

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

E S T Á G I O S U P E R V I S I O N A D O

Aluno: Pedro de Alcântara Pitombeira Maia
Orientadora: Norma César de Azevedo



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

APRESENTAÇÃO:

Neste relatório encontra-se uma síntese das atividades desenvolvidas no Laboratório de Irrigação e Salinidades do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba - Campus II, durante o estágio supervisionado, que teve início em 17/08/82, e que foi concluído em 30/08/83.

Durante este período, determinou-se os parâmetros que caracterizam as análises químicas e físicas do solo, como também, foi feita análise de água, classificando-a quanto ao perigo de salinidade e de sódio.

Realizou-se para melhor conhecimento do estagiário no que se refere a Irrigação, um experimento no campo, sobre a determinação da capacidade de infiltração do solo através do Método do Cilindro Infiltrometro

A seguir, tem-se uma descrição dos materiais e métodos utilizados para a determinação de tais parâmetros.

INTRODUÇÃO:

O conhecimento de várias características, como textura, densidade, porosidade, capacidade de campo, ponto de murcha, etc..., através das determinações de parâmetros químicos e físicos do solo, é de fundamental importância na implantação de um sistema de irrigação para diversas culturas, principalmente em regiões áridas e semi-áridas, onde há predominância de solos salinos e sódicos.

Também, uma análise de água é imprescindível, tendo em vista que toda água contém certa quantidade de sais solúveis e que muitas culturas são pouco tolerantes à salinidade.

ÍNDICE

- 1 - Declaração
- 2 - Requerimento
- 3 - Apresentação
- 4 - Introdução

ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

- 5 - Análises físicas do solo
 - 5.1 - Preparo da amostra e cálculo da terra fina
 - 5.2 - Análise granulométrica (método do hidrometro de Bouyoucos).
 - 5.3 - Classificação textural
 - 5.4 - Grau de flocculação e dispersão
 - 5.5 - Densidade aparente ou global (D_a) (Método do torrão)
 - 5.6 - Densidade real (D_r) (Método do picnômetro)
 - 5.7 - Porosidade Total
 - 5.8 - Determinação do teor de umidade atual (Método da estufa)
 - 5.9 - Determinação da umidade a 15 atmosferas (U.M)
 - 5.10 - Determinação da umidade a 1/3 atmosferas (C.C.)
 - 5.11 - Determinação da capacidade de água disponível (C.A.D.)
 - 5.12 - Condutividade hidráulica usando terra fina
- 6 - Análises químicas do solo
 - 6.1 - Potencial hidrogênio (Método do picnômetro)
 - 6.2 - Determinação de cálcio e magnésio trocáveis
 - 6.3 - Determinação de sódio e potássio trocáveis

- 6.4 - Capacidade total de troca de cations (T)
- 6.5 - Condutividade elétrica no extrato de saturação
- 6.6 - Determinação de sódio no extrato de saturação
- 6.7 - Determinação de potássio no extrato de saturação
- 6.8 - Determinação de carbonetos no extrato de saturação
- 6.9 - Determinação de bicarbonatos no extrato de saturação
- 6.10 - Determinação de cloretos no extrato de saturação
- 6.11 - Determinação de sulfatos no extrato de saturação
- 6.12 - Determinação da relação de adsorção de sódio

7 - Análise da água

- 7.1 - Determinação do PH (Método do picnômetro)
- 7.2 - Condutividade elétrica (C.E.)
- 7.3 - Determinação de cálcio (titulação com EDTA a 0,025N)
- 7.4 - Determinação de cálcio + magnésio (titulação com EDTA a 0,025N)
- 7.5 - Determinação de cloretos
- 7.6 - Determinação de carbonatos
- 7.7 - Determinação de bicarbonatos
- 7.8 - Determinação de sódio
- 7.9 - Determinação de Potássio
- 7.10 - Determinação da relação de adsorção de sódio (R.A.S.)
- 7.11 - Perigo de salinidade

7.12 - Perigo de sódio (alcalinidade)

7.13 - Classe da água

7.14 - Conclusão

8 - Experimento de campo

8.1 - Capacidade de infiltração (Método do cilindro
infiltrômetro)

9 - Conclusão.

5 - ANÁLISES FÍSICAS DO SOLO:

5.1 - Preparo da Amostra e Cálculo da Terra Fina

Uma amostra de solo ao dar entrada no laboratório faz-se, primeiramente, o seu registro em livros especiais ou em fichas de registro de resultados. O registro das amostras é feito para possibilitar sua segura identificação posterior. Cada amostra recebe o número de ordem que será usado na identificação em todas as determinações conduzidas sobre esta amostra.

A heterogeneidade do material, ou seja, presença de plantas, fragmentos de rochas, variação de umidade, causa variações nos resultados analíticos. Esta variação é reduzida pelo preparo da amostra que consta, em geral, das seguintes etapas de operação:

- a.) Eliminação de umidade da amostra, ou secagem ao ar;
- b.) Separação do esqueleto de terra das frações e outros fragmentos orgânicos;
- c.) Destorroamento da amostra, isto é, destruição dos torrões;
- d.) Passa-se a parte destorroada através de uma peneira de 2,0mm de malha;
- e.) Separa-se a fração retida na peneira para determinação de pedregulhos e cascalhos;
- f.) Cálcula-se a percentagem de terra fina pela expressão: % terra fina = $100 - (\% \text{ cascalhos} + \% \text{ pedregulhos})$
Peso da amostra = 1.000g
Quantidade retida na malha de 2,0mm = 9,554g.
% terra fina = $100 - \frac{9,544 \times 100}{1.000} = 99\%$

5.2 - Análise Granulométrica (método do hidrômetro de Bouyoucos)

a.) Resumo teórico:

A determinação da percentagem de areia, limo e argila é chamada análise mecânica. Dois métodos são comumente usados, o da pipeta e do hidrômetro. Ambos os métodos dependem das razões diferenciais de sedimentação das partículas do solo em suspensão na água. No método do hidrômetro de Bouyoucos, a concentração das partículas do solo que permanecem em suspensão é determinada usando-se um hidrômetro projetado para medir a densidade da suspensão. A concentração das partículas do solo em suspensão em um determinado tempo depende da razão na qual as partículas se sedimentam-se. As partículas maiores sedimentam-se mais rapidamente que as menores. A velocidade de sedimentação é descrita pela "Lei de Stokes".

b.) Metodologia Aplicada

. Pesa-se 50 gramas de solo de textura fina, transfere-os para um recipiente (becker) adicionando-se 50ml da solução hidróxido de sódio (NaOH) a 1,0N, juntamente com 50ml de água destilada, deixa-se em repouso por aproximadamente 12 horas para que haja dispersão das partículas de solo;

. Transfere-se a solução para um copo de agitador mecânico e adiciona-se aproximadamente $\frac{2}{3}$ de água destilada, agitando-se por 2 (dois) minutos;

. Transfere-se a amostra para uma prove

ta de 1.000ml e completa-se o volume com água destilada. Lê-se a temperatura da amostra;

. Homogeneiza-se a solução por 30 segundos, insere-se o hidrômetro na proveta, e depois de 40 segundos faz-se a leitura. Esta leitura corresponde à fração de argila mais limo contida no solo;

. Após 2 horas torna-se a inserir o hidrômetro e anota-se o resultado, lendo-se novamente a temperatura, esta leitura de 2 horas corresponde à fração de argila.

c.) Cálculos:

. Dados:

Leitura da concentração após 40s = 33g/l.

Leitura da concentração após 2h = 8g/l.

Temperatura da amostra após 40s = 25°C

Temperatura da amostra após 2h = 25°C

. Cálculos das correções.

c.1) Correção das leituras devido à temperatura.

. Transformação da temperatura

Sabemos que: $T_{40s} = T_{2h} = 25^{\circ}\text{C}$.

Temperatura de calibração do hidrômetro (T_c) = 67°F.

Seja: T_a temperatura da amostra
 T_c temperatura de calibração do hidrômetro.

Caso:

Ta Tc corrige-se as leituras com o fator + 0,2g/°F
Ta Tc corrige-se as leituras com o fator - 0,2g/°F.

Transformando a temperatura das leituras em °K, temos:

$$\frac{^{\circ}\text{C}}{5} = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{9} \quad \text{então} \quad \frac{25}{5} = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{9} \quad \text{então} \quad T_{40s} = T_{2h}$$
$$= 77^{\circ}\text{F}$$

Temos: $t = 77^{\circ}\text{F} - 67^{\circ}\text{F} \quad t = 10^{\circ}\text{F}$

Seja: $CT = t \times F_t$ onde $CT = 10^{\circ}\text{F} \times 0,2\text{g}/\ell^{\circ}\text{F}$

então: $CT = 2,0\text{g}/\ell$.

CT Correção devido à temperatura

t Variação entre a temperatura da amostra e a temperatura de calibração.

F_t Fator de temperatura = $0,2\text{g}/\ell^{\circ}\text{F}$.

C.2) Correção das leituras devido ao dispersante

Temos que: Equivalente grama do NaOH = 40g

para uma solução de 1.000ml de hidróxido de sódio (NaOH) a 1,0N temos:

$$N = \frac{m_1}{E_1 \cdot V} \quad \text{onde: } m_1 \text{ massa do soluto}$$

E_1 equivalente-grama do soluto

V volume da solução

N normalidade ou concentração normal.

$$1,0 \frac{\text{eq-g}}{\ell} = \frac{m_1}{40\text{g} \cdot 1\ell}$$

então: $m_1 = 40\text{g}$.

