

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

ESTÁGIO SUPERVISIONADO

ALUNO: LEOBERTO DE ALCANTARA FORMIGA

ORIENTADORA: NORMA CÉSAR DE AZEVEDO

PERÍODO: 21 DE SETEMBRO DE 1982 À 30 DE  
DEZEMBRO DE 1983.



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

## APRESENTAÇÃO

Este relatório contém um resumo de todas as atividades desenvolvidas durante o ESTÁGIO SUPERVISIONADO, que teve início em 21 de setembro de 1982 e que foi concluído em 30 de dezembro de 1983.

Durante o período de duração deste estágio supervisionado, foram determinados os parâmetros que caracterizam as análises químicas e físicas do solo, como também, fez-se a análise da água, classificando-a quanto ao perigo de salinidade e de sódio.

Foi realizada também uma experiência no campo, determinando-se a capacidade de infiltração do solo pelo método do cilindro infiltrômetro.

Em seguida, têm-se uma descrição dos materiais empregados para determinar tais parâmetros.

## INTRODUÇÃO

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

Uma análise de água, também é imprescindível, tendo em vista que toda a água contém certa quantidade de sais solúveis e que muitas culturas são sensíveis à salinidade.

## PLANO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO EM SOLOS AGRÍCOLAS

### 1 - LABORATÓRIO.

#### Análises de Solo e Água

#### 1.1 - Análises de Solo:

##### FÍSICAS:

- 1.1.1 - Preparo da amostra e cálculo da terra fina.
- 1.1.2 - Análise granulométrica (Método do Hidrômetro de Bouy eocos).
- 1.1.3 - Densidade aparente (Método do Torrão).
- 1.1.4 - Densidade das partículas (Método do Picnômetro).
- 1.1.5 - Determinação da umidade atual (Método da Estufa).
- 1.1.6 - Determinação da umidade a 15 atmosferas.
- 1.1.7 - Porosidade total e espaço aéreo.
- 1.1.8 - Graus de Flocculação e Dispersão.
- 1.1.9 - Classificação Textural.
- 1.1.10- Condutividade hidráulica, usando terra fina.

##### QUÍMICA:

- 1.1.11 - PH (Método do Potenciômetro).
- 1.1.12 - Trocáveis - Extração com KCl normal. (Ca + Mg).
- 1.1.13 - Trocáveis - Extração com Acetato de Amônio normal, PH 7. (Na e K).
- 1.1.14 - Valor de T = (Capacidade total de troca de Cátions).
- 1.1.15 - Condutividade elétrica no extrato de saturação.
- 1.1.16 - Sódio no extrato de Saturação.
- 1.1.17 - Potássio no extrato de Saturação.
- 1.1.18 - Carbonatos no extrato de Saturação.

1.1.19 - Bicarbonatos no extrato de Saturação.

1.1.20 - Cloretos no extrato de Saturação.

1.1.21 - Sulfatos no extrato de Saturação.

1.2 - Análises de Água.

1.2.1 - PH (Método do Potenciômetro).

1.2.2 - Condutividade elétrica (Condutivímetro).

1.2.3 - Determinação de Ca + Mg (Titulação com EDTA 0,025 N).

1.2.4 - Determinação de Na e K (Fotômetro de Chama).

1.2.5 - Carbonatos e Bicarbonatos (Titulação com  $H_2SO_4$  0,02 N).

1.2.6 - Cloretos (Titulação com  $AgNO_3$  0,05 N).

1.2.7 - Sulfatos (Teste Qualitativo).

1.2.8 - Relação de Adsorção de Sódio.

1.2.9 - Classes da Água.

2. - CAMPO.

2.1 - Capacidade de Infiltração (Cilindro infiltrômetro).

## ANÁLISES FÍSICAS DO SOLO

### 1.1.1 - Preparo da Amostra e Cálculo da Terra Fina:

Quando chega uma amostra de solo para se fazer análises, antes de tudo, é feito o seu registro em livros especiais ou em fichas de registros de resultados. O registro é feito para possibilitar uma possível identificação posterior. As amostras receberão um número, que será usado como identificação (posterior) em todas as determinações conduzidas sobre esta amostra.

A presença de vegetais, pedaços de rochas, variação de umidade, causa variações nos resultados analíticos. Para reduzir estas variações, são feitas as seguintes etapas de operação:

- a) Secagem ao ar da amostra;
- b) Retirada do esqueleto de terra, dos torrões e outros fragmentos orgânicos;
- c) Destorroamento da amostra;
- d) Peneiramento da amostra em uma peneira de malha de 2,0 mm;
- e) Separa-se a fração retida na peneira para determinação de pedregulhos e cascalhos;
- f) Coloca-se a terra fina em um depósito com uma etiqueta de identificação;
- g) Calcula-se a porcentagem de terra fina pela seguinte expressão:

$$\% \text{ terra fina} = 100 - (\% \text{ cascalho} + \% \text{ pedregulho})$$

$$\text{Peso da amostra} = 1000\text{g}$$

$$\text{Quantidade retida na peneira de } 200 \text{ mm} = 9,5674\text{g}$$

$$\% \text{ terra fina} = 100 - ((9,5674 \times 100) / 1000) = 99\%$$

### 1.1.2 - Análise Granulométrica (Método do Hidrômetro de Bouyoucos):

- a) Coloca-se 50g de terra fina em um becker, no qual é adicionado 50 ml da solução de hidróxido de sódio à 0,1 N e deixa-se em

repouso por 12 horas, a fim de que as partículas do solo sejam dispersadas. Transfere-se a solução acima para um copo de um agitador mecânico e adiciona-se aproximadamente 2/3 de água destilada e agita-se por dois minutos. Logo após a agitação, coloca-se a amostra em uma proveta de 1000 ml e completa-se o volume com água destilada. Lê-se a temperatura da amostra. Homogeneiza-se a solução durante 30(trinta) segundos, insere-se o hidrômetro e depois de 40(quarenta) segundos, faz-se a leitura. Essa leitura corresponde a fração de argila + limo contida na amostra de solo. Depois de 2(duas) horas torna-se a inserir o hidrômetro, anotando-se o resultado. Lê-se novamente a temperatura. A leitura de 2(duas) horas corresponde a fração de argila.

b) Cálculo das correções:

Pêso inicial da amostra = concentração inicial =  $C_0 = 50$

Leitura corrigida aos 40 segundos = concentração de argila + limo =  $C_{40} = 24,44$

Leitura Corrigida às 2 horas = concentração de argila =  $C_{2hs} = 13$

%argila + limo =  $(C_{40}/C_0) \times 100$

%argila =  $(C_{2hs}/C_0) \times 100$

%areia =  $100 - (\%argila + limo)$

Tamostra =  $28^{\circ}\text{C}$ .

