



MINISTÉRIO DO INTERIOR
SERSE - DNOS

CONVÊNIO
MINTER/SERSE/DNOS/IICA



INSTITUTO INTERAMERICANO
DE COOPERAÇÃO PARA A
AGRICULTURA (IICA)

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO PARA AGRICULTURA IRRIGADA NO NORTE FLUMINENSE

APTIDÃO DOS SOLOS PARA IRRIGAÇÃO
E CARACTERÍSTICAS HÍDRICAS BÁSICAS

Hamilton Jorge de Azevedo 1/

IICA
P12
50

DOCUMENTO DE ENSINO Nº

- 5
A- Campos,
1983

IIICA
012
50



MINISTÉRIO DO INTERIOR
SERSE - DNOS

CONVÊNIO

MINTER/SERSE/DNOS/IIICA



INSTITUTO INTERAMERICANO
DE COOPERAÇÃO PARA A
AGRICULTURA E IICA

Centro Interamericano de
Documentación e
Información Agrícola
28 FEB 1985
IIICA - CUBA

APTIDÃO DOS SOLOS PARA IRRIGAÇÃO E CARACTERÍSTICAS HÍDRICAS BÁSICAS

Hamilton Jorge de Azevedo 1/

1/ Eng^o Agrônomo, Pesquisador da Secção de Irrigação e Climatologia da Coordenadoria Regional Leste do IAA/PLANALSUCAR.

1- IMPORTÂNCIA DOS ESTUDOS PEDOLÓGICOS NOS PROJETOS
DE IRRIGAÇÃO

1.1. Considerações Gerais

1.2. Características dos Solos

1.2.1. Características físicas

a) Profundidade efetiva do solo

b) Conteúdo de matéria orgânica

c) Estrutura e porosidade do solo

c₁) Peso específico aparente (d_a)

c₂) Distribuição do espaço poroso

d) Distribuição do tamanho das partículas

1.2.2. Características químicas

a) Reação do solo (pH)

b) Características do complexo de troca de cations

b₁) Capacidade de troca de cations (T ou CTC)

b₂) Porcentagem de saturação de bases (V)

b₃) Porcentagem de sódio trocável (PST)

c) Salinidade

1.2.3. Características mineralógicas

a) Mineralogia da fração areia e silte

b) Mineralogia da fração argila

c) Conteúdo de carbonatos

d) Conteúdo de gesso

0

01

02

02

02

03

04

05

05

06

07

07

09

09

11

12

13

20

20

21

23

24

1- IMPORTÂNCIA DOS ESTUDOS PEDOLÓGICOS NOS PROJETOS

DE IRRIGAÇÃO

1.1. Considerações Gerais

1.2. Características dos Solos

1.2.1. Características físicas

a) Profundidade efetiva do solo

b) Conteúdo de matéria orgânica

c) Estrutura e porosidade do solo

c₁) Peso específico aparente (ρ_a)

c₂) Distribuição do espaço poroso

d) Distribuição do tamanho das partículas

1.2.2. Características químicas

a) Reação do solo (pH)

b) Características do complexo de troca de cations

b₁) Capacidade de troca de cations (T₁ ou CTC)

b₂) Porcentagem de saturação de bases (V)

b₃) Porcentagem de sódio trocável (PST)

c) Salinidade

1.2.3. Características mineralógicas

a) Mineralogia da fração areia e silte

b) Mineralogia da fração argila

c) Conteúdo de carbonatos

d) Conteúdo de gesso

01

01

02

02

02

03

04

05

05

06

07

07

09

09

11

12

13

20

20

21

23

24

1.2.4. Relação solo-água	25
a) Velocidade de infiltração	25
b) Permeabilidade (condutividade hidráulica)	30
c) Disponibilidade da água no solo	32
2- CONSIDERAÇÕES SOBRE TOPOGRAFIA E DESENVOLVIMENTO DA TERRA	36
2.1. Introdução	36
2.2. Declividade	36
2.3. Microrelevo	37
2.4. Macrorrelevos, e tamanho do campo	38
2.5. Cobertura da terra	40
2.6. Outros desenvolvimento na terra	40
3- DRENAGEM E RECUPERAÇÃO DO SOLO	40
3.1. Introdução	40
3.2. Estudos de drenagem	42
3.2.1. Limite da profundidade do lençol freático	42
3.2.2. Investigação básica para drenagem	43
4- QUALIDADE DA ÁGUA	48
4.1. Introdução	48
4.2. Avaliação da água para irrigação	48
1- Condutividade elétrica	49
2- Razão de adsorção de sódio (RAS)	52
5-TIPOS DE LEVANTAMENTO	54