Calculando-se a concentração comum para uma solução de

1.000ml de hidróxido de sódio temos:

$$C = \frac{m}{V} = \frac{40}{1,0} \text{ g/l} \quad C = 40 \text{ g/l}$$

em vista disso teremos:

$$\begin{array}{ccc} 1.000\text{ml} & 40\text{g/l} & \\ 50\text{ml} & X\text{g/l} & X = 2\text{g/l.} \end{array}$$

logo: $C_D = 2\text{g/l}$ onde: C_D Correção devido ao disper_{sante}.

Com isso:

$$CC_{40s} = C_{40s} + C_T - C_D$$

$$CC_{2h} = C_{2h} + C_T - C_D$$

Onde:

CC_{40s} = Concentração corrigida após 40s.

CC_{2h} = Concentração corrigida após 2h.

logo:

$$CC_{40s} = 33\text{g/l} + 2,0\text{g/l} - 2,0\text{g/l} \text{ então } CC_{40s} = 33\text{g/l}$$

$$CC_{2h} = 8,0\text{g/l} + 2,0\text{g/l} - 2,0\text{g/l} \text{ então } CC_{2h} = 8,0\text{g/l.}$$

Nota: C_d Concentração inicial da amostra

C.3) Cálculos das Percentagens:

$$\% (\text{limo} + \text{argila}) = \frac{CC_{40s}}{C_d} \times 100 = \frac{33\text{g/l}}{50\text{g/l}} \times 100 = 66\%$$

$$\% (\text{argila}) = \frac{CC_{2h}}{C_d} \times 100 = \frac{8,0\text{g/l}}{50\text{g/l}} \times 100 = 16\%$$

$$\% (\text{areia}) = 100\% - (\% \text{ argila} + \% \text{ limo}) = 100\% - 66\% = 34\%$$

$$\% (\text{limo}) = (\% \text{ argila} + \% \text{ limo}) - \% \text{ argila} = 66\% - 16\% = 50\%$$

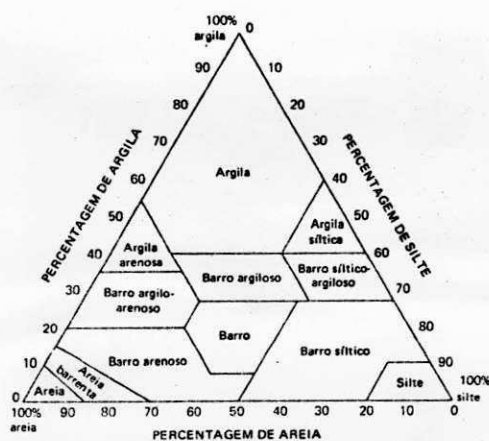
5.3 - Classificação Textural do Solo:

a.) Resumo teórico:

Uma vez que os solos são compostos de partículas que variam consideravelmente quanto ao tamanho e a forma; são necessários, termos específicos que exprimam algumas idéias sobre a sua textura e forneçam certas indicações sobre suas propriedades físicas. Por isso, são usados nomes de classes texturais de solo, tais como; areia, barro arenoso e barro siltoso. Estes nomes se firmaram ao longo de anos de estudo e classificação de solos e se tornaram mais ou menos padronizados. Acham-se identificados três grandes grupos fundamentais de classes texturais de solo: areias, barros e argilas; com base nestes grupos foram imaginados nomes de classes adicionais.

b.) Metodologia aplicada

Na utilização do diagrama, Fig. 1, os pontos correspondentes às percentagens de silte e de argila existentes no solo em causa são respectivamente localizados nas linhas de silte e argila. São traçados então linhas internas, no primeiro caso, paralelas ao lado "argila" e no segundo caso, paralela ao lado "areia" do triângulo. O nome do compartimento em que as duas linhas se cruzam é o designativo da classe em questão.



Portanto concluímos que o solo em estudo no item 5.2, apresenta uma classe textural denominada "barro".

5.4 - Graus de Flocculação e Dispersão:

5.4.1 - Graus de flocculação

O grau de flocculação é uma determinação que se faz em função das percentagens de argila total e argila dispersa em água. A argila dispersa em água é obtida pelo mesmo procedimento da dispersão total, sendo que o dispersante é a água destilada.

a) Cálculos

. Dados:

Concentração inicial (C_0) = 50g/l

Concentração após duas horas (C_{2h}) = 5,0

a.1) Correção da leitura devido à temperatura

T_c Temperatura de calibração do hidrômetro
 T_a Temperatura da amostra.

Caso:

$T_a > T_c$ corrige-se a temperatura com o fator
+ 0,2g/l^oF.

$T_a < T_c$ corrige-se a temperatura com o fator
- 0,2g/l^oF.

. Transformação da temperatura:

$$T_{2h} = 25^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Logo: } \frac{^{\circ}\text{C}}{5} = \frac{^{\circ}\text{F}-32}{9} \quad \frac{25}{5} = \frac{^{\circ}\text{F}-32}{9} \quad \text{então } T_{2h} = 77^{\circ}\text{F}$$

Portanto:

$$T = T_{2h} - T_c = 77^{\circ}\text{F} - 67^{\circ}\text{F} \quad T = 10^{\circ}\text{F}.$$

Então: $CT = t \times F_t$
 $CT = 10^{\circ}\text{F} \times 0,2\text{g}/\ell^{\circ}\text{F}$
 $CT = 2,0\text{g}/\ell$

Onde:

CT Correção devido à temperatura
 t Variação da temperatura
 F_t Fator de temperatura = $0,2\text{g}/\ell^{\circ}\text{F}$

Com isso:

$$CC_{2h} = C_{2h} + CT$$
$$CC_{2h} = 5,0\text{g}/\ell + 2,0\text{g}/\ell$$
$$CC_{2h} = 7,0\text{g}/\ell.$$

Portanto:

$$Cd_{2h} = \frac{CC_{2h}}{C_o} \times 100 = \frac{7,0\text{g}/\ell}{50\text{g}/\ell} \times 100 = 14,0\%$$

Onde:

Cd_{2h} Concentração de argila dispersa em duas horas.

Logo o grau de floculação será:

$$G.F. = \frac{(\text{argila total} - \text{argila dispersa})}{\text{argila total}} \times 100$$

$$G.F. = \frac{(23,6 - 14,0)}{23,6} \times 100 = 40,6\%$$

5.4.2 - Grau de Dispersão (D.D.) :

$$G.D. = 100\% - G.F.$$

$$G.D. = 100\% - 40,6\%$$

$$G.D. = 59,4\%$$

5.5) Densidade Aparente ou Global:

a) Resumo Teórico

A densidade aparente ou global, corresponde à massa de solo sêco por unidade de volume aparente, isto é, volume do solo ao natural, incluindo os espaços ocupados pelo ar e água. Ela é variável e depende da estrutura e compactação do solo. Quanto menos estruturado e mais compactado é o solo, maior é a densidade aparente.

5.5.1) Método do Torrão:

a) Metodologia Aplicada

. Obtêm-se três torrões nas condições naturais do campo com diâmetro de três a cinco centímetros.

. Amarra-se o torrão em uma linha fina e pesa-se o mesmo. Em seguida mergulha-se o torrão em parafina fervende a uma temperatura de aproximadamente 80°C por vinte ou trinta (20/30) segundos.

. Retira-se e espera-se que esta se solidifique. Pesa-se o torrão agora com a película, em seguida coloca-se dentro de uma proveta com água e determina-se o aumento do volume que a introdução do torrão produziu. Este aumento corresponde ao volume do torrão.

sa-se, leva-se à estufa por 24 horas. Uma vez conhecidos o peso seco e o volume do torrão, calcula-se a densidade aparente.

b) Cálculos:

$$\text{Peso do torrão} = 9,5\text{g}$$

$$\text{Peso do torrão} + \text{parafina} = 9,8\text{g}$$

$$\text{Peso do torrão} + \text{parafina na água} = 4,2\text{g}$$

. Determinação da umidade

$$\text{Peso do vidro de relógio} = 39,22\text{g}$$

$$\text{Peso do solo úmido} = 16,28\text{g}$$

$$\text{Peso do solo seco} = (54,75 - 39,22) = 15,73\text{g}$$

Logo:

$$h (\%) = \frac{Pa}{Ps} = \frac{(16,28 - 15,73)}{15,73} \times 100 \quad h (\%) = 3,5\%$$

$$\text{Temperatura da água} = 24^{\circ}\text{C} \quad e \quad = 0,997\text{g/cm}^3$$

Seja:

$$= m_t \quad e \quad a_p = \frac{m_t}{V_t} \quad \text{logo para } T = 4^{\circ}\text{C} \quad a = 1\text{g/cm}^3$$

Onde:

peso específico aparente de um solo ($h = 0$)
 m_t massa total das partículas
 V_t volume total das partículas
 a_p densidade aparente das partículas
 a peso específico da água

$$\text{Considerando no nosso caso:} \quad = 0,997\text{g/cm}^3 \quad 1,0\text{g/cm}^3$$

$$a_p \cdot a = \frac{m_t}{V_t} \quad \text{logo} \quad = \frac{m_t}{V_t} \quad V_t = \frac{m_t}{a}$$

$$V_t = (9,8 - 4,2) \quad V_t = 5,6 \text{ cm}^3$$

calculando "ms" temos:

$$m_a = m_h - m_s \quad \text{como } h\% = \frac{m_a}{m_s} \times 100 \quad m_a = h\% \cdot m_s$$

$$h\% \cdot m_s = m_h - m_s \cdot 100 \quad h\% m_s = 100 - m_s \cdot 100$$

$$h\% \cdot m_s + m_s \cdot 100 = m_h \cdot 100 \quad \text{logo}$$

$$m_s = \frac{m_h \cdot 100}{h\% + 100} = \frac{9,5 \cdot 100}{3,5 + 100} \quad m_s = 9,178 \text{ g}$$

calculando a densidade aparente temos:

$$a_p = \frac{m_s}{V_t} = \frac{9,178}{5,6} \quad a_p = 1,63 \text{ g/cm}^3$$

5.5.2 - Método da proveta:

a) Metodologia aplicada:

. Utiliza-se uma proveta de 100ml com base redonda. Em seguida, adiciona-se aproximadamente na proveta 35ml da amostra do solo de maneira que o solo caia de modo uniforme na proveta.