OBSERVAÇÃO: Como o hidrômetro é usualmente calibrado para a temperatura de  $67$  ou  $68^{\circ}\text{F}$ , para temperaturas maiores, corrige-se as leituras com o fator  $+ 0,2g/^{\circ}\text{F}$ .

Correção das leituras devido à temperatura:

$C/5 = (F - 32) / 9 \therefore (28/5) = (F - 32)/9 \therefore T = 82,4^{\circ}\text{F}$

$T_c = 67^{\circ}\text{F}$

Como  $T > T_c$ , tem-se:

$\Delta T = 82,4 - 67 = 15,4^{\circ}\text{F}$

Correção:  $T_c = T \times 0,2 = 15,4 \times 0,2 = 3,1$

Portanto:

$$C_{40s} = C_{40s} + \text{correção} = 24,44 + 3,1 = 27,54 \text{ g/l}$$

$$C_{2hs} = C_{2hs} + \text{correção} = 13,00 + 3,1 = 16,10 \text{ g/l}$$

- Correção das leituras devido ao dispersante:

50 ml de NaOH - 40 g/l

1000 ml - 40 g/l

50 ml - X ..... X = 2 g/l

Correção:

$$C_{40s} = C_{40s} - X = 27,54 - 2 = 25,50 \text{ g/l}$$

$$C_{2hs} = C_{2hs} - X = 16,10 - 2 = 14,10 \text{ g/l}$$

c) Cálculo das Percentagens:

$$\%(\text{limo} + \text{argila}) = (C_{40s}/C_o) \times 100 = (25,5/50) \times 100 = 51\%$$

$$\% \text{ areia} = 100 - (\% \text{ argila} + \text{limo}) = 100 - 51 = 49\%$$

$$\% \text{ argila} = (C_{2hs}/C_o) \times 100 = (14,1/50) \times 100 = 28,2\%$$

$$\% \text{ limo} = (\% \text{ argila} + \text{limo}) - \% \text{ argila} = 51 - 28,2 = 22,8\%$$

1.1.3 - Densidade Aparente (Método do Torrão):

Coleta-se 3 torrões nas condições naturais de campo com diâmetro de aproximadamente 5 cm. Amarra-se o torrão numa linha fina e pesa-se o mesmo. Mergulha-se o torrão em para fina fervendo a uma temperatura de aproximadamente 80°C por 20 ou 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.

Determina-se o conteúdo de água do torrão retirando-se uma pequena amostra do mesmo, pesa-se e leva-se à estufa por 24 horas. Uma vez conhecidos o peso seco e o volume do torrão, calcula-se a densidade aparente.

Cálculos:

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

$$\text{Peso do torrão} + \text{parafina} = 10,1\text{g}$$

$$\text{Peso do torrão} + \text{parafina na água} = 4,3\text{g}$$

Determinação da umidade:

$$\text{Peso do vidro do relógio} = 39,3\text{g}$$

$$\text{Peso do solo úmido} = 16,3\text{g}$$

$$\text{Peso do solo seco} = (54,3 - 39,3) = 15\text{g}$$

$$\%h = (Pa/Ps) \times 100 = (1,3/15) \times 100 = 8,6\%$$

$$\text{Temperatura da água} = 27^{\circ}\text{C} \quad d_a = 0,997\text{g/cm}^3 = 1,0\text{g/cm}^3$$

$$d = m/v ; \text{ como } d_a = 1, \quad m = v$$

$$m = v = (10,1 - 4,3) = 5,8 \text{ cm}^3$$

$$D_a = m_s/V$$

Cálculo de  $m_s$ :

$$m_a = P_{\text{úmido}} - P_{\text{seco}} = (9,8 - m_s)$$

$$\%h = (m_a/m_s) \times 100$$

$$m_s = \frac{9,8 - m_s}{\%h} \times 100$$

$$m_s \times \%h + 100m_s = 980$$

$$m_s = \frac{980}{100 + \%h}$$

$$m_s = \frac{980}{100 + 8,6} = 9,0\text{g}$$

Cálculo da Densidade Aparente:

$$D_a = M_s/V = 9,0/5,8 = 1,56 \text{ g/cm}^3$$

#### 1.1.4 - Densidade das Partículas (Dr) - Método do Pionômetro.

Inicialmente pesa-se e numera-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, deixa-se esfriar, completa-se seu volume com a própria água da bacia, mede-se sua temperatura interna, seca-os com uma flanela e volta-se a pesar. Retira-se uma pequena amostra do solo, leva-se a estufa para determinação da umidade.

Cálculos:

$$\begin{aligned} T &= 27^{\circ}\text{C} & \text{D\acute{a}gua} &= 0,9975\text{g/cm}^3 \\ \text{P\~{e}so do picn\~{o}metro} &= P_p = 32,30\text{g} \\ \text{Volume do picn\~{o}metro} &= 51,10\text{ cm}^3 \\ \text{Peso do solo + picn\~{o}metro + \acute{a}gua} &= P_t = 86,31\text{g} \end{aligned}$$

C\~{a}lculo da umidade:

$$\text{Ver \textit{item} 1.1.5, onde } \%h = 4,31$$

C\~{a}lculo da densidade real:

$$\begin{array}{rcl} 100\text{g de solo} & - & 4,31\text{g de \acute{a}gua} \\ 5\text{g de solo} & - & X \text{ de \acute{a}gua} \quad \dots X = 0,22\text{g de \acute{a}gua.} \end{array}$$

$$\text{Peso do solo seco} = P_s = 5 - 0,22 = 4,78\text{g}$$

$$\text{Peso da \acute{a}gua} = P_t - P_p - P_s = 86,31 - 32,30 - 4,78 = 49,23\text{g}$$

$$V_{\text{\acute{a}gua}} = M_{\text{\acute{a}gua}}/S_{\text{\acute{a}gua}} = 49,23/0,9975 = 49,35\text{ cm}^3$$

$$V_{\text{solo}} = V_p - V_a = 51,10 - 49,35 = 1,75\text{ cm}^3$$

$$D_r = M/V = 4,78/1,75 = 2,74\text{ g/cm}^3$$

#### 1.1.5 - Determinação da Umidade Atual (Método da Estufa):

Obtêm-se uma pequena amostra de solo úmido e coloca-se em uma lata de alumínio previamente numerada e de peso conhecido, pesa-se o solo e anota-se o seu valor, levando-se

à estufa por 24 horas. Em seguida retira-se da estufa e coloca-se em um dissecador para esfriar, pesa-se e obtêm-se o peso da lata mais o peso do solo sêco. Então determina-se a umidade.