6- PLANEJAMENTO E ORGANIZAÇÃO DE UM LEVANTAMENTO DE SOLOS	57
6.1. Atividades no campo	57
6.2. Atividades de laboratório	59
6.3. Trabalhos de escritório	60

Índice de Tabelas

Tabela 1- Interpretação da reação do solo	08
Tabela 2- Capacidade de troca de cations de diferentes tipos de argilas	10
Tabela 3- Classificação de solo quanto a salinidade a CEE	15
Tabela 4- Salinidade do solo e tolerância de algumas culturas	16
Tabela 5- Classificação dos solos quanto a PST	18
Tabela 6- Classificação de valores de condutividade hidráulica	31
Tabela 7- Características físicas de solos de diversas classes texturais	34
Tabela 8- Estimativa de corte e aterro na movimentação de terra da sistema tização	38
Tabela 9- Apresenta uma avaliação do tama- nho dos campos irrigados.	39

Índice de Figuras

Figura 1 - Curva de infiltração em solo de textura arenosa	27
Figura 2 - Curva de infiltração em solo de textura média	28
Figura 3 - Curvas de avanço de água no sulco de infiltração	29
Figura 4 - Curvas de infiltração instantânea e acumulada em solo de infiltração	29
Figura 5 - Curva característica de água disponível para um solo arenoso e argiloso	33
Figura 6 - Relação entre a concentração de sais (meq/l) e a condutividade elétrica das águas de irrigação	50

1. IMPORTÂNCIA DOS ESTUDOS PEDOLÓGICOS NOS PROJETOS DE IRRIGAÇÃO

1.1. Considerações Gerais

O levantamento e a investigação dos solos com a finalidade de classificação da aptidão das terras para a irrigação, requer além da habilidade individual, um esforço de uma equipe de especialistas.

Estudos de solos são indispensáveis a qualquer projeto de irrigação, porque é através deles juntamente com estudos de clima, topografia, drenagem, hidrologia e estudos sócio-econômicos que determinar-se-á a viabilidade e características do projeto.

O conhecimento dos solos com potencial de irrigação é essencial tanto por razões técnicas como econômicas. O alto custo do desenvolvimento da irrigação na agricultura exige justificativas, como a do retorno econômico do investimento que vai fazer, sendo o esquema do projeto de irrigação dependente do conhecimento detalhado do solo dentro das áreas irrigadas.

Storie (1964) apresentou as primeiras razões para que os estudos dos solos sejam uma parte das investigações em áreas irrigadas:

- 1- Garantir a seleção de solos que sejam produtivos;
- 2- Auxiliar na locação de canais e outras estru-

turas de irrigação;

3- Determinar as necessidades específicas de irrigação para cada tipo de solo;

4- Determinar as necessidades específicas de drenagem para cada tipo de solo;

5- Determinar a necessidade de recuperação de solos salinos e alcalinos;

6- Determinar a necessidade de sistematização das terras irrigadas;

7- Determinar a necessidade do controle de erosão;

8- Ajudar a determinar o tamanho das fazendas;

9- Auxiliar na avaliação do valor da terra a fim de colocar os custos de desenvolvimento baseando-se na capacidade de pagamento;

10- Auxiliar na escolha de culturas mais adequadas para cada tipo de solo;

11- Auxiliar na criação de um manejo de práticas agrícolas específicas para cada tipo de solo, tais como o uso de fertilizantes, uso de corretivos, subsolagem, sistematização de solos sem danos para o mesmo, tipo de irrigação e/ou drenagem etc.

1.2: Características dos Solos

1.2.1. Características físicas

a) Profundidade Efetiva do Solo

A profundidade do solo que pode ser efetivamente explorada pelas raízes das plantas é um fator importante na sele

ção das terras para irrigação. A penetração da raiz é frequentemente inibida por fatores mecânicos (horizontes impenetráveis ou duros), fatores químicos (zonas com alto conteúdo de gesso) ou drenagem pobre.

Enquanto a profundidade ideal é de 150 cm de solo friável e de boa drenagem, experiências tem mostrado que muitas culturas anuais e perenes irrigadas tiveram produções excelentes com uma profundidade de 90 cm de solo bem drenado. Quando uma atenção especial é dado ao manejo da cultura e da irrigação, a maioria das plantas apresentam de boa para excelentes produções com profundidades efetivas do solo de apenas 45 cm, enquanto boas produções são obtidas sob condições de bom manejo para a grama e o arroz em solos com 30 cm de profundidade.