. Bate-se 10 vezes a proveta sobre um lençol de borracha com o objetivo do solo se aproximar das condições de um solo natural.

. Repete-se o procedimento anterior três (03) vezes, até que o volume de solo colocado na proveta e compactado nesta, nos ofereça um volume de 100ml.

Deve-se elevar a proveta a uns 10cm cm altura durante a batida desta sobre o lençol de borracha.

. Finalmente com a proveta preenchida, pesa-se a massa e anota-se o resultado para os cálculos posteriores.

b) Cálculos:

Dados:

Volume do solo (V_t) = 100ml

Peso (solo + proveta) = 277,50g

Peso da proveta = 117,00g

$$a_p = \frac{M_t}{V_t} = \frac{277,50 - 117,00}{100} \quad a_p = 1,605\text{g/cm}^3$$

5.6) Densidade Real:

a) Resumo Teórico:

A densidade real corresponde à massa por unidade de volume de solo seco. Neste caso, o volume do solo é rigorosamente determinado, sendo considerado somente o espaço ocupado pela matéria sólida do solo. Ela é invariável, sendo independente da estrutura e compactação do solo.

b) Metodologia Aplicada

. Inicialmente pesa-se e enumera-se o

picnômetro, enche-se com água destilada e coloca-se em uma bacia também com água destilada para ferver em banho-maria por 10 minutos.

. Em seguida, retira-se 5g de terra fina e volta-se a ferver por mais 5 minutos, deixa-se esfriar, completa seu volume com a própria água da bacía, mede-se sua temperatura interna, seca-os com uma flanela e volta-se a pesar.

. Retira-se uma pequena amostra do solo, leva-se à estufa para a determinação da umidade.

c) Cálculos:

Dados:

$$T_{\text{interna}} = 23^{\circ}\text{C} \quad \text{então} \quad \bar{a}_{\text{gua}} = 0,9975\text{g}/\text{cm}^3$$

$$\text{Peso do picnômetro } (P_p) = 31,55\text{g}$$

$$\text{Volume do picnômetro } (V_p) = 54,78\text{cm}^3$$

$$\text{Peso (solo + picnômetro + água)} = P_t = 88,85\text{g}$$

. Cálculo da umidade:

$$\text{Peso do vidro de relógio} = 9,7719\text{g}$$

$$\text{Peso do vidro + solo úmido} = 13,7419\text{g}$$

$$\text{Peso do vidro + solo seco} = 13,5260\text{g}$$

$$h(\%) = \frac{P_u}{P_s} = \frac{13,7434 - 13,5260}{13,5260 - 9,7719} = \frac{0,2174}{3,7541}$$

. Cálculo da densidade real:

$$\begin{array}{ll} 100\text{g de solo} & 5,8\text{g de água} \\ 5\text{g de solo} & X\text{g de água} \end{array} \quad X = 0,29\text{g de água}$$

Peso do solo seco (P_s):

$$P_s = 5g - 0,29g \quad P_s = 4,71g$$

Peso da água (P_a):

$$P_a = P_t - P_p - P_s = 88,85 - 31,55 - 4,71 \quad P_a = 52,59g$$

Volume da água (V_a):

$$\bar{v}_{\text{água}} = \frac{M_{\text{água}}}{V_{\text{água}}} \quad V_a = \frac{M_a}{a} = \frac{52,59}{0,9975} \quad V_a = 52,72\text{cm}^3$$

Volume do solo (V_s):

$$V_s = V_p - V_a = 54,78 - 52,72 \quad V_s = 2,06\text{cm}^3$$

Logo:

$$\kappa = \frac{M_s}{V_s} = \frac{4,71}{2,06} \quad \kappa = 2,28\text{g/cm}^3$$

5.7) Porosidade Total (N):

A porosidade constante dos espaços vazios que ficam entre as partículas de solo, e pode ser determinada a partir da seguinte expressão:

$$N = \left(1 - \frac{a_p}{\kappa}\right) \times 100$$

$$\text{Onde: } N = \left(1 - \frac{1,63}{2,28}\right) \times 100 \quad N = 28,50\%$$

a_p = densidade aparente ou global
 κ = densidade real

5.8) Determinação da Umidade Atual (Método da estufa)

a) Resumo Teórico:

Define-se a umidade atual (h) de um solo como sendo a razão entre o peso da água contida num certo volume de solo e o peso da parte sólida existente neste mesmo volume, expressa em percentagem.

b) Metodologia Aplicada:

. Obtem-se uma pequena amostra de solo seco e se coloca em um vidro de relógio previamente numerado e de peso conhecido; pesa-se o solo e anota-se seu valor, levando-o à estufa por 24 horas.

. Em seguida retira-se da estufa e o coloca num dessecador para esfriar, pesa-se e obtem-se o peso do vidro mais o solo seco. Finalmente, determina-se a umidade.

c) Cálculos:

Dados obtidos:

Peso do vidro de relógio (P_v) = 9,21g

Peso do vidro + solo ($P_v + s$) = 13,7220g.

Peso do vidro + solo seco ($P_v + s_s$) = 13,4178g.

Cálculo da umidade:

$$h(\%) = \frac{P_a}{P_{s_s}} = \frac{(P_v + s) - (P_v + s_s)}{(P_v + s_s) - P_v} = \frac{13,7220 - 13,4178}{13,4178 - 9,210}$$

$$h(\%) = 7,23\%$$

5.9) Determinação da Umidade a 15 atmosferas (U.M.)

a) Resumo Teórico:

Esta constante de murchamento foi sugerida por Briggs e Shantz e vem a ser a percentagem de umidade que o solo ainda conserva quando ocorre e se mantém o murchamento da planta.

b) Metodologia Aplicada:

. Coloca-se 25 a 30g de terra fina em anéis de borracha distribuídos sobre uma membrana que se encontra em uma bandeja e adiciona-se água destilada até saturar a amostra de solo, deixando-se por um período de 20 a 24 horas.

. Submete-se a mesma a uma pressão de 15 atm, até que toda água seja drenada, por dois (2) ou três (3) dias aproximadamente.

. Coloca-se a amostra em latas de alumínio numeradas e de peso conhecido, leva-se à estufa por 24 (vinte e quatro) horas a uma temperatura de 105°C aproximadamente. Pesa-se novamente a lata com o solo seco.

c) Cálculos:

Dados obtidos:

Número da lata: 147

Peso da lata (P_ℓ) = 30,56g

Peso da lata + solo úmido ($P_\ell + S_h$) = 47,16g

Peso da lata + solo seco ($P_\ell + S_s$) = 45,30g

$$U.M. (\%) = \frac{(P_l + S_h) - (P_l + S_s)}{(P_l + S_s + P_l)} \cdot 100$$

$$U.M. (\%) = \frac{47,16 - 45,30}{45,30 - 30,56} \cdot 100$$

Logo:

$$U.M. (\%) = 12,62\%$$

5.10) Determinação da Umidade a 1/3 Atmosferas (C.C.):

a) Resumo Teórico:

É a percentagem de água retida pelo solo em condições naturais. Apesar desta constante de umidade ser de caráter bastante prático, e de grande interesse nos planejamentos de irrigação, observa-se a grande confusão sobre os conceitos fundamentais formulados a seu respeito. Considera-se este teor de água sempre superior à umidade equivalente, e inferior à água capilar máxima.

b) Metodologia Aplicada:

. Coloca-se 25 a 30g de terra fina em anéis de borracha distribuídos sobre uma placa de cerâmica e satura-se a amostra.

. Transfere-se a placa porosa para a prensa de pressão e aplica-se uma pressão de 1/3 de atmosferas, até que toda água seja drenada (em torno de 20 a 24 (vinte a vinte e quatro) horas).

. Logo após, coloca-se a amostra em la

tas de alumínio numeradas e de peso conhecido e leva-se à estufa por 24 (vinte e quatro) horas a uma temperatura de 105°C aproximadamente. Pesa-se novamente a lata com o solo seco.

c) Cálculos:

Dados:

Tara da lata = 30,55g

Tara da lata + solo úmido = 53,20g

Tara da lata + solo seco em estufa = 50,05g

$$C_c (\%) = \frac{(P_{\text{solo úmido}} - P_{\text{solo seco}})}{P_{\text{solo seco}}} \cdot 100$$

Peso do solo úmido = 53,20g - 30,55g = 22,65g

Peso do solo seco = 50,05g - 30,55g = 19,50g

$$\text{Logo: } C_c (\%) = \frac{(22,65 - 19,50)}{19,50} \cdot 100 \text{ então } C_c (\%) = 16,15\%$$

5.11) Determinação da Capacidade de Água Disponível
C.A.D.:

a) Resumo Teórico:

De acordo com estas definições e conceitos expostos por diversos autores a respeito das constantes de umidade, pode-se considerar, do ponto de vista prático, que toda a água retida no solo acima da umidade de murchamento pode ser aproveitada pelas plantas. As condições desse aproveitamento são controversas, dependendo de dois conceitos tradicionais ainda em discussão:

O primeiro, definido por Veihmeyer e Hendrichson, admite que toda planta aproveita toda a água retida no solo desde a capacidade de campo até a umidade de murchamento.