Dados obtidos:

Nº da lata = 193

Peso da lata = 30,85g

Peso da lata + solo úmido = 44,90g

Peso da lata + solo sêco em estufa = 44,32g

Peso do solo sêco = 13,47g

Pêso do solo úmido = 14,05g

Cálculo da umidade:

$$\%h = (Pa/Ps) \times 100 = ((14,05 - 13,47)/13,47) \times 100 = 4,31\%$$

#### 1.1.6 - Determinação da Umidade à 15 atm.(U.M)

Coloca-se 25 a 30g de terra fina em anéis de borracha distribuídos sobre uma bandeja e adiciona-se água destilada até saturar a amostra do solo, deixando-se por um período de 20 a 24 horas. Submete-se a mesma a uma pressão de 15 atm, até que toda a água seja drenada, por dois ou três dias aproximadamente. Coloca-se a amostra em latas de alumínio numeradas e de peso conhecido e leva-se à estufa por 24 horas a uma temperatura de 105°C aproximadamente. Pesa-se novamente a lata com o solo sêco.

Dados obtidos:

Nº da lata = 226

Peso da lata = 32,34g

Tara da lata + solo úmido = 52,76g

Tara da lata + solo sêco em estufa = 51,33g

$$\%UM = ((TFSA + \text{água}) - TFSE)/TFSE$$

TFSA = (Tara da lata + solo úmido) - Tara da lata

$$TFSA = 52,76 - 32,34 = 20,42g$$

$$TFSE = 51,33 - 32,34 = 18,99g$$

$$\%UM = ((20,42 - 18,99)/18,99) \times 100 = 7,53\%$$

#### 1.1.7 - Porosidade Total (N)

A porosidade consiste dos espaços vazios

que ficam entre as partículas de solo, e pode ser determinada à partir da seguinte expressão:

$$N = ((1 - (D_a/D_r)) \times 100$$

Onde:

$D_a$  = densidade aparente ou global  
 $D_r$  = densidade real das partículas

$$N = 1 - (1,51/2,74) \times 100 = 44,9\%$$

### 1.1.8 - Graus de Floculação e Dispersão:

#### 1.1.8.1 - Grau de Floculação

##### a) Procedimento:

Calcula-se as funções das porcentagens de argila total e dispersa em água, de acordo com a seguinte expressão:

$$\text{Grau de Floculação} = 100 \times (\text{argila total} - \text{argila dispersa em água}) / \text{argila total}$$

OBSERVAÇÃO: A argila dispersa em água é obtida pelo mesmo procedimento da dispersão total, sendo que o dispersante é a água destilada.  
Portanto obteve-se:

$$C_{2hs} = 6$$

##### b) Cálculos:

- Correção devido à Temperatura:

$$T = 27^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = 80,6 - 67 = 13,6^{\circ}\text{F}$$

$$-T_c = 13,6 \times 0,2 = 2,72^{\circ}\text{F}$$

$$C_{2hs} = C_{2hs} + \text{correção} = 6 + 2,72 = 8,72 \text{ g/l}$$

$$C_{2hs} = (C_{2hs} / C_0) \times 100 = (8,72/50) \times 100 = 17,44\%$$

#### 1.1.8.2 - Grau de Dispersão

##### a) Cálculo:

$$\text{Grau de Dispersão} = 100 - \text{Grau de Floculação} = 100 - 17,44 = 82,56\%$$

### 1.1.9 - Classificação Textural

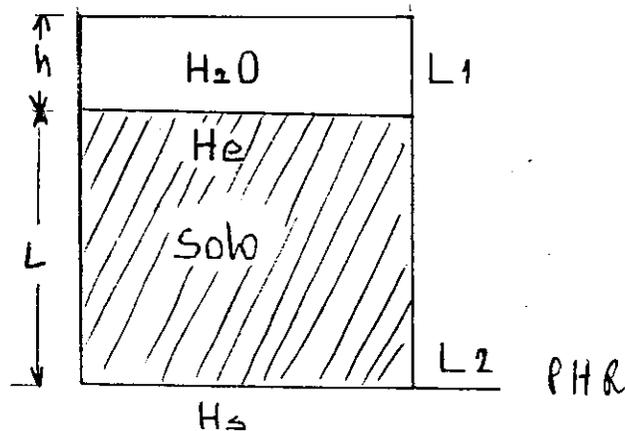
Obtem-se a textura do solo, entrando com as porcentagens encontradas no diagrama trilinear (em anexo).

O solo analisado apresentou-se como:  
FRANCO - ARGILO - ARENOSO.

### 1.1.10 - Condutividade Hidráulica, usando Terra Fina: Método do Permeâmetro de Carga Constante

#### 1.1.10.1 - Introdução:

Neste método se tem movimento de água numa coluna em posição vertical, conforme a figura abaixo.



A carga hidráulica ( $H$ ) é dada por:

$$H = h_g + h_p$$

Onde:

$h_g$  = carga de posição

$h_p$  = carga de pressão

A lei de Darcy, é dada por:

$$Q = K \times A i$$

Onde:

$Q$  = vazão

$A$  = área transversal, por onde flui a vazão

$K$  = condutividade hidráulica

$i$  = gradiente hidráulico.

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

$q = Q/A = V/At$ , pela equação de Darcy, tem-se:

$q = V/At = Ki$ , donde:

$$K = V/At \times i \text{ (eq. 1)}$$

Para a coluna vertical, tem-se que:

$$i = H/L = (H_e - H_s)/(L_1 - L_2), \text{ onde: } H_e = L + h \\ H_s = 0 + 0$$

Portanto:

$$i = (L + H)/L$$

Substituindo-se na eq.1 tem-se:

$$K = VL/At(L + H)$$

#### 1.1.10.2 - Metodologia Aplicada:

Estabeleceu-se uma carga constante de 2,3 centímetros no permeâmetro, e se fez três medições de volumes escoados pela coluna de solo, em três intervalos diferentes. Isto para se ter um valor médio da condutividade hidráulica.

