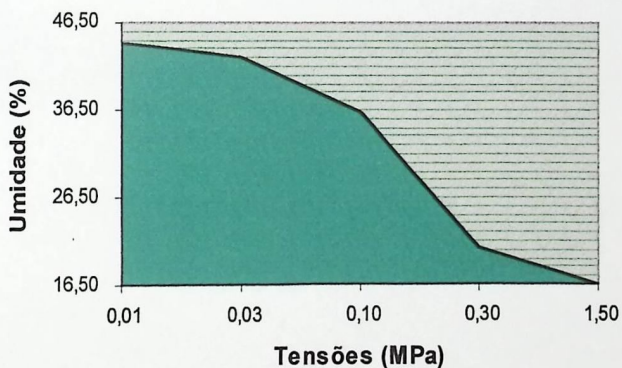
$AD = 11,10 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{cm}$ $CC = 24,24\%$ $PM = 11,67\%$

FIGURA 2A – Curva de depleção de umidade de um PV submetido a diferentes tensões e representação em volume, da água disponível por hectare, em cada cm de profundidade do solo.



Onde: $AD = (CC - PM) \times Da$ $AD = 15,46 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{cm}$ $CC = 14,66\%$ $PM = 5,99\%$

FIGURA 3A – Curva de depleção de umidade de um PE submetido a diferentes tensões e representação em volume, da água disponível por hectare, em cada cm de profundidade do solo.



Onde: $AD = (CC - PM) \times Da$ $AD = 27,6 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{cm}$ $CC = 34,5\%$ $PM = 12,9\%$

FIGURA 4A – Curva de depleção de umidade de um Ce submetido a diferentes tensões e representação em volume, da água disponível por hectare, em cada cm de profundidade do solo.

UFERSA SIGAA - BIBLIOTECAS



SIGAA

2013007898