O segundo, definido por Richards e Wadleigh admite que a planta não aproveita igualmente toda a água retida naquelas condições. À medida que o teor de água se aproxima do ponto de murchamento, seu aproveitamento vai-se tornando mais difícil.

b) Cálculos:

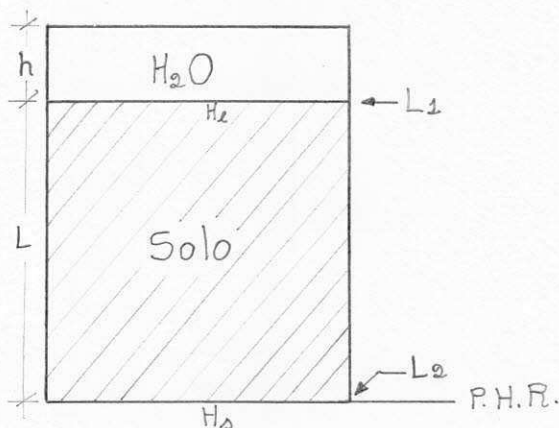
$$C.A.D. (\%) = C_c (\%) - U.M. (\%)$$

então: $C.A.D. (\%) = 16,15 - 12,62 \quad C.A.D. (\%) = 3,53\%$

5.12) Condutividade Hidráulica Usando Terra Fina (Método do Permeâmetro de Carga Constante)

a) Resumo Teórico:

Neste método, se tem o movimento de água numa coluna em posição vertical, conforme o desenho abaixo:



A carga hidráulica (H) é dada por:

$$H = h_g + h_p \quad \text{onde: } h_g = \text{carga de posição} \\ h_p = \text{carga de pressão}$$

A Lei de Darcy, é dada por:

$$Q = K.A.i \quad \text{onde: } Q = \text{vazão} \\ A = \text{área transversal por onde} \\ \text{flui a vazão} \\ K = \text{condutividade hidráulica} \\ i = \text{gradiente hidráulico}$$

A densidade de fluxo expressa a velocidade com que o fluido, no caso a água, movimenta-se num meio, e é dada por:

$$q = \frac{Q}{A} = \frac{V}{A.t}$$

Pela equação de Darcy, tem-se:

$$q = \frac{V}{A.T} = K.i \quad \text{Donde } K = \frac{V}{A.t.i} \quad (\text{eq.1})$$

Para a coluna vertical, tem-se que:

$$i = \frac{H}{L} = \frac{H_e - H_s}{L_1 - L_2} \quad \text{onde: } H_e = L + h \\ H_s = 0 + 0$$

$$\text{Portanto: } i = \frac{L + h}{L}$$

Substituindo na equação (1) tem-se:

$$K = \frac{V.L}{A.t.(L+h)}$$

b) Metodologia Aplicada

Estabeleceu-se uma carga constante de 2,3 cm no permeâmetro, e se fez três medições de volume escoado pela coluna de solo, em três intervalos de tempos diferentes. Isto para se ter um valor médio da conduktividade hidráulica.

c) Cálculos:

Dados:

$$\text{Carga (h)} = 2,3 \text{ cm}$$

$$\text{Comprimento da amostra (L)} = 65,5 \text{ cm}$$

$$\text{Diâmetro do permeâmetro } (\varnothing) = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Secção transversal da amostra (A)} = 78,5 \text{ cm}^2$$

$$K_1 = \frac{V_1 \cdot L}{A \cdot t_1 (L+h)} = \frac{84 \text{ cm}^3 \times 65,5 \text{ cm}}{78,5 \text{ cm}^2 \times 3 \text{ min} (65,5 + 2,3) \text{ cm}}$$

$$K_1 = 0,344 \text{ cm/min}$$

$$K_2 = \frac{V_2 \cdot L}{A \cdot t_2 (L+h)} = \frac{167 \text{ cm}^3 \times 65,5 \text{ cm}}{78,5 \text{ cm}^2 \times 6 \text{ min} (65,5 + 2,3) \text{ cm}}$$

$$K_2 = 0,342 \text{ cm/min}$$

$$K_3 = \frac{V_3 \cdot L}{A \cdot t_3 (L+h)} = \frac{278 \text{ cm}^3 \times 65,5 \text{ cm}}{78,5 \text{ cm}^2 \times 10 \text{ min} (65,5 + 2,3) \text{ cm}}$$

$$K_3 = 0,342 \text{ cm/min}$$

Logo a condutividade hidráulica média (K_m) será:

$$K_m = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3} = \frac{0,344 + 0,342 + 0,342}{3} = 0,342$$

$$K_m = 0,342 \text{ cm/min} = 20,52 \text{ cm/h}$$

d) Conclusão:

Com os dados obtidos, verifica-se que o ensaio foi satisfatório, onde a variação ocorrida nos três valores da condutividade hidráulica é atribuída a erros sistemáticos.

Logo para $K = 20,52 \text{ cm/h}$, tem-se uma condutividade hidráulica "MUITO RÁPIDA".

6) Análise Química do Solo:

6.1) Potencial Hidrogeniônico - PH - (Método do potenciômetro)

a) Resumo teórico:

Existem muitos métodos que permitem a determinação do PH de um fluido, ou superfície úmida. Porém todos eles podem ser agrupados em dois tipos de métodos: método eletrométrico e o método calorimétrico.

O fundamento do método eletrométrico consiste na medição potenciométrica do potencial do eletrodo indicador do íon hidrogênio em comparação com o eletrodo de referência. Este último, geralmente consiste num eletrodo de calometano saturado função líquida entre o cloreto de potássio saturado e a solução da amostra.

O eletrodo de vidro tem tido larga aceitação, suplantando os outros tipos de eletrodos indicadores que são reversíveis para ions hidrogênio. Isto se deve não somente ao grande avançamento na construção de eletrodos de vidro muito resistentes, mas, como a construção de potenciômetro tipo vacum-tube, ou medidores de PH.

O potenciômetro ou aparelho medidor de PH segundo conceito muito feliz e objetivo de Pecsok, é basicamente um voltímetro eletrônico, construído para uso com sistema de eletrodo de vidro.

b) Preparação da Amostra:

Faz-se uma pasta de saturação para a determinação do extrato da amostra. Esta pasta é feita agregando-se água destilada à amostra de solo e agitando com uma espátula. Ao saturar-se a pasta, esta brilha pela reflexão da luz, flui ligeiramente quando se inclina o recipiente e a pasta desliza facilmente da espátula, exeto no caso de solos com alto teor de argila. Depois de homogeneizar a amostra deve-se deixá-la em repouso durante 4 (quatro) horas ou uma noite. A pasta não deve acumular água na superfície, perder seu brilho, ou se a pasta endurecer, é necessário misturar novamente com água.

c) Metodologia Aplicada:

Pesa-se 300 a 400g de solo e coloca-se num recipiente (copo plástico). Em seguida, adiciona-se cuidadosamente água destilada até saturar a amostra. Lê-se os milímetros de água gastos e anota-se para

ra saber a percentagem de saturação.

Transfere-se a massa do solo para um funil Buckner, contendo papel de filtro adaptado a um Kitassato e aplica-se a sucção com uma bomba a vácuo. Em seguida, transfere-se o extrato para um depósito com tampa e anota-se o número da amostra.

O PH é determinado diretamente do extrato de saturação ou mesmo da amostra saturada, sendo necessário ligar o aparelho pelo menos 30 minutos antes. O potenciômetro deve ser aferido com soluções tampão de PH 4,0 e 7,0 para solos de PH ácidos ou ligeiramente básicos e PH 4,0 e 9,0 para solos mais elevados. Em seguida faz-se a leitura diretamente no aparelho.

Leitura obtida: PH = 5,3

6.2) Determinação de Cálcio e Magnésio Trocáveis:

a) Resumo Teórico

Partículas coloidais dos minerais do solo bem como os coloidais do solo geralmente são possuidores de potencial zeta.

Esta carga eletronegativa é oriunda da adsorção de um excesso de ânions ou do desequilíbrio de cargas atômicas nos vértices dos cristais.

Consequentemente as partículas adsorvem cátions, a fim de balancear a carga negativa. Os cátions adsorvidos atuam então como elementos nutrientes

das plantas.

Esta adsorção é regulada por vários fa
tores, dos quais destacam-se: tipo de câ
tion, con
tração do ion, natureza do anion associado com o câ
tion e a natureza da partícula coloidal.

No solo geralmente encontra-se o câ
lcio participando num sistema orgânico-mineral, sob as se
guintes formas: adsorvido na matéria orgânica, tro
cã
vel nas argilas, e também como carbonatos, fosfatos e silicatos.

O câ
lcio é necessário ao crescimento de todos os vegetais verdes, com exceção de algumas algas inferiores. Uma parte do câ
lcio retida pela planta ser
ve para a neutralização ou precipitação, sob forma fi
siol
ógica inativa de certos ácidos orgânicos como tar
tâ
rico, cî
trico, ox
álico eliminando a toxidez dos mes
mos.