Solos com profundidade de 90 cm são frequentemente escolhidos como um mínimo para Classe 1 (mais alto nível). Profundidades menores recebem em geral classificações mais baixas devido ao menor número de culturas que adaptam ou à menor produtividade obtida.

b) Conteúdo de Matéria Orgânica

A matéria orgânica no solo proporciona um indício da gênese do solo e portanto ajuda a distinguir solos que podem comporta-se diferentemente, mas raramente é útil para prever produtividade de culturas irrigadas. É muito raro estabelecer critérios de agrupamento de solos em função das variações da matéria orgânica na classificação das terras para irrigação.

Um alto conteúdo de matéria orgânica pode ser

de importância indireta na avaliação da natureza e de outras características do solo, tais como, textura, capacidade de retenção de água, capacidade de troca de cátions e mineralogia de argilas.

Solos com conteúdo de matéria orgânica muito alto apresenta para irrigação muitos problemas devido a sua instabilidade e necessidade de um manejo especial de técnicas como subirrigação.

C) Estrutura e porosidade do solo

A estrutura do solo refere-se a natureza e o grau de agregação das partículas do solo e porosidade refere-se aos espaços vazios entre e dentro desses agregados. Muitos poros grandes e uma boa aeração estão associados com agregados estáveis e solos produtivos.

Sob condições de sequeiro, a boa aeração do solo é identificada visualmente através da textura, estrutura, cor, porosidade e comportamento do sistema radicular. A adição de água pode, entretanto, induzir a condições químicas e físicas adversas afetando a aeração. Por isso horizontes adensados a 60 cm não causam problemas sob condições de chuvas leves, podendo entretanto sob condições de irrigação formar um lençol frêático elevado, reduzindo a aeração. É necessário uma análise cuidadosa para se interpretar esses perfis ao mesmo tempo, que não se pode usar critérios rígidos na sua classificação. Outra forma de se observar a aeração é através da medição do peso específico aparente, porosidade e taxa de infiltração do solo.

C₁) Peso Específico Aparente (ρ_a)

O peso específico aparente é definido como o peso seco por unidade de volume do solo e é expresso usualmente em g/cm^3 . Como o peso específico aparente pode variar com a umidade do solo é recomendável fazer a amostragem quando o solo estiver na capacidade de campo, mas para solos com argila expansiva deve ser determinado a várias umidades. O peso específico aparente de solos altamente produtivos estão usualmente no intervalo de 1,0 - 1,5 (para média e fina textura) e 1,1 - 1,65 (para textura grossa). Um peso específico aparente muito alto inibe a penetração e proliferação de raízes e pode impedir a drenagem. A infiltração e a permeabilidade são normalmente baixa para solos com textura média e fina quando o peso específico aparente for maior que 1,65.

Como o peso específico aparente é geralmente favorável, eles raramente são usados como critério de aptidão de solos de irrigação, mas alto peso específico aparente em algum horizonte do perfil do solo pode justificar uma mais baixa aptidão para irrigação.

C₂) Distribuição do Espaço Poroso

O espaço poroso e o peso específico aparente do solo são inversamente proporcionais estando porém intimamente relacionados. Solos com baixa porosidade geralmente contêm um pequeno espaço livre de água quando em capacidade de campo, sendo esta característica um importante critério na avaliação da produtividade.

Assumindo um peso específico real de 2,65 para o solo, a porosidade total associada com o peso específico aparente de

1,1 - 1,6 deve ser de 58 - 40%. Em solos bem drenados os poros estão cheios de ar e água. Na capacidade de campo, os poros que estão preenchidos com ar são considerados não capilares (macroporos) e aqueles preenchidos com água são poros capilares. O primeiro pode ser estimado por comparação da umidade do solo na capacidade de campo com a porosidade calculada pelo peso específico aparente e real.

A distribuição dos poros visíveis podem ser indicadas pela observação de campo. A porosidade não capilar (macroporos) deve ser alta nos primeiros 30 cm de solo, sendo um valor ideal o de 50% da porosidade total (Baver et al 1972). Esse valor é frequentemente atingido na zona de aração mas não em profundidades maiores. Em solos de alta produtividade, com textura de média para fina é comum encontrar de 10 - 30% de porosidade não capilar, mas em solos com baixa permeabilidade a macroporosidade pode estar abaixo de 2%.

Os dados de porosidade e de peso específico aparente do solo devem ser analisados conjuntamente em relação à aptidão para irrigação.

D) Distribuição do Tamanho das Partículas

A textura é uma das características do solo mais básica para sua avaliação. Ela influencia numa série complexa de propriedades do solo tais como, infiltração, umidade, retenção de nutrientes, drenagem, camada arável, suscetibilidade a erosão. Seus efeitos sobre as características do solo modificam-se em função da estrutura do solo, natureza mineral da argila, maté

ria orgânica e conteúdo de óxidos de cálcio.