#### 1.1.10.3 - Dados Obtidos:

Carga =  $h = 2,3$  cm

Comprimento da amostra =  $L = 65,5$  cm

Diâmetro do permeâmetro =  $\phi = 100$  mm

Secção transversal da amostra =  $A = 78,5$  cm<sup>2</sup>

#### 1.1.10.4 - Resultados:

t (min)	Volume Coletado (cm <sup>3</sup> )	Condutividade Hidráulica (cm/min)	Condutividade média (cm/min)
3	84	0,344	0,343
6	167	0,343	20,580
10	278	0,342	-

$$K = VL/At(L + h) = (84 \times 65,5)/78,5 \times (65,5 + 2,3) = 1,03376/3 \text{ cm/min.}$$

#### 1.1.10.5 - Conclusão:

De acordo com os resultados obtidos, verificamos que o ensaio teve êxito, as discrepâncias nos três valores obtidos, foram devidos a erros sistemáticos.

Para  $K = 20,58$  cm/h, tem-se a Condutividade de Hidráulica como MUITO RÁPIDA.

## ANÁLISES QUÍMICAS DO SOLO:

### 1.1.11 - Potencial Hidrogeniônico - PH(Método do Potenciômetro).

Inicialmente é feita uma pasta de saturação do solo. Ela é feita do seguinte modo: Coloca-se água destilada na amostra do solo e agita-se o mesmo com uma espátula para homogeneizá-lo; depois de saturar a amostra devemos deixá-la em repouso durante 4 horas ou uma noite. A pasta não deve perder a umidade adquirida.

#### - Procedimento:

Pesa-se 300g de solo e coloca-se o mesmo em um copo plástico, no qual iremos adicionando água destilada até saturar a amostra. Lê-se os ml de água gastos.

Em seguida transfere-se a pasta de solo para um funil Bueckner, contendo um papel de filtro, e adaptado a um Kitassato no qual aplica-se uma sucção com uma bomba à vácuo. Logo depois colocamos o extrato de saturação em uma proveta e a tampamos.

O PH é determinado diretamente do extrato de saturação. O aparelho em que é feita a leitura deve ser ligado 30 minutos antes, e também deve ser aferido com soluções tampão de PH 4, 7 e 9. Fazendo a leitura diretamente no aparelho, temos:

Leitura obtida: PH = 8,5

### 1.1.12 - Determinação de Cálcio e Magnésio Trocáveis:

Pesa-se 12,5g de terra fina seca ao ar e coloca-se num tubo de percolação anteriormente preparado. Coloca-se 250 ml de KCl (cloreto de potássio) 1 N e espera-se que o líquido passe através do solo para um balão de 250 ml, logo após completa-se o volume com KCl 1N. Determina-se o Cálcio e o Magnésio de acordo com os seguintes métodos:

#### - Cálcio:

Coloca-se 50 ml do extrato e transfere-se para um erlenmeyer de 125 ml. É adicionado 2ml de KOH (hidróxido de potássio) 10%. Coloca-se um pouco do indicador Murexida e titula-se com EDTA (ácido etilenodiaminotetracético) 0,025N até mudança da cor vermelha para violeta. Anota-se o volume gasto na titulação.

#### - Magnésio:

Esta determinação é realizada indiretamente. Primeiro se faz a determinação do cálcio + magnésio, depois por diferença encontra-se o valor do magnésio.

Coloca-se 50 ml do extrato em um erlenmeyer de 125 ml e adiciona-se 2 ml da solução tampão PH 10. Coloca-se 3 gotas do indicador eriocromo negro T e titula-se com EDTA 0,025 N até mudança de cor roxo vinho para azul. Anota-se o volume usado na titulação.

- Cálculos:

Volume gasto de EDTA

$$\text{Cálcio}(\text{Ca}^{++}) = 8,2 \text{ ml}$$

$$\text{Cálcio} + \text{Magnésio} (\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) = 11,2 \text{ ml}$$

$$\text{Normalidade do EDTA(N)} = 0,025 \text{ N}$$

$$\text{Magnésio}(\text{Mg}^{++}) = 11,2 - 8,2 = 3,0 \text{ ml}$$

$$\text{Cálcio}(\text{Ca}^{++}) = 8,2 \text{ meq/100g de solo}$$

$$\text{Magnésio}(\text{Mg}^{++}) = 3,0 \text{ meq/100g de solo.}$$

#### 1.1.13 - Determinação de Sódio e Potássio Trocáveis

Pesa-se 12,5g de TFSA(terra fina sêca ao ar) e coloca-se a mesma em uma coluna de percolação preparada anteriormente. Adiciona-se 125 ml da solução extratora de acetato de amônio normal PH 8 e espera-se passar todo o líquido através da coluna de percolação com o solo, para um balão volumétrico de 250 ml que depois será completado com água destilada e depois agitado para haver uma boa homogeneização. Leva-se uma parte do extrato para o fotômetro de chama e faz-se as leituras para o sódio e o potássio. Se a leitura ultrapassar a escala do aparelho, dilui-se a solução.

Cálculos:

$$\text{Sódio}(\text{Na}^+) = \text{Leitura} \times \text{diluição} \times \text{fator} \times (250/1000) \times (100/12,5)$$

$$\text{Leitura} = 7$$

$$\text{Diluição} = 0$$

$$\text{fator} = 0,01$$

$$\text{Na}^+ = 7 \times 0,01 \times 2 = 0,14 \text{ meq Na/100g de solo.}$$

$$\text{Potássio}(\text{K}^+) = \text{Leitura} \times \text{diluição} \times \text{fator} \times (250/1000) \times (100/12,5)$$

$$\text{Leitura} = 6$$

$$\text{Diluição: } 1 : 10$$

$$\text{fator} = 0,001$$

$$\text{K}^+ = 6 \times 10 \times 0,001 \times 2 = 0,12 \text{ meq K/100g de solo.}$$

#### 1.1.14 - Capacidade Total de Troca de Cátions - T

É dada pelo somatório dos cátions de cálcio, magnésio, sódio e potássio trocáveis.

$$T = \text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} = 0,14 + 0,12 + 8,2 + 3,0$$

$$T = 11,42 \text{ meq/100g de solo.}$$

#### 1.1.15 - Condutividade Elétrica no Extrato de Saturação - CE.

Leva-se uma amostra do extrato de saturação em um pequeno becker. Lê-se a temperatura do amostra. A leitura é feita no condutivímetro, devendo-se antes, lavar a célula do aparelho com água destilada. A leitura é dada em milimhos por centímetro à 25°C. Logo:

$$CE = \text{Leitura} \times Ft \times K_{\text{célula}} \times \text{escala}$$

Dados:

$$\text{Leitura} = 4,6$$

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

$$K_{\text{célula}} = 1,0$$

$$CE = 4,6 \times 1,043 \times 1,0 \times 1,0 = 4,7978 \text{ mmhos.}$$

#### 1.1.16 - Determinação de Sódio no Extrato de Saturação.

Método do Fotômetro de Chama - Leva-se uma alíquota do extrato de saturação ao fotômetro que é aferido antecipadamente com água destilada e solução padrão padronizada. Usa-se o filtro do íona indicado. Se a leitura ultrapassar a escala do aparelho, dilui-se a solução.