O câ
lcio influencia diretamente no equi
lî
br
io ácido-base e exerce principalmente ação regu
la
dora na absorção de potássio, magnésio e sódio. Consi
derando a ação neutralizadora do câ
lcio na acidez dos solos, é muito difícil delinear-se separadamente esta função da do agente neutralizador das plantas.

O magnésio é outro elemento que se apre
sen
ta em forma tro
cã
vel, função muito importante na nu
trição das plantas. No solo encontra-se o magnésio - após liberação lenta por minerais do solo, princ
ipal
mente, em forma adsorvida pelas argilas e matéria or
gânica, sendo que uma pequena porção é precipitada fa

zendo parte de minerais secundários.

Na planta, o magnésio possui atividade fundamental, participando como átomo central da molécula da clorofila. Possui também ação ativadora das enzimas, descarboxilares e enzimas ativadoras de aminoácidos. Foi constatado também a função do magnésio na formação de fosfolipídeos e nucleoproteínas do íon fosfato.

Recentes pesquisas provaram que a deficiência magnésiana das plantas só ocorre como consequência de adubação potássica, em solos que possuem K^+ trocável em teor menor que 10% da soma total de bases trocáveis.

b) Metodologia Aplicada

Pesa-se 12,5g de Terra Fina Seca ao A_2 (T.F.S.A.) e coloca-se num tubo de percolação previamente preparado. Adiciona-se 250ml de KCl (cloreto de Potássio) 1N e deixa-se passar todo o líquido através do solo para um balão de 250ml, completando-se em seguida o volume com KCl 1N. Determina-se o cálcio e o magnésio de acordo com os métodos abaixo:

b.1) Metodologia para a determinação do "Cálcio".

Pega-se 50ml do extrato e transfere-se para um erlenmeyer de 125ml. Adiciona-se 2ml de KHO (hidróxido de potássio) 10%. Coloca-se um pouco do indicador murexida e titula-se com EDTA (ácido etileno diaminotetracético) 0,025N até haver uma mudança da

cor vermelha para a violeta. Anota-se o volume gasto na titulação.

b.2) Metodologia para a determinação do "Magnésio".

Esta determinação é realizada indiretamente. Faz-se a determinação do cálcio + magnésio e por diferença encontra-se o teor de magnésio contido na amostra.

Pega-se 50ml do extrato e transfere-se para um erlenmeyer de 125ml. Adiciona-se 2ml da solução tampão PH = 10. Coloca-se de 2 a 5 gotas do indicador eriocromo negro T e titula-se com EDTA a 0,025N até haver a mudança de cor roxo vinho para azul. Anota-se o volume gasto na titulação.

c.) Cálculos:

- . volume gasto de EDTA para o "Cálcio" (Ca^{++}) = 3,1ml
- . volume gasto de EDTA para o "Cálcio + Magnésio" ($\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$) = 3,3ml
- . Normalidade do EDTA (N) = 0,025N.

V.N = meq/l sabemos que: 12,5 = 250ml

X g = 50ml

X = 2,5g

Obs.: O valor "X" corresponde à massa de T.F.S.A., contida no extrato.

1 V.N = 1meq/2,5g de solo 40 V.N = 1meq/100g de solo

. $\text{Ca}^{++} = V \times N \times 40 = \text{meq}/100\text{l de solo}$

$$\text{Ca}^{++} = 1,1 \times 0,025 \times 40$$

onde: V = volume gasto na titulação de EDTA para a de
terminação do cálcio.

$$\text{Ca}^{++} = 1,1 \text{ meq}/100\text{g de solo}$$

$$N = \text{normalidade do EDTA} = 0,025\text{N.}$$

$$\cdot \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} = V' \times N \times 40 = \text{meq}/100\text{g de solo}$$

onde: V' = volume gasto na titulação de EDTA para a de
terminação do cálcio + magnésio

$$\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} = 3,5 \times 0,025 \times 40$$

$$\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} = 3,5 \text{ meq}/100\text{g de solo.}$$

$\cdot \text{Mg}^{++} = (\text{volume gasto na titulação de } \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) \text{ me}$
 $\text{nos } (\text{volume gasto na titulação do } \text{Ca}^{++})$

$$\text{Mg}^{++} = 3,5 - 1,1 \quad \text{Mg}^{++} = 2,4 \text{ meq}/100\text{g de solo.}$$

6.3) Determinação de Sódio e Potássio Trocáveis:

a) Resumo Teórico:

Constituem elementos importantes, com
ponentes das bases trocáveis dos solos.

Em solos muito lixiviados pela água,
o sódio ocorre na albita plagiadose e em pequenas quan
tidades em mica, piroxênios e anfibólitos, principal
mente nas frações areia e silte. O sódio aparece na
forma de cloreto de sódio, sulfato de sódio e algumas
vêzes como carbonatos de sódio e outros sais solúveis,
em solos salinos e alcalinos.

O papel desempenhado pelo sódio como elemento nutriente das plantas em substituição parcial ao potássio trocável está hoje demonstrado claramente nas pesquisas realizadas com milho "ray grass", batata e algodão.

O potássio no solo é encontrado principalmente fazendo parte dos minerais primários (ortose, biotita e muscovita) ou entre as folhelhas dos minerais secundários. Num solo em equilíbrio, os deslocamentos dos íons K^+ se compensam da seguinte maneira:

(1) K^+ (sobre superfícies externas em solução) maior que (2) K^+ das partículas coloidais, assim é que, pela adição ao solo de K^+ por meio de adubos potássicos ou em função da retirada dos íons pelas plantas, os deslocamentos dos íons K^+ serão mais intensos num sentido ou noutro, até que seja restabelecido o equilíbrio.

No solo ocorre muitas vezes a fixação do potássio resultante da penetração dos íons K^+ entre os folhelhos que formam o edifício de certos minerais de argila como vermiculita, illita e montmorilonita. Os íons K^+ desse modo permanecem durante algum tempo inacessíveis às trocas. Esta figura varia principalmente em função do tipo de solo, naturalmente da argila e teor de K^+ trocável do solo.

Como fenômeno inverso ao da fixação, manifesta-se a liberação, ou seja, a passagem do K da sua posição interfolhelhos para a forma trocável. Porém, a velocidade de liberação é muito menor que a quando da liberação de potássio rapidamente trocável. Assim, é que, se considerarmos a satisfação da necessi

dade em potássio a partir da forma não trocável, con-
clui-se que de acordo com o tipo de solo e espécie,
esta liberação é muito mais intensa em solos pobres,
insuficiente porém, para satisfazer as necessidades
metabólicas das culturas.

b.) Metodologia Aplicada:

Pesa-se 12,5g de T.F.S.A. (Terra Fina
Seca ao Ar) e coloca-se em um tubo de percolação prē-
viamente preparado. Adiciona-se 125ml da solução ex-
tratora de acetato de amônia normal, PH = 7 e deixa-
se passar todo líquido através do solo, para um balão
volumétrico de 250ml que posteriormente será completa-
do com água destilada e agitado para que haja uma boa
homogeneização. Lê-se uma alíquota do extrato para o
barômetro de chama e se faz as leituras para o sódio
e o potássio. Caso a leitura ultrapasse a escala do
aparelho temos que diluir a solução.

a) Cálculos:

c.1) Cálculos para o "Sódio" (Na^+):

$$\text{Na}^+ = \text{Leitura} \times \text{Diluição} \times N_a \times c.$$

Dados:

$$N_a^+ = 0,01$$

$$\text{volume do balão} = 250\text{ml}$$

Onde: N_a^+ fator de calibração do fotômetro de
chama para o "sódio".

c fator de conversão de unidades. Temos
que: $c = c_1 \times c_2$

Dados:

$$K^+ = 0,001$$

volume do balão = 250ml

Onde: K^+ fator de calibração do aparelho para o potássio.

$K^+ = \text{Leitura} \times \text{Diluição} \times K^+ \times (c_1 \times c_2) \times c$
Fator de conversão de unidades em que $c = c_1 \times c_2$.
Considere os cálculos do item anterior

então: $K^+ = 0,86 \text{ meq}/100\text{g}$ de solo

Diluição = este termo é utilizado quando se faz diluição da amostra.

Observação:

Na diluição do potássio procedi da seguinte maneira: retirei da solução do balão de 250ml um extrato de 5ml. Coloquei esse extrato num balão de 50ml e o completei com água destilada, logo temos:

$$\text{Diluição} = \frac{50\text{ml}}{5\text{ml}} \quad \text{Diluição} = 10.$$

6.4) Capacidade Total de Troca de Cátions (C.T.C.):

a) Resumo Teórico:

A capacidade de permuta de cátions (também denominada "Capacidade de adsorção de cátions"), poderá ser determinada com grande facilidade. Nos métodos comumente utilizados, os nutrientes originais ad

sorvidos são substituídos por íons de bário, potássio ou amônio, sendo então determinada a quantidade adsorvida destes últimos elementos citados.