Como há a necessidade de se relatar a classe textural nas propriedades físicas do solo, é importante o método de análise de distribuição do tamanho de partículas. Experiências da U.S. Bureau of Reclamation, tem mostrado que a matéria orgânica e os óxidos de cálcio não devem ser removidos antes da análise; a textura modificada por estes componentes é um critério melhor para avaliar a irrigabilidade do solo.

Para todas as classes texturais, exceto para a areia grossa, os solos são irrigáveis desde que por métodos apropriados, quando existir um incentivo econômico e não houver impedimento para crescimento das raízes. Nos casos de solo com classes texturais extremas dentro de um projeto específico, é necessário se fazer avaliação comparando-os com solos de mesma textura e em condições semelhantes quanto ao clima, qualidade da água métodos de irrigação, tipos de cultura e risco de erosão.

1.2.2. Características Químicas

a) Reação do Solo (pH)

O grau de acidez ou alcalinidade do solo é comumente expressado como um pH, valor que é definido como o logaritmo negativo da atividade do íon hidrogênio. Esta definição pode ser representada pela equação 1

$$\text{pH} = - \log_{10} a_{\text{H}^+} \quad (1)$$

onde

a_{H^+} é a atividade ou a concentração efetiva de íons de hidrogênio na solução do solo.

Solos ácidos são comuns nas regiões onde a grandeza da precipitação pluviométrica é tal, que os elementos alcalinos notadamente o Ca e Mg, são lixiviados das camadas superiores, pelas águas carregadas de CO_2 , sendo substituídos pelo H.

Contrariamente a alcalinidade resulta da acumulação de cations especialmente o Ca, Mg e Na, que provocam na solução do solo o predomínio de ions OH^- sob os H^+ .

É característica das regiões áridas e semi-áridas, onde predomina a ascensão dos cations, junto com a água capilar sobre a lavagem.

Em solos salinos não sódicos o pH (0,01 M CaCl_2) tem um valor em torno de 7,5, enquanto os solos sódicos apresentam valores maiores que este. Valores de pH da solução de solos em pasta saturada acima de 7,6 normalmente indicam presença de solos alcalinos carbonatados, mas um solo não salino ou não sódico pode ter um pH tão alto quanto 7,4. Valores de pH acima de 8,5 comumente indicam uma porcentagem de sódio trocável (PST) acima de 15. Com valores abaixo de 8,5 o PST pode ou não exceder a 15.

Abaixo é apresentada a tabela 1, onde é dada uma interpretação da reação do solo através de valores de pH

Tabela 1 - Interpretação da reação do solo.

pH	Interpretação
5,00	Acidez elevada
5,00 - 6,00	Acidez média
6,00 - 7,00	Acidez fraca
7,00	Neutro
7,00 - 7,80	Alcalinidade fraca
7,80	Alcalino

Em resumo, pode-se dizer principalmente que a medição do pH do solo serve a objetivos de classificar os solos quanto a irrigabilidade, fornecendo uma indicação geral da reação do solo, isto é, se prevalece solo ácido, alcalino ou sódico. Em certos casos, onde as relações empíricas podem ser estabelecidas, as medidas de pH são usadas para avaliar deficiências do solo e relacioná-las com aspectos econômicos, tais como necessidades de corretivos do solo e manejo da terra, incluindo práticas culturais. Em alguns casos o relacionamento entre o pH do solo e outros fatores permitem uma rápida reavaliação do número de amostras de solo e testes de solo no campo e laboratório.

b) Características do complexo de troca de cations

As características do complexo de troca de cations que são importantes na avaliação da aptidão de irrigação do solo, incluem capacidade de troca de cations (CTC), soma de bases e porcentagem de saturação de bases com referência particular para a porcentagem de troca de sódio.

b₁) Capacidade de Troca de Cations (T ou CTC)

Dá-se o nome de capacidade de troca de cations, CTC de um solo, de uma argila ou humus, à quantidade total de cations retidos na superfície desses materiais, em estado permuável.

Na avaliação de solos para a irrigação, os valores de CTC apresentam interesse dobrado; como medida do potencial de produtividade em termos da capacidade do solo reter e fornecer

nutrientes à planta e como indicio da natureza dos minerais presentes na argila.

Valores de CTC excedentes a 8 ou 10 meq/100 g de solo na camada superior de 20 cm, mostram-se normalmente capazes de produzir satisfatoriamente sob condições de irrigação, quando os demais fatores são favoráveis. Valores baixos de CTC, em solos muito intemperizados, poderá ser critério para classificação quanto a aptidão de irrigação. Em geral, valores de CTC inferiores a 4 meq/100 g solo, nos primeiros 30 cm de solo, refletem um grau de infertilidade, que os tornam inaptos para desenvolvimento da irrigação.