Cálculos:

$$\text{Na}^+ = \text{Leitura} \times \text{diluição} \times \text{fator}$$

$$\text{Leitura} = 10$$

$$\text{diluição} = 1:10$$

$$\text{fator} = 0,01$$

$$\text{Na}^+ = 10 \times 10 \times 0,01 = 1,0 \text{ meq/l}$$

#### 1.1.17 - Determinação de Potássio no Extrato de Saturação.

De maneira análoga a de sódio no extrato, apenas aferindo-se o aparelho com a solução padrão para o potássio, utilizando-se o filtro correspondente.

Cálculos:

$K^+ = \text{Leitura} \times \text{diluição} \times \text{fator}$

Leitura = 10

diluição = 1:10

fator = 0,001

$K^+ = 10 \times 10 \times 0,001 = 0,10 \text{ meq/l.}$

1.1.18 - Determinação de Carbonatos no Extrato de Saturação:

Coloca-se 20 ml do extrato em um erlenmeyer, adiciona-se 3 gotas de fenolftaleína, se a solução não apresentar uma coloração vermelha, indica ausência de carbonatos. Se apresentar mudança na cor, titula-se com  $H_2SO_4$  (ácido sulfúrico) a 0,025N até voltar a coloração inicial. Anota-se o volume gasto de  $H_2SO_4$ . No nosso caso, não houve mudança de cor, indicando assim, que não existe carbonatos no extrato.

1.1.19 - Determinação de Bicarbonatos no Extrato de Saturação:

Segue-se o mesmo procedimento da determinação de carbonatos, mas agora, usam-se 3 gotas de metil-orange. Anota-se o volume gasto de  $H_2SO_4$ .

No nosso caso não houve mudança de cor, indicando assim, que não existe bicarbonatos no extrato.

1.1.20 - Determinação de Cloretos no Extrato de Saturação:

Coloca-se 20 ml do extrato em um erlenmeyer, em seguida é feita uma prova em branco usando-se 1 ml de cromato de potássio a 5%, então titula-se com  $AgNO_3$  a 0,05N até apresentar mudança de cor amarela para vermelho, anota-se o volume gasto na titulação.

Leitura = 0,51 ml

diluição = 1:10

Branco = 0,35 ml

$Cl^- = \frac{(\text{ml gasto} - \text{ml na prova em branco}) \times 50}{\text{ml da alíquota do extrato}} = \text{meq de } Cl^-$

$Cl^- = (0,51 - 0,35) \times \frac{50 \times 10}{20} = 4,0 \text{ meq de } Cl^-$

### 1.1.21 - Determinação de Sulfatos no Extrato de Saturação:

Teste Qualitativo - Coloca-se uma alíquota do extrato de saturação em um becker, e adiciona-se 3 gotas de HCl concentrado e bota-se em uma chapa para ferver; quando estiver borbulhando coloca-se  $BaCl_2$  a 10%. Observa-se se há ou não precipitado, havendo indica presença de sulfato. No nosso caso foi ausente.

### 1.2 - ANÁLISE DE ÁGUA: Procedência: São Mamede - PB.

#### 1.2.1 - PH (Método do Potenciômetro):

O PH tem como finalidade determinar o caráter ácido ou básico de uma amostra. O potenciômetro é zerado passando-se duas soluções tampões de PH conhecidos (4 e 7). Logo em seguida, imerge-se o eletrodo na amostra e faz-se a leitura no aparelho. O potenciômetro é aferido para  $25^{\circ}C$ .

OBSERVAÇÃO: O potenciômetro é ligado pelo menos 30 minutos antes de começar a ser usado.

PH = 8,0

#### 1.2.2 - Condutividade Elétrica (Conduvímeter):

A condutividade elétrica tem como finalidade medir o teor de sais contido na amostra. É determinada diretamente pelo conduvímeter, basta 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. Essa leitura é dada em milimhos/cm a  $25^{\circ}C$ . Sendo a temperatura diferente de  $25^{\circ}C$ , deve-se fazer a correção.

T =  $25^{\circ}C$

CE = 1850 umhos/cm

#### 1.2.3 - Determinação de Ca + Mg (titulação com EDTA 0,025N):

Cálcio:

Inicialmente tomamos 25 ml da amostra e adicionamos 2 ml de KOH(10%), em seguida colocamos uma pitada de murexida, como indicador, que dá uma coloração vermelha à solução. Titula-se com EDTA a 0,025N e anota-se o volume gasto.

Cálculo:

Va = volume da amostra = 25 ml, tem-se

40 VN = meq/l de cálcio

Onde:

40 = constante devido o valor de Va;

V = volume gasto de EDTA = 2,12 ml;

N = normalidade do EDTA = 0,025 N.

Cálcio( $\text{Ca}^{++}$ ) =  $40 \times 2,12 \times 0,025 = 2,12$  meq/l.

Cálcio + Magnésio:

Toma-se 25 ml da amostra e adiciona-se 3 ml da solução tampão PH 10, em seguida coloca-se 2 a 3 gotas de eriocromo negro como indicador, que dá uma coloração roxo vinho à solução. Em seguida titula-se com EDTA a 0,025N até mudança de roxo vinho para azul. Anota-se o volume de EDTA gasto na titulação.

Cálcio( $\text{Ca}^{++}$ ) = 2,12 meq/l

Cálcio + Magnésio = 6,09 meq/l

Magnésio =  $6,09 - 2,12 = 3,97$  meq/l

#### 1.2.4 - Determinação de Na e K (Fotômetro de Chama):

##### a) Determinação de Sódio ( $\text{Na}^+$ ):

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

$\text{Na}^+$  = Leitura x diluição x fator

Leitura = 10

diluição = 1:10

fator = 0,01

$\text{Na}^+$  =  $10 \times 10 \times 0,01 = 1,0$  meq/l

##### b) Determinação do Potássio ( $\text{K}^+$ ):

Esta determinação é feita de maneira análoga a do sódio, só com a diferença de que o aparelho é zerado com a solução de potássio a 0,050N e água destilada.