No nosso caso a Capacidade de Permuta de Cations, é dada pelo somatório dos cations de cálcio, magnésio, sódio e potássio trocáveis.

b.) Cálculo:

C.T.C. = Cations Trocáveis

C.T.C = $Na^+ + K^+ + Ca^{++} + Mg$

C.T.C = $0,32 + 0,86 + 1,1 + 2,4$

Portanto: C.T.C. = 4,68meq/100g de solo

6.5) Condutividade Elétrica no Extrato de Saturação
(C.E.):

a) Resumo Teórico:

Há várias maneiras de se determinar a salinidade de um solo. O método mais usado atualmente e recomendado pelo "U.S. Salinity Laboratory" dos Estados Unidos, consiste em se medir a condutividade elétrica (C.E.) do extrato de saturação do solo. Esta tem relação com a concentração de sais solúveis e, portanto, com a salinidade da amostra.

A medição é feita diretamente com o auxílio de uma ponte de condutividade elétrica, ou seja: ("solu-bridge sail testis") conectada com uma célula especial que pode ser de imersão ou de pipeta, e não depende do tamanho ou forma da amostra.

A condutividade elétrica é a recíproca da resistividade elétrica. Esta se refere à resistência, em OHMS, de um condutor metálico ou eletrolítico que tem 1 cm de comprimento e área transversal de 1cm^2 . A condutividade elétrica se expressa, portanto, em mmhos por centímetro, e é usada de preferência a resistividade elétrica porque o seu valor aumenta com o incremento do teor de sais da amostra.

b.) Metodologia Aplicada:

Pega-se uma alíquota do extrato de saturação, aproximadamente 10ml e coloca-se em um pequeno becker. Verifica-se a temperatura da amostra. Faz-se a leitura no condutivímetro, devendo-se antes, lavar bem a célula do aparelho com água destilada. A leitura é dada em milimhos por centímetro a 25°C .

c.) Cálculos:

Dados:

Leitura = 3,9
Temperatura = 23°C
 $K_{\text{célula}} = 0,905$
Escala = 1.

então: $C.E. = \text{Leitura} \times F_t \times K_{\text{célula}} \times \text{Escala}$
onde: F_t fator de temperatura.

$T = 23^{\circ}\text{C}$ $F_t = 1,043$

logo: $C.E. = 3,9 \times 1,043 \times 0,905 \times 1$

$C.E. = 3,681\text{mmhos/cm.}$

6.6) Determinação do Sódio no Extrato de Saturação
(Método do Fotômetro de Chamas):

a) Resumo Teórico:

Os sais apresentam certos efeitos que podem danificar ou restringir das plantas. Todo efeito dessa natureza, que não estiver associado com a pres são osmótica da solução do solo, se considera como de vido a uma ação tóxica do sal em estudo.

Tem-se observado que o sódio, embora não sendo considerado um nutriente essencial para a planta, o sódio, quando presente em pequenas concentrações no solo, pode estimular a produtividade de certas culturas.

É interessante que, ainda em proporções mais elevadas, como ocorre em solos salinos e sódicos, poucos, casos de toxicidade devido a esse elemento tem sido observados. Há ditações de alguns casos de queimaduras e lesões apiciais nas folhas de certas plantas e de uma menor acumulação de cálcio, magnésio e potássio pelos vegetais, à medida que aumenta a percentagem de sódio intercambiável no solo.

Os efeitos secundários do sódio sobre o desenvolvimento vegetal, através de modificações estruturais adversas do solo, parecem ser, na realidade, os mais importantes. Como foi visto, se o complexo intercambiável contiver quantidades apreciáveis de sódio, o solo, principalmente se for argiloso, pode se dispersar, tornando-se pesado, impermeável, às vezes lodoso e apresentando baixa aeração e baixa disponibilidade de água para as plantas.

b.) Metodologia Aplicada:

Pega-se uma alíquota do extrato de saturação, leva-se ao fotômetro, que deve ser aferido, previamente com água destilada e a solução padronizada. Utiliza-se o filtro do íon indicado. Se a leitura ultrapassar a escala do aparelho, dilui-se a solução.

c) Cálculos:

Dados:

$$\text{Leitura} = 25$$

$$\text{Diluição} = 1:10$$

$$\text{Na}^+ = 0,01$$

$$\text{Na}^+ = \text{Leitura} \times \text{Diluição} \times \text{Na}^+$$

$$\text{Na}^+ = 25 \times 10 \times 0,01$$

$$\text{Na}^+ = 2,5 \text{ meq/l.}$$

. Transformando "meq/l" para "meq/100g de solo", temos:

Calculando a percentagem de saturação da pasta ou teor de umidade, temos:

Dados:

$$P_{\text{vidro de relógio}} = 9,690 \text{ g}$$

$$P_{\text{(solo umido + vidro)}} = 21,191 \text{ g}$$

$$P_{\text{(solo seco + vidro)}} = 18,086 \text{ g}$$

$$h (\%) = \frac{P_a}{P_s} \times 100 = \frac{P_{\text{(solo umido+vidro)}} - P_{\text{(solo seco+vidro)}}}{P_{\text{(solo seco+vidro)}} - P_{\text{(vidro de relógio)}}}$$

$$h (\%) = \frac{21,191 - 18,086}{18,086 - 9,690}$$

$$h (\%) = 36 \%$$

$$\text{Logo: } 2,5 \text{ meq}$$

$$1.000 \text{ mL}$$

Na^+ (meq) 36,9ml

Portanto: $\text{Na}^+ = 0,092\text{meq}/100\text{g}$ de solo

6.7) Determinação do Potássio no Extrato de Saturação:

a) Resumo Teórico:

Observam-se casos isolados de toxida de ocasionados pelo cálcio, magnésio e potássio à cer-
tas espécies e variedades vegetais. Os referentes ao
cálcio são, na realidade, de pouca importância e, com
relação ao magnésio e ao potássio, a toxicidade pode ser
atenuada pela presença de concentrações relativamente
elevadas de cálcio no solo.

b.) Metodologia Aplicada:

O procedimento é semelhante ao do sô-
dio no extrato, tendo-se apenas de aferir o aparelho
com a solução padrão para o potássio e utilizar o fil-
tro correspondente.

c.) Cálculos:

Dados:

Leitura = 8	$K^+ = \text{Leitura} \times \text{Diluição} \times K^+$
Diluição = 1:100	$K^+ = 8 \times 100 \times 0,001$
$K^+ = 0,001$	$K^+ = 0,8\text{meq}/\text{l}.$

. O teor de umidade já foi calculado anteriormente.

$h (\%) = 36,9\%$

Logo: 0,8meq 1.000ml
 K⁺ (meq) 36,9ml

Portanto: K⁺ = 0,029meq/100g de solo.

6.8) Determinação de Carbonatos no Extrato de Saturação:

a) Metodologia Aplicada:

Pipeta-se uma alíquota de 5 a 25ml do extrato e coloca-se em um erlenmeyer, adiciona-se 2 a 3 gotas de fenolftaleína se a solução não apresentar uma coloração vermelha, indica ausência de carbonatos. Se apresentar uma mudança na cor, titula-se com H₂SO₄ (ácido sulfúrico) a 0,025N até voltar a coloração inicial. Anota-se o volume gasto de H₂SO₄.

b.) Cálculos:

Volume da alíquota = 5ml. Na amostra em estudo, não houve mudança de cor, indicando assim, ausência de carbonatos.

6.9) Determinação de Bicarbonatos no Extrato de Saturação:

a) Resumo Teórico:

Estudos recentes indicam que o íon bicarbonato afeta a absorção e o metabolismo das plantas e que a natureza desses efeitos varia bastante com as espécies vegetais. Os feijões e a maçã, por exem

plo, apresentam marcada intolerância a este iante, en quanto a beterraba e certos capins são muito tolerantes.

b.) Metodologia Aplicada:

Segue-se o mesmo procedimento da de terminação de carbonatos, sō que neste caso, usa-se co mo indicador, 2 a 3 gotas de metil-orange. Anota-se o volume gasto de H_2SO_4 .

c) Cálculos:

Dados:

Volume gasto na titulação = 1,4ml

Volume da alíquota = 5,0ml

Umidade da pasta de saturação: h (%) = 36,9%

V.N. meq/l então: $200 \times 1,4 \times 0,025 = \text{meq/l}$

$1,4 \times 0,025 \text{ meq/5ml}$

Portanto: $HCO_3^- = 0,26 \text{ meq/l}$.

. Transformando "meq/l" para "meq/100g de solo", temos:

7,0	1.000ml
HCO_3^-	36,9ml ou 100g de solo

Portanto: $HCO_3^- = 0,26 \text{ meq/100g de solo}$.

6.10) Determinação de Cloretos no Extrato de Saturação:

a) Resumo Teórico:

Certas plantas são particularmente sen

síveis ao anionte cloreto, mostrando sintomas de toxidade quando o teor de cloro nas folhas é relativamente baixo (0,2 a 1,8%), enquanto que espécies tolerantes acumulam até 4% de cloro sem mostrar os referidos sintomas. Aliás, a análise foliar é muito útil no diagnóstico à toxidade desse elemento.

O pêssego e outros frutos de caroço, os citrúscos, o abacate e algumas espécies de videira são particularmente sensíveis ao cloro, sendo que o cavalo usado no enxerto tem influência sobre esta tolerância e, daí, a importância de sua relação.

É interessante observar que o cloro do mesmo modo que o sódio, pode estimular a produtividade de certas culturas, quando presentes em pequenas concentrações no solo.

b) Metodologia Aplicada:

Pipeta-se uma alíquota do extrato de saturação, coloca-se em um erlenmeyer, faz a prova em branco usando-se 1ml de cromato de potássio a 5%, titula-se com AgNO_3 a 0,05N até apresentar mudança de cor amarela para vermelho, anota-se o volume gasto na titulação.

c.) Cálculos:

Dados:

Volume da alíquota = 5,0ml

Volume gasto na titulação = 1,05ml

Umidade da pasta de saturação: h (%) = 36,9%

V.N. meq/1.000ml então: $20 - \times 1,05 \times 0,05 = \text{meq/l.}$

1,05 x 0,05 meq/l

Portanto: $Cl^- = 10,5 \text{ meq/l}$.