Os diversos tipos de minerais de argila, diferenciam-se em grande parte pela sua capacidade e magnitude de troca de cations. As argilas minerais do tipo 1:1 apresentam uma menor capacidade de troca de cations do que argilas do tipo 2:1 e humus.

Na tabela abaixo são apresentados valores médios da CTC de vários tipos de minerais de argila.

Tabela 2 - Capacidade de troca de cations de diferentes tipos de argila.

Material	C.T.C emg/100g (valores médios)
Óxido hidratado	5
Caulinita	10
Ilita	25
Montmorilonita	115
Humus	275

b₂) Porcentagem de Saturação de Bases

Denomina-se porcentagem de saturação de bases (i ou V) a soma das bases trocáveis (S) Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^{2+} etc. expressa em porcentagem da capacidade de troca de cations (T) (equação 2)

$$i \text{ ou } V = \frac{100S}{T} \quad (2)$$

sendo

$S = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ + \text{NH}_4^+$ (soma de bases trocáveis, expressa em emg/100g de solo).

Os solos em geral apresentam um complexo de troca dominado por cálcio, magnésio e contém um menor conteúdo de potássio e sódio. Nos solos muito ácidos (pH menor que 5,0), uma grande porção de posições do complexo de troca é ocupada por íons de hidrogênio e alumínio. Tais solos tendem a ser improdutivos. Se o complexo de troca não apresentam íons de hidrogênio e alumínio, diz-se que o solo está saturado de bases. Solos muito produtivos apresentam uma saturação de bases maior que 50% com predominância de cálcio.

O complexo de troca em equilíbrio com a solução do solo, é geralmente considerado como principal fonte de nutrientes para o crescimento das plantas e desenvolvimento microbiológico do solo. Um equilíbrio entre os diferentes cations no complexo de troca é tão importante quanto o nível individual de nutrientes, sendo que o conhecimento atual permite que poucas generalizações possam ser feitas considerando níveis desejados ou quantidades de nutrientes no complexo de troca para as cultu

ras. Como na maioria dos levantamentos de solo para a aptidão de irrigação prevêem a adição regular de fertilizantes e corretivos minerais, somente em casos extremos de desequilíbrio de nutrientes, pode ser importante critério na classificação de solos. Em solos muito ácidos, por exemplo, os níveis de trocas de cálcio e alumínio podem ser significativos. Quase todas as plantas necessitam um nível mínimo de cálcio trocável no solo e são prejudicadas pelo excesso de alumínio trocável. Se outros fatores são favoráveis, um nível de 6 meq/100g de solo de cálcio trocável é normalmente suficiente para assegurar uma boa produção. Por outro lado solos com mais de 2,0 meq/100g de solo de Al^{3+} trocável são geralmente tóxicos. A adição de calcário para corrigir a deficiência de cálcio ou a toxidez de alumínio deve ser recomendada em solos muito lixiviados. Seu custo é um fator para avaliação da aptidão quanto a irrigação.

Cuidados também devem ser tomados no desequilíbrio de certos cations que podem afetar a estrutura do solo e dessa forma diminuir a capacidade de infiltração, permeabilidade e resistência a erosão. Quantias altas de sódio trocável ou de sódio mais magnésio, são tão importantes na avaliação da aptidão para irrigação que a "porcentagem de troca de sódio" será discutida separadamente a seguir.

b₃) Porcentagem de Sódio Trocável (PST)

A porcentagem de sódio trocável (PST) é o grau de saturação do complexo de troca do solo com sódio, expressa pela equação 3.

$$PST = \frac{\text{Sódio trocável} \times 100 \text{ (meq/100g de solo)}}{\text{Capacidade de troca de cátions (meq/100g de solo)}}$$

(3)

A PST ou meq de sódio trocável, é normalmente bom indicador da estabilidade estrutural do solo, podendo-se prever uma resposta física do solo à aplicação da água. A maioria dos solos que contêm argilas expansivas (tipo 2:1) apresentam propriedades físicas desfavoráveis quando a PST é maior que 15% ou ziver o sódio trocável em concentrações maiores que 3 meq/100g de solo. Em geral, as propriedades físicas do solo tornam-se gradativamente desfavoráveis com um aumento do sódio trocável, mas em um dado nível de PST, essas propriedades são comumente de pior qualidade em solos com argilas expansivas (2:1) que em solos com argilas não expansivas (tipo 1:1).

Estudos de laboratórios podem ser usados para determinar os limites críticos de influência do sódio trocável sobre as características físicas do solo.