$\text{K}^+$  = leitura x diluição x fator

Leitura = 5  
diluição = 1:10  
fator = 0,001

$$K^+ = 5 \times 10 \times 0,001 = 0,05 \text{ meq/l.}$$

### 1.2.5 - Carbonatos e Bicarbonatos (titulação com $H_2SO_4$ à 0,02N)

Carbonatos:

Pega-se 50 ml da amostra, e coloca-se 3 gotas de fenolftaleína. Caso não haja alteração na cor da amostra indica ausência; e havendo titula-se com  $H_2SO_4$  a 0,02 N até a amostra mudar de cor rósea para incolor. Anota-se o volume de ácido sulfúrico gasto na titulação.

$$CO_3^{--} = 0,4V = \text{meq de } CO_3^{--}/l \text{ . . } V = 2P$$

Leitura = 0,65 ml

$$\therefore CO_3^{--} = 0,4 \times 2P = 0,4 \times (2 \times 0,65) = 0,52 \text{ meq/l.}$$

Bicarbonato:

Toma-se 50 ml da amostra e adiciona-se e 2 a 3 gotas de metil-orange como indicador, que dá uma coloração à solução. Passa-se então a titular com  $H_2SO_4$  a 0,02N, até que se verifique a mudança de cor.

$$HCO_3^- = 0,4V = \text{meq de } HCO_3^-/l \text{ . . } V = (T - 2P) - PB, \text{ onde:}$$

T = volume total gasto de ácido sulfúrico = 5,65 ml

2P = volume gasto de ácido sulfúrico para carbonato =  $2 \times 0,65 = 1,3$  ml

PB = volume gasto do ácido sulfúrico no teste em branco = 0,2 ml

$$HCO_3^- = 0,4(5,65 - 1,3 - 0,2) = 1,66 \text{ meq/l.}$$

### 1.2.6 - Cloretos (titulação com $AgNO_3$ à 0,05N).

Faz-se a prova em branco usando-se 1 ml de cromato de potássio a 5% em 25 ml de água destilada. Em seguida tomamos 50 ml da amostra e adicionamos 5 gotas de cromato de potássio a 5%, que dá uma coloração amarelo claro. Titula-se com  $AgNO_3$  a 0,05N até mudança de cor amarela para cor de tijolo, anota-se o volume gasto.

$$V = \text{meq/l} \quad \therefore V = V - \text{PB}$$

$$V = 5,1 \text{ ml}$$

$$\text{PB} = 0,2 \text{ ml}$$

$$\text{Cl}^- = 5,1 - 0,2 = 4,9 \text{ meq/l}$$

### 1.2.7 - Sulfatos (Teste Qualitativo)

Toma-se 20 ml da amostra e adiciona-se 2 gotas de HCl concentrado. Aquece-se. Após a ebulição adiciona-se  $\text{BaCl}_2$  (10%). Anota-se se há ou não precipitado.

Não houve precipitado no nosso caso, o que indica AUSÊNCIA DE SULFATOS.

### 1.2.8 - Relação de Adsorção de Sódio (RAS):

$$\text{Ras} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{2}}}$$

Onde:

$\text{Na}^+$  = teor de sódio

$\text{Ca}^{++}$  = teor de cálcio

$\text{Mg}^{++}$  = teor de magnésio

Portanto:

$$\text{RAS} = \frac{1,0}{\sqrt{\frac{2,12 + 3,97}{2}}} = 0,57$$

### 1.2.9 - Classes de Água:

Para se obter a classe da água entra-se com os valores da condutividade elétrica (CE) e da Relação de Adsorção de Sódio (RAS) no diagrama para classificação da água de irrigação que apresentamos em anexo.

Portanto a classe de água é  $C_3S_1$ .

## 2 - CAMPO.

### 2.1 - Capacidade de Infiltração (Cilindro Infiltrômetro):

Equipamento Utilizado:

- 2 (dois) cilindros de  $\phi_1 = 25 \text{ cm}$  e  $\phi_2 = 50 \text{ cm}$ , altura = 30 cm.

- Prancha de aço;

- Marreta;
- Plástico;
- Régua ou recipiente para medir o volume aduzido;
- Balde;
- Cronômetro.

**Procedimento:**

Os cilindros devem ser instalados concêntricos, na vertical e enterrados 15 cm no soló com auxílio da marreta em local previamente escolhido.

Coloca-se um plástico no interior do cilindro infiltrômetro, antes de colocar a água. Quando coloca-se a água neste cilindro retira-se o plástico imediatamente, anotando-se a lâmina d'água e o tempo.

Com auxílio de um recipiente de volume conhecido, acompanha-se a infiltração vertical no cilindro interno em intervalos de tempo (1,2,4,6,10,14,22,30,45,60,90 e 180 minutos). Anota-se também o volume aduzido.

Dados Obtidos:

Hora	Tempo		Infiltração		VIM (l/h)	VI <sub>á</sub> (l/h)
	Inst.(min)	Acum(min)	Instant.(l)	Acum.(l)		
10:30	-	-	3,00	-	-	-
10:31	1	1	3,60	0,60	36,00	36,00
10:32	1	2	3,80	0,80	24,00	12,00
10:34	2	4	3,90	0,90	13,50	3,00
10:36	2	6	4,10	1,10	11,00	3,00
10:40	4	10	4,30	1,30	7,80	3,00
10:44	4	14	4,50	1,50	6,40	0,75
10:52	8	22	4,60	1,60	4,40	3,00
11:00	8	30	5,00	2,00	4,20	1,60
11:15	15	45	5,50	2,50	3,50	1,60
11:30	15	60	5,90	2,90	2,90	0,40
12:00	30	90	6,10	3,10	2,10	0,20
12:30	30	120	6,20	3,20	1,60	0,00
13:30	60	180	6,20	3,20	1,06	-

$$VI = \Delta I / \Delta T$$

$$VIM = I / T$$

## AGRADECIMENTOS

Deixo os meus agradecimentos a todos aqueles que direta ou indiretamente me ajudaram nesta tarefa importante que é o ESTÁGIO SUPERVISIONADO. Agradeço principalmente a professora Norma César de Azevêdo, atual Chefe do Laboratório de Irrigação e Salinidade, que durante o período do estágio e desde que ingressei nesta Universidade, me tem orientado nos estudos e na pesquisa, fazendo com que despertasse em mim o interêsse pela prática na agricultura, contribuindo assim para a minha formação de Engenheiro Agrícola.