6.11) Determinação de Sulfatos no Extrato de Saturação

a) Resumo Teórico:

Parece que os efeitos da alta concentração de sulfatos no solo estão relacionados com a alteração do balanço catiônico ótimo dentro da planta. Em geral, esta alta concentração limita a absorção de cálcio e aumenta a absorção de sódio e potássio pelas plantas.

b) Metodologia Aplicada:

Pipeta-se aproximadamente 20ml do extrato de saturação, coloca-se em um becker, adiciona-se 2 a 3 gotas de HCl concentrado, coloca-se em uma placa elétrica, e quando iniciar a ebulição, coloca-se cloreto de bário ($BaCl_2$) a 10%. Observa-se se há ou não precipitado, se houver indica presença de sulfato.

c) Cálculos:

Como na amostra em estudo não houve precipitado não tem sulfato.

6.12) Determinação da Relação de Adsorção de Sódio: (R.A.S.):

a) Metodologia Aplicada:

Este índice é calculado a partir dos teores de sódio, cálcio e magnésio solúveis contidos na amostra do solo. Encontrado este índice, aplica-se na fórmula e acha a "Relação de Adsorção de Sódio".

c) Cálculos:

Dados:

Cátions solúveis - $\text{Na}^+ = 2,5 \text{ meq/l}$
 $\text{Ca}^{++} = 1,1 \text{ meq/l}$
 $\text{Mg}^{++} = 0,7 \text{ meq/l}$

Aplicando na fórmula, temos:

$$\text{R.A.S.} = \frac{\text{Na}^+}{\frac{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}{2}} = \frac{2,5}{\frac{1,1 + 0,7}{2}}$$

Portanto: R.A.S. = 2,64

7 - ANÁLISE DA ÁGUA

7.1) Determinação do PH (Método do Potenciômetro):

a) Metodologia Aplicada:

A finalidade do PH é determinar o caráter ácido ou básico de uma amostra. Primeiramente zera-se o potenciômetro passando-se duas (2) soluções tampão de PH conhecido (4 e 7). Em seguida, imerge-se o eletrodo na amostra e faz-se a leitura no aparelho. Evidentemente, toda vez que se retira o eletrodo da imer

são, lava-se o mesmo com água destilada e limpa-se com papel de filtro, para imergir-lo novamente em outra solução de outra amostra. O potenciômetro é aferido para 25°C.

Obs.: Liga-se o potenciômetro, pelo menos 30 (trinta) minutos antes de começar a ser usado.

b) Cálculos:

A amostra analisada apresentou como resultado um PH = 8,5.

7.2) Determinação da Condutividade Elétrica (C.E.):

a) Metodologia Aplicada:

A finalidade da condutividade elétrica é medir o teor de sais contidos na amostra. É determinada diretamente pelo condutivímetro de maneira bastante simples, uma vez que, basta-se introduzir a célula do mesmo na amostra de modo que as placas internas da célula fiquem imersas. Gira-se o botão do marcador para que se possa obter a leitura. Esta leitura é dada em milímetros a 25°C. Caso a temperatura seja diferente de 25°C, deve-se fazer uma correção.

b) Cálculos:

Dados:

$$\text{Logo: } C.E. = \text{Leitura} \times \text{Escala} \times F_t \times K_{\text{célula}}$$

$$C.E. = 6,0 \times 0,1 \times 1 \times 0,905$$

Leitura = 6,0
Escala = 0,1
Temperatura = 25°C
 $K_{célula} = 0,905$

Portanto: C.E. = 543mhos/cm.

7.5) Determinação de Cálcio e Magnésio:

a) Metodologia Aplicada na Determinação de Cálcio.

Toma-se 25ml da amostra e adiciona-se 2ml de KOH a 10%. Com indicador, adiciona-se uma pitada de murexida que dá à solução uma coloração vermelha. Daí passa-se a titular a solução com EDTA (ácido etilenodiaminotetracetato) a 0,025N, até que se verifique que a virada da coloração de vermelho para violeta. A nota-se o volume gasto na titulação.

a.1) Cálculos:

Dados:

Volume de EDTA, gasto para o " Ca^{++} " = 1,2ml.

Sabemos que: V.N. meq/1.000ml

V.N. meq/25ml

então: $Ca^{++} = 1,2 \times 0,025 \times 40$ então $Ca^{++} = 1,2$ meq/l.

b) Metodologia Aplicada na Determinação do "Cálcio + Magnésio"

Toma-se 25ml da amostra e adiciona-se

3ml de uma solução tampão de PH = 10. Como indicador, adiciona-se 3 a 4 gotas de Eriocromo Negro T, que dá a solução, uma cor roxo vinho. Daí passa-se a titular a solução com EDTA a 0,025N, até que se verifique a mudança da cor roxo vinho para azul. Anota-se o volume de EDTA gasto na titulação.

b.1) Cálculos:

Dados:

Volume de EDTA gasto para o " $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ " = 2,1ml

então: $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} = 2,1 \times 0,025 \times 40$

Portanto: $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} = 2,1 \text{ meq/l}$.

c) Determinação do "Magnésio"

$\text{Mg}^{++} = (\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) - (\text{Ca}^{++}) = (2,1) - (1,2)$

Portanto:

$$\text{Mg}^{++} = 0,9 \text{ meq/l}$$

7.4) Determinação de "Sódio e Potássio":

a) Metodologia Aplicada na Determinação do "Sódio":

Esta determinação é feita usando-se o fotômetro de chamas. Primeiramente zera-se o aparelho com solução de sódio e água destilada. Em seguida imerge-se uma haste do fotômetro na amostra contida em um becker e determina-se a leitura.

a.1) Cálculos:

Dados:

Leitura de $\text{Na}^{++} = 38$

Diluição = 1:10

Fator de célula para o $\text{Na}^{++} = 0,01$

$$\text{Na}^+ = \text{Leitura} \times \text{Diluição} \times \text{célula}$$

então: $\text{Na}^+ = 38 \times 10 \times 0,01$

Portanto: $\text{Na}^+ = 3,8 \text{ meq/l}$

b) Metodologia Aplicada na Determinação do "Potássio"

Esta determinação é feita no fotômetro de chamas. Zera-se o aparelho com solução de potássio a 0,05N e água destilada. Em seguida, imerge-se uma haste do fotômetro na amostra contida em um becker e determina-se a leitura.

b.1) Cálculos:

Dados:

Leitura do $\text{K}^+ = 47$

Diluição = 1:1 (não existiu)

Fator de célula para $\text{K}^+ = 0,001$

então: $\text{K}^+ = \text{Leitura} \times \text{Diluição} \times \text{célula}$

$$\text{K}^+ = 47 \times 1 \times 0,001$$

Portanto: $\text{K}^+ = 0,047 \text{ meq/l}$.

7.5) Determinação de Carbonatos:

a) Metodologia Aplicada:

Toma-se 50ml da amostra e como indica
dor adiciona-se 3 a 4 gotas de fenolftaleína. Se a
amostra permanecer incolor, indica ausência de carbona
tos e havendo uma mudança de incolor para rôseo indica
presença. Daí passa-se a titular a solução com ácido
sulfúrico a 0,02N, até que se verifique a mudança da
cor rôseo para incolor. Anota-se o volume de ácido sul
fúrico gasto na titulação.

b.) Cálculos:

Dados:

Volume de ácido sulfúrico (H_2SO_4) = 0,9ml

V.N. meq/1l ou 1.000ml

V.N. meq/50ml

Logo: $20 \cdot V.N. = meq/l$

então: $CO_3^{=} = 20 \times 0,9 \times 0,02$

Portanto: $CO_3^{=} = 0,36 meq/l$.

7.6) Determinação de Bicarbonatos:

a) Metodologia Aplicada:

Toma-se 50ml da amostra e como indica
dor, adiciona-se 3 a 4 gotas de Meti-Orange, que dá a
solução uma coloração. Daí passa-se a titular a solu
ção com ácido sulfúrico a 0,02N, até que se verifique
a mudança de cor. Anota-se o volume gasto de ácido sul
fúrico na titulação.

b) Cálculos:

Dados:

V_a = Volume da amostra = 50ml

Sabemos que: $20 \cdot V \cdot N$ = meq/l de bicarbonato

onde: 20 constante devido a transformação de meq/50ml para meq/1.000ml ou 1l.

N Normalidade do ácido sulfúrico (H_2SO_4)
= 0,02N

Sabemos que: $V = (T - 2P) - P_b$.

Onde: T Volume total de H_2SO_4 colocado no carbonato e bicarbonato = 9,0ml.

P Volume gasto de H_2SO_4 para os carbonatos

T_b Volume gasto de H_2SO_4 no teste em branco = 0,2ml

Portanto $HCO_3 = 20 \cdot (T - 2P) - T_b \cdot N$.

$HCO_3 = 20 \cdot (9 - 2 \times 0,9) - 0,2 \cdot 0,02$

Portanto: $HCO_3 = 2,8$ meq/l.