Na interpretação dos dados quanto a aptidão de irrigação, é importante ter em mente, que valores de PST que se desenvolverá no solo em equilíbrio com água de irrigação, tem maior significado que o PST do solo antes da irrigação.

Se a drenagem do solo é boa e a razão de adsorção de sódio (RAS) da água de irrigação é conhecida, o nível de equilíbrio do PST pode ser previsto.

c) Salinidade

A salinidade é provavelmente o fator mais adverso sobre a qualidade do solo, para o crescimento das cul-

turas em regiões áridas irrigadas. Devido a sua solubilidade, felizmente tais sais são móveis e podem ser removidos pela lixiviação onde as condições de drenagem são satisfatórias, consequentemente, sua presença no período de levantamento do solo pode não ser significativa para o desenvolvimento da irrigação se as condições de lixiviação são favoráveis.

Dentro as diversas classificações do solo quanto a salinidade, utiliza-se muito, a proposta pelo U.S. Salinity Laboratory. Essa classificação utiliza fundamentalmente dois parâmetros para caracterizar os solos: condutividade elétrica do extrato (CEe) e a porcentagem de sódio trocável (PST). A condutividade elétrica avalia o solo quanto a salinidade sobre as plantas e a PST indica os efeitos do sódio sobre as propriedades físicas do solo.

Os solos classificam-se em três categorias:

- 1- Solos salinos
- 2- Solos sódicos
- 3- Solos salinos sódicos

- 1- Solos salinos

São aqueles que contêm na zona do sistema radicular uma quantidade de sais dissolvidos na solução do solo (elevada CEe) suficientemente alta para restringir o desenvolvimento das culturas. A reação destes solos vai de neutra a ligeiramente alcalina. O pH pode variar entre 7 a menos que 8,5. O PST se mantém abaixo de 7 e a estrutura do solo não é afetada.

Durante muito tempo se aceitou como limite da

CEe para definir se um solo era salino ou não, o valor $CEe \leq 4$ mnhos/cm. De acordo com essa interpretação considerava-se não salino todo solo com $CEe > 4$ mnhos/cm. Hoje sabe-se que muitas culturas tem sua produção decrescida com valores do $CEe = 4$ mnhos/cm. Sabe-se que a cana-de-açúcar, por exemplo, tem sua produção decrescida com a $CEe = 1,7$ mnhos/cm, e que cada unidade de acréscimo acarreta 5,9% de decréscimo de produção.

Dessa forma, formulou-se uma nova classificação como mostra a tabela 3.

Tabela 3 - Classificação de solo quanto a salinidade segundo a CEe.

Classe de Salinidade	CEe mnhos/cm	Descrição
Ligeiramente salinos	2 - 4	Rendimento-restringido em culturas sensíveis
Mediamente salinos	4 - 8	Rendimento restringido na maior parte das culturas
Fortemente salinos	8 - 16	Rendimento satisfatórios somente em culturas tolerantes
Extremamente salinos	16	Muito poucas culturas dão rendimentos satisfatórios

A seguir é apresentada uma tabela de tolerância de algumas culturas quanto a salinidade do solo. Essa tabela apresenta índices que quando aplicados na equação 4, desenvolvida pelo USSL, determina-se a porcentagem de redução de produção.

Tabela 4- Salinidade do solo e tolerância de algumas culturas segundo E.V.Maas e G.J. Hoffman, 1977 U.S. Salinity Laboratori.

Cultura	Limite de Salinidade	Decrêscimo % da	Grau de
	ao iniciar o decrêscimo da produção	produção por unidade de salinidade que excede o limite	
	A	E	C
Alfafa	2,0	7,3	MS
Cevada	8,0	5,0	T
Feijão	1,0	19,0	S
Gramma	6,9	6,4	T
Amora	1,5	22,0	S
Couve, repolho	1,8	9,7	MS
Cenora	1,0	14,0	S
Milho (grãos)	1,7	12,0	MS
Algoôão	7,7	5,2	T
Melancia	2,5	13,0	MS
Uva	1,5	9,6	MS
Alface	1,3	13,0	MS
Cebola	1,2	16,0	S
Laranja	1,7	16,0	S
Pimentão	1,5	14,0	MS
Batata	1,7	12,0	MS
Arroz	3,0	12,0	MS
Soja	5,0	20,0	MT
Cana-de-açúcar	1,7	5,9	MS
Tomate	2,5	9,9	MS

sendo:

A - CEe = condutividade elétrica do extrato do solo saturado em mmhos/cm a 25°C.

B = Decrêscimo de produção % por unidade da CE em mmhos.