A UFPB, agradeço a oportunidade que me foi concedida, enaltecendo-a pela grande contribuição que me tem prestado no campo da CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA.

## CONCLUSÃO

Este estágio foi de grande importância para mim, pois como Engenheiro Agrícola adquiri conhecimentos bastantes práticos no que se refere à prática de laboratório, tendo conhecimento dos materiais e métodos usados em análises químicas e físicas do solo e da água, que são de grande importância para a formação do Engenheiro Agrícola.

Outra experiência que tive durante este estágio, foi a experiência prática que complementou meus ensinamentos teóricos adquiridos durante a graduação, o que me deu uma visão ampla das minhas futuras responsabilidades como profissional.

Campina Grande(PB), 30 de dezembro de 1983

*Leoberto de Alcantara Formiga.*  
LEOBERTO DE ALCANTARA FORMIGA.

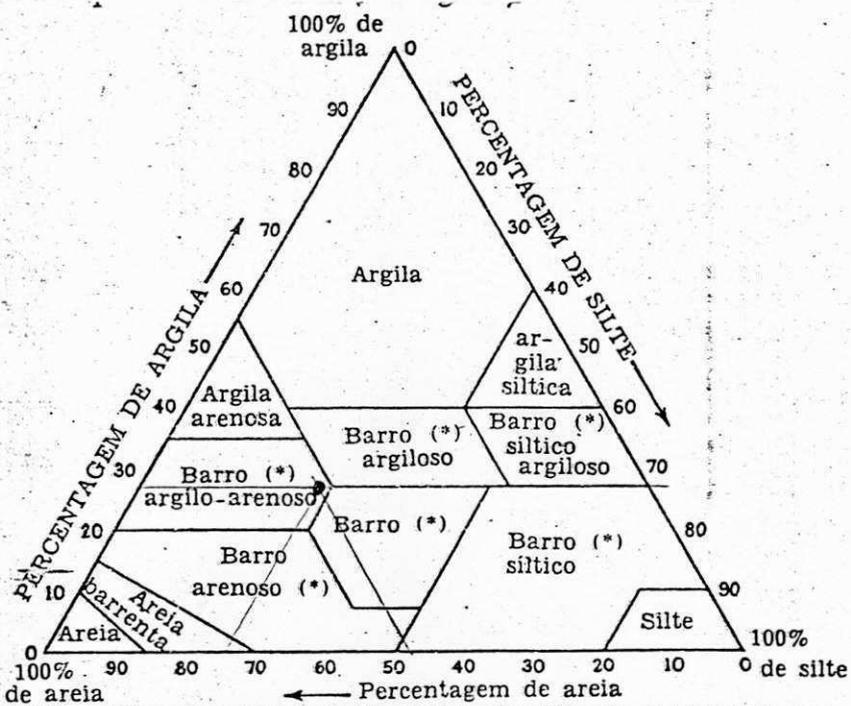


Fig. 3:5 — Diagrama por meio do qual a classificação textural de um solo pode ser determinada com base numa análise mecânica. Na utilização do diagrama, os pontos correspondentes às percentagens de silte e de argila existentes no solo em causa são respectivamente localizadas nas linhas de silte e de argila. São traçadas então linhas internas paralelas, no primeiro caso, ao lado do triângulo correspondente à argila e, no segundo caso, paralelas ao lado da areia. O nome do compartimento em que as duas linhas se cruzam é o nome da classe em questão.

(\*) A Div. de Pedologia e Fertilização do Solo do Ministério da Agricultura utiliza a denominação "franco" em vez de barro.

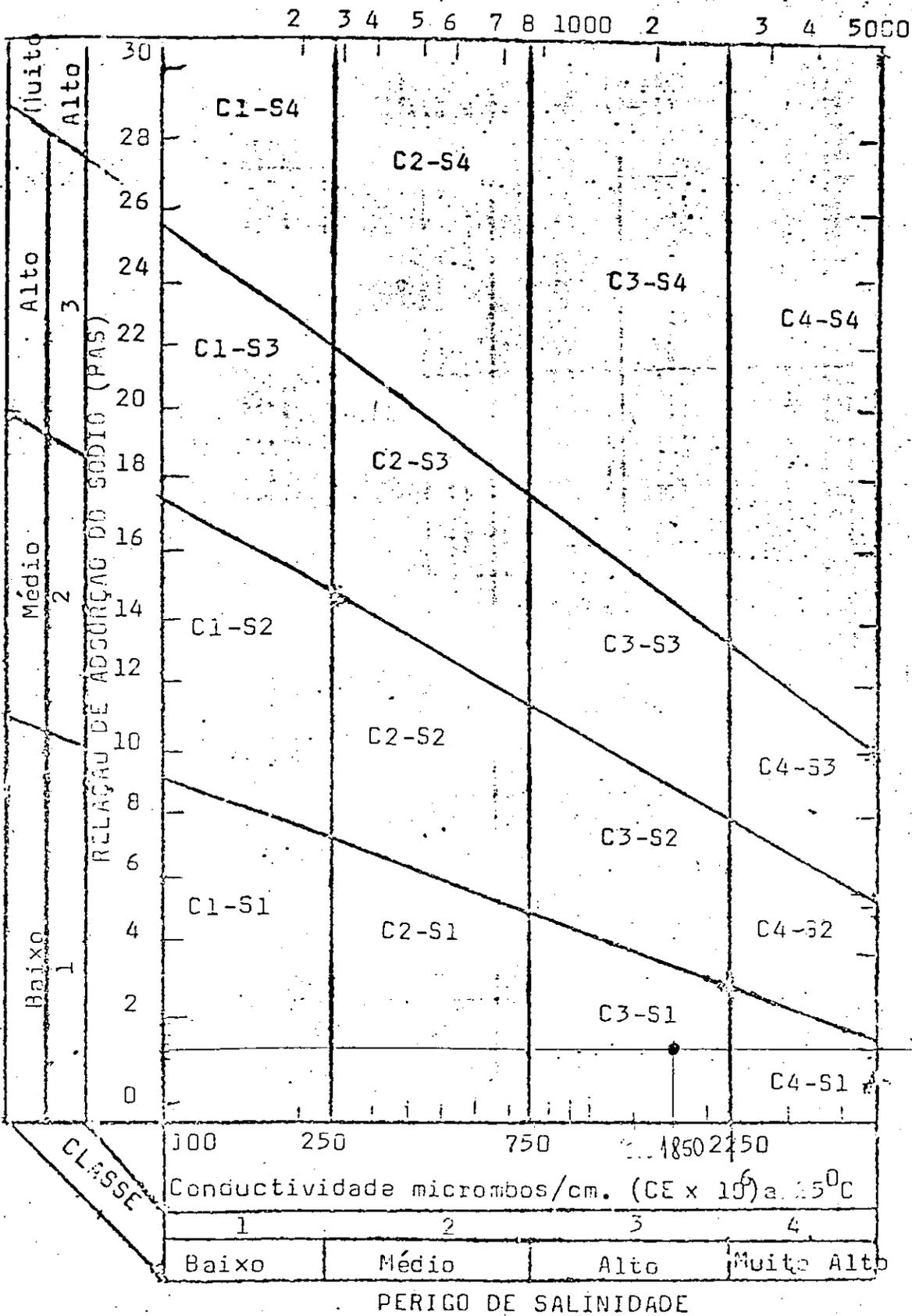


Diagrama para classificação de águas para irrigação  
(DO USDA Hdb.60)