7.7) Determinação de Cloretos:

a) Metodologia Aplicada:

Faz-se uma prova em branco usando-se 1ml cromato de potássio a 5% em água destilada. Depois toma-se 50ml da amostra e adiciona-se 1ml de cromato de potássio a 5% que dá a solução uma coloração amarelada clara. Daí passa-se a titular a solução com nitrato de prata a 0,05N, até que se verifique a mudança da cor amarelo claro para cor de tijolo queimado. Anota-se o volume de nitrato de prata gasto na titulação.

b) Cálculos:

Dados:

Volume gasto de nitrato de Prata (AgNO_3) = 3,2ml.

Normalidade do AgNO_3 = 0,05N

Sabemos que: $\text{Cl}^- = 20 \times V \times N = \text{meq/l}$

Onde: 20 constante devido a transformação de meq/50ml para meq/1.000ml ou 1l.

Logo: $\text{Cl}^- = 20 \times 3,2 \times 0,05$

Portanto: $\text{Cl}^- = 3,2 \text{meq/l}$.

7.8) Determinação de Sulfatos:

a) Metodologia Aplicada:

Procede-se da mesma maneira que para o extrato de saturação. Pipeta-se 20ml da amostra de água, coloca-se em um becker e adiciona-se 2 a 3 gotas de ácido clorídrico (HCl) concentrado, em seguida coloca-se em uma placa elétrica e quando iniciar a ebulição coloca-se Cloreto de Bário (BaCl_2) a 10%. Se formar um precipitado, indica presença de sulfato.

b) Cálculos:

Em virtude da amostra em estudo não apresentar precipitado, concluímos que esta amostra não possui sulfato.

7.9) Determinação da Relação de Adsorção de Sódio:
(R.A.S.):

a) Metodologia Aplicada:

Esta relação é dada em função dos teores de sódio, cálcio e magnésio, segundo recomendações do "U.S. Salinity Laboratory Staff".

A relação de Adsorção de Sódio indica o perigo de sódio ou alcalinidade da amostra. é expressa pela relação abaixo.

$$R.A.S. = \frac{Na^+}{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}} = \frac{3,8}{\frac{1,2 \times 0,9}{2}}$$

Portanto: R.A.S. = 3,70

7.10) Determinação do Perigo de Salinidade:

Quanto ao perigo de salinidade, as águas de irrigação se distribuem em quatro (4) classes que são C₁, C₂, C₃ e C₄. Tais classes são definidas em relação a condutividade elétrica, conforme pode-se observar no resumo que apresentamos logo a seguir.

<u>CLASSE</u>	<u>C.E. (micromhos/cm)</u>	<u>Perigo de Sódio</u>
C ₁	0 - 250	baixo
C ₂	250 - 750	médio
C ₃	750 - 2.250	alto
C ₃	2.250 - 5.000	muito alto

Com o dado obtido da condutividade elétrica, isto é, C.E. = 543 micromhos/cm, concluímos que temos uma água de classe C_2 , isto é, com um médio perigo de salinidade.

7.11) Determinação de Perigo de Sódio (Alcalinidade):

Quanto ao perigo de sódio, as águas se distribuem em quatro classes que são S_1 , S_2 , S_3 e S_4 . Tais classes são definidas em relação ao valor da Relação de Adsorção de Sódio (R.A.S.) conforme pode-se observar no resumo apresentado.

<u>CLASSE</u>	<u>R.A.S.</u>	<u>Perigo de Sódio</u>
S_1	0 - 10	baixo
S_2	10 - 18	médio
S_3	18 - 26	alto
S_4	maior que 26	muito alto

Como encontramos a R.A.S. igual a 3,7; logo temos uma água com baixo perigo de sódio.

7.12) Determinação da Classe da Água:

Para se obter a classe de água, entra-se com os valores da Condutividade Elétrica (C.E.) e da Relação de Adsorção de Sódio (R.A.S.) no diagrama para classificação da água de irrigação que apresentamos anexo. Portanto a classe da água é C_2-S_1 .

7.13) Conclusão:

Sabemos que solos com drenagem diferente, não podemos usar água com elevado teor de salinidade. Mesmo os solos de boa drenagem, pode-se necessitar de práticas especiais de controle da salinidade e só se deve plantar os vegetais muito tolerantes aos sais. Todavia existem trabalhos experimentais, realizados em diversos países, como em Israel, nos Estados Unidos e na União Soviética no sentido de utilizar águas salinas, devido a necessidade de novas áreas de cultivos.

8 - EXPERIMENTO DE CAMPO:

8.1) Capacidade de Infiltração (Método do Cilindro Infiltrômetro):

O equipamento para este método consiste em dois anéis, sendo o menor com o diâmetro de 25cm e o maior de 50cm, ambos com 30cm de altura. Devem ser instalados concêntricamente na vertical e enterrados 15cm no solo com auxílio de uma marreta. Para isso, as bordas inferiores dos dois anéis devem ser finas e com corte em forma de cinzel, para facilitar a penetração no solo.

Coloca-se água ao mesmo tempo, nos dois anéis, e com uma régua graduada acompanha-se a infiltração vertical no cilindro interno, com intervalos de tempo de (1, 2, 4, 6, 10, 14, 22, 30, 45, 60, 90 e 180 minutos) Quando não se dispuser do cilindro externo deve-se fazer uma bacia em volta do ci

lindro menor, e mantê-la cheia d'água enquanto durar a determinação.

A importância do anel externo ou bacia é evitar que a água do anel interno infiltre lateralmente. A altura da lâmina d'água nos anéis deve ser de 5cm, permitindo uma oscilação máxima de 2cm. Para facilitar as leituras, medem-se as distâncias entra a borda superior do anel e a superfície d'água dentro de le. O quadro abaixo ilustra as determinações.

DADOS OBTIDOS:

HORA	TEMPO		INFILTRAÇÃO		VIM	VIA
	Inst. (min.)	acúm. (l)	Instant. (l)	acúm. (l)	(l/h)	(l/h)
10:30	-	-	3,00	-	-	-
10:31	1	1	3,60	0,60	36,0	36,0
10:32	1	2	3,80	0,80	24,0	12,0
10:34	2	4	3,90	0,90	13,0	3,0
10:36	2	6	4,10	1,10	11,0	3,0
10:40	4	10	4,30	1,30	7,8	3,0
10:44	4	14	4,50	1,50	6,4	0,75
10:52	8	22	4,60	1,60	4,4	3,0
11:00	8	30	5,00	2,00	4,2	1,60
11:15	15	45	5,5\$	2,50	3,5	1,60
11:30	15	60	5,90	2,90	2,9	0,4
12:00	30	90	6,10	3,10	2,1	0,2
12:30	30	120	6,20	3,20	1,6	0,0
13:30	60	180	6,20	3,20	1,06	-

Sabemos que: $VIA = I / T$

$VIM = I/T$

Onde: VIA = Velocidade de Infiltração Instantânea

VIM = Velocidade de Infiltração Média

9 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

9.1) Agradecimentos:

Quero prestar os meus agradecimentos a professora NORMA CÉSAR DE AZEVEDO pela oportunidade e ensinamentos a mim conferidos, contribuido enormemente na minha formação acadêmica.

Agradeço também, aos seguintes colegas, que me ajudaram nas horas precisas.

- . GILVAN RODRIGUES DE OLIVEIRA
- . RUBENS GERMANO COSTA
- . EDSON SOARES SANTOS
- . JOSÉ ELENILDO QUEIROZ
- . LUIZ BOSCO LIMA ARAÚJO
- . MARIA LÚCIA MARTINS MAIA, pelas relevantes contribuições a mim prestadas no desempenho das minhas atividades no referido estágio. Com estas pessoas, fico muitíssimo grato, pela incomensurável colaboração.

A Universidade Federal da Paraíba, agradeço a oportunidade que me foi conferida, enaltecendo-a pela grande colaboração que tem prestado no campo da ciência e tecnologia.

10 - CONCLUSÃO

Quero ressaltar, que este estágio teve para mim um grande significado na aplicação e ampliação dos meus conhecimentos de graduação em Engenharia Agrícola.

Foi através deste estágio que adquiri conhecimentos bastante significativos no que se refere às práticas de laboratório através da obtenção de conhecimentos na aplicação de Análises Físicas e Análises Químicas do Solo e Água, que são indispensáveis à formação de um Engenheiro Agrícola, principalmente no tocante à parte de Engenharia de Água e Solo.

A participação neste estágio ofereceu-me uma marcante experiência prática, complementando meus ensinamentos teóricos obtidos na Universidade, dando-me uma melhor condição de assumir minhas responsabilidades como profissional, diante das tarefas que na vida venham a mim, ser confiadas.

Campina Grande, 1 Dezembro 1983

Pedro de Alcântara Pitombeira Maia
Pedro de Alcântara Pitombeira Maia

11 - BIBLIOGRAFIA

- 1) Antônio C. Muniz - Elementos de Pedologia - Editado pela Universidade de São Paulo.
- 2) Brady, Nyle - Natureza e Propriedade dos Solos - Livraria Freitas Bastos S.A.
- 3) Caputo, Homero Pinto - Mecânica dos Solos e suas Aplicações - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.
- 4) Ricardo Feltre - Química II - Livraria Moderna Ltda
- 5) José Antônio Jorge - Solo Manejo e Adubação - Editora da Universidade de São Paulo.
- 6) Salassier Bernard - Manual de Irrigação - Imprensa Universitária de Viçosa.
- 7) Guimarães, Geraldo de Assis - Método de Análises Física, Química e Instrumental de Solos.

————//————