C = Grau de tolerância - MS - Moderadamente sensível

T = Tolerante

S = Sensível

MT = Moderadamente tolerante

Calcula-se o decréscimo % de produção segundo a seguinte expressão:

$$Y = 100 - B (CEe - A) \quad (4)$$

onde

y = Porcentagem de decréscimo de produção segundo a salinidade do solo.

2- Solos Sódicos

São aqueles que contêm em sua zona radicular sódio adsorvido no complexo de troca suficiente para desenvolver propriedades físicas e químicas desfavoráveis, restringindo o crescimento normal das plantas. A reação destes solos varia segundo o PST e a presença ou ausência de CO_3^- ou CO_3H . O pH vai desde 8 até mais de 9,5. Nestes solos o conteúdo de sais é baixo ($CEe < 2$ mhos/cm)

Segundo o PST, os solos podem classificar-se como na tabela 5.

Nestes solos as argilas se dispersam e são arrastadas, pela água, podendo acumular-se a poucos centímetros de profundidade, formando uma camada adensada, de estrutura prismática ou colunar pouco permeável e de baixa aeração. A camada superior apresenta textura grossa e quebradiça.

Um elevado PST afeta as propriedades do solo e não diretamente as culturas, onde indiretamente são prejudica-

Tabela 5 - Classificação do solo quanto ao PST

Classe	PST	Produção de culturas
Ligeiramente sódicos	7 - 15	80 - 60 -
Mediamente sódicos	15 - 20	60 - 40 -
Fortemente sódicos	20 - 30	40 - 20 -
Extremamente sódicos	30	20

das pela deterioração de certas propriedades como estrutura , permeabilidade, etc.

3- Solos salinos-sódicos

São aqueles que na zona do sistema radicular contêm uma quantidade de sais solúveis (medida pela CEE), e um PST suficientemente grande para restringir o crescimento das plantas. Como limite se adota: $CEE > 2$ mhos/cm e $PST > 7$. A reação destes solos varia segundo o grau de salinidade, e com a presença de $CO_3^{=}$ ou CO_3H^- .

Sempre que contenham um excesso de sais (alta CEE), sua aparência e propriedades são similares às dos solos salinos. Nesse caso o pH raramente é maior que 8,5 e as partículas permanecem floculadas. Se o excesso de sais solúveis é lavado, as propriedades destes solos podem ser muito mudadas, chegando a ser idênticas às dos solos sódicos. A lavagem de um solo salino-sódico pode torná-lo muito mais alcalino (pH maior que 8,5); as partículas coloidais se dispersam da mesma maneira que nos solos sódicos.

Uma drenagem inadequada e elevado lençol freático podem, após alguns anos de irrigação, levar a água salina a penetrar na zona radicular. O nível de salinidade e sodicidade no período do levantamento podem não ser características estáveis do solo e ambas podem ser mudadas com a irrigação. As considerações mais importantes na avaliação de solos salinos ou sódicos incluem: qualidade da água a ser usada na irrigação ; taxa de infiltração e permeabilidade do solo; necessidade de sistematização para proporcionar uma superfície ajustada para

se fazer lixiviação; boa permeabilidade do subsolo para se processar a lixiviação dos sais; nível de salinidade ou sodicidade do solo; disponibilidade ou ausência de gesso para troca de sódio.

O melhoramento na drenagem é provavelmente necessário para solos com problemas de salinidade e pode ser também para solos com alto conteúdo de sódio. Os custos de recuperação dos solos associados com o aperfeiçoamento da drenagem, sistematização e correção química, devem ser estimados quando se estiver classificando o solo quanto a aptidão para irrigação. Tais solos não devem ser eliminados se não for necessário trabalhos de drenagem. Por isso, solos salinos que podem ser lixiviados em curto período de tempo pela aplicação de irrigação pode ser classificados como Classe 1, se todos os outros fatores forem favoráveis. A maioria dos solos sódicos não devem ser qualificados como Classe 1 devido aos custos de melhoramento do solo.

1.2.3. Características Mineralógicas

a) Mineralogia da fração areia e silte

Os minerais presentes nas frações silte e areia do solo são primariamente indicativos do material de origem e do grau de meteorização do mesmo. O quartzo é frequentemente o mineral dominante. A presença de feldspatos, micas ou outros minerais ferromagnesianos, todos relativamente fáceis de serem intemperizados, podem indicar um solo ou camada ainda jovem. Alternativamente, isto pode ser reflexo de uma falta

de atividade no processo de formação do solo devido, talvez, à falta de umidade.