1000 X PPM = PPM

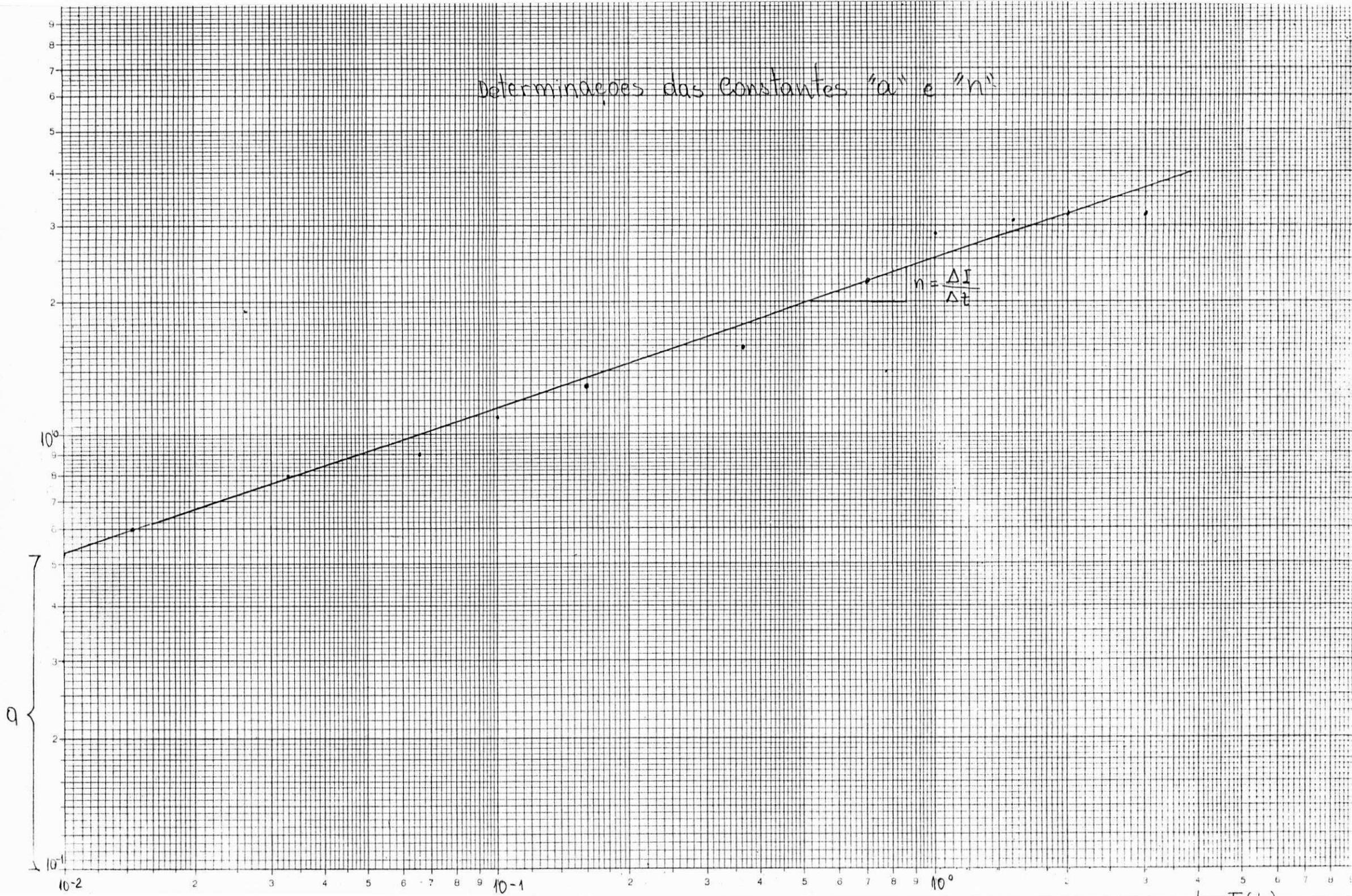
↓  
K = 29

# NÍVEIS CRÍTICOS

INTERPRETAÇÃO	ELEMENTO			
	FÓSFORO	POTÁSSIO	CÁLCIO + MAGNÉSIO	ALUMÍNIO
	TEOR EM PPM	TEOR EM mg/100g	TEOR EM mg/100ml	TEOR EM mg/100ml
B A I X O	0 - 10	0 - 45	0 - 2,0	0 - 0,3
M É D I O	11 - 20	46 - 90	2,1 - 6,0	
A L T O	21 - 30	91 - 135	6,1 - 10,0	> 0,3
M U I T O A L T O	> 30	> 135	> 10,0	

— vinculada ao Ministério da Agricultura

# Determinações das constantes "a" e "n"



## BIBLIOGRAFIA

1. Daker, Alberto - A água na agricultura - 3º Volume  
Irrigação e Drenagem - Livraria Freitas Bastos S.A.  
Terceira Edição.
2. Brady, Nyle C. - Natureza e propriedade dos solos  
Livraria Freitas Bastos S.A. - 5ª Edição. 1979
3. Caputo, Homero Pinto - Mecânica dos solos e suas aplicações  
Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.  
5ª Edição. 1980
4. Ollita, Antônio Fernando Lordelo - Os métodos de irrigação -  
Livraria Nobel - São Paulo - 1ª Edição. 1982.
5. Millar, Augustin A. - Drenagem de Terras Agrícolas -  
Editora McGraw - Hill do Brasil Ltda. - 1978.
6. Manual da Análises Químicas e Físicas do Solo - EMBRAPA.