À presença de minerais facilmente intemperizáveis é indicativo de uma reserva de fertilidade. Entretanto, a mineralogia da areia e do silte não é normalmente um importante critério no julgamento da irrigabilidade dos solos. Estes podem ser de grande ajuda na classificação e mapeamento, especialmente em áreas de aluviais complexas, nas quais são frequentemente desenvolvidos projetos de irrigação.

b). Mineralogia da fração argila

As espécies de minerais da argila no solo determina muitas das suas características químicas e físicas e por isso exercem uma importante influência sobre sua aptidão a irrigação. A natureza da argila por si só, não é um critério conveniente de julgamento na aptidão do solo para irrigação. Isto é devido em parte, à fração de argila do solo ser composta por uma mistura de argilas minerais, não por um único tipo de mineral e também devido a influência do tipo de argila estar intimamente relacionada com outras características do solo. Estas considerações complicam muito uma avaliação precisa e uma interpretação da natureza das argilas, fazendo ser quase impossível o estabelecimento de uma classificação dos tipos de argila para as diferentes classes de aptidão de solos. Muitos dos fatores que estão relacionados de perto com o tipo de argila, tais como condutividade hidráulica, capacidade de troca de cations, coeficiente de contração do solo, podem ser medidas

independentemente e mais convenientemente. Ainda assim, o entendimento geral da natureza da argila é um fator importante para a classificação da aptidão para irrigação, fornecendo alguns dos mais importantes indícios de previsão do comportamento dos solos antes da introdução da irrigação. Por isso, o conhecimento das proporções exatas das argilas minerais presentes é menos importante que o entendimento da natureza geral da argila. Devem ser feitas observações suficientes para indicar se predominam minerais de argila de lâminas tipo 1:1 (Caolinita) ou lâminas 2:1 (montmorilonita, illita e vernicolita).

Em geral, solos com argilas minerais do tipo 1:1 associados com óxidos de ferro e alumínio apresentam excelentes relações solo-água, fácil arabilidade associado com seu alto grau de agregação e natureza não expansiva. Pesquisadores tem demonstrado que tais solos são comumente mais permeáveis com níveis mais altos de sódio trocável que solos dominados por argilas do tipo 2:1 e assim podem ser seguramente irrigadas usando água com mais alta razão de adsorção de sódio (RAS). Por outro lado, as argilas tipo 1:1 tem baixa capacidade de troca de cations e baixa capacidade de retenção de água. As necessidades de água e nutrientes das plantas destes solos podem ser fornecidas sob moderna agricultura irrigada, mas não sem um custo adicional. Dificuldades no preparo da terra e drenagem são os principais problemas associados com argilas de lâminas tipo 2:1, devido sua natureza expansiva e pegajosidade quando o solo está úmido.

0,02 mm. Em geral, se a textura das partículas do solo não carbonatado é grosseira, quase todo o carbonato pode assumir o tamanho de grãos de areia ou mais grosseiro. Em solos de textura fina, entretanto, boa parte do conteúdo de carbonato pode estar fracionado em silte e argila.

A presença de carbonatos reduz a capacidade dos solos calcários de reterem umidade, especialmente em altas tensões. A curva característica de umidade (conteúdo de umidade percentual plotada contra a tensão de umidade do solo) de solos altamente calcários, de uma textura qualquer, são similares à de textura grosseira de solos não calcários, a maior parte da água retida é perdida a baixas tensões. Cerca de 50% da água disponível será esgotada a tensões de 1 a 5 atm respectivamente, não importando a textura do solo. Estas características implicam na necessidade de irrigações mais frequentes em baixas tensões de umidade (menores que 1 atm) em solos altamente calcários.

d) Conteúdo de gesso

Solos contendo gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) são encontrados em regiões áridas e semi-áridas. Uma pequena quantidade de gesso é favorável para o crescimento das plantas, e serve como relativa fonte de cálcio para substituir o sódio trocável e por isso age como protetor da estrutura do solo, Solos sódicos que contêm gesso são relativamente fáceis e baratos para recuperação. Entretanto, altas porcentagens de gesso no solo, podem causar sérios problemas, especialmente na agricultura irrigada e, em algumas áreas, o conteúdo de gesso deve ser considerado como um

importante critério de julgamento quanto a aptidão para a irrigação.

Pesquisadores estudando as características e comportamento de solos que contêm gesso concluíram que para solos com 2% de gesso o crescimento das plantas era favorecido, que entre 2 e 25% tinha um efeito pequeno ou não adverso se na forma pulverizada, mas quantias maiores que 25% podem causar substancial redução na produção de plantas. Eles atribuem a essas reduções de produções em parte ao desequilíbrio da relação entre os íons com particular referência na relação K/Ca e Mg/Ca. Eles também notaram que o gesso é prontamente redistribuído no solo e frequentemente forma cimento e camadas endurecidas. Com a porcentagem de gesso entre 14 e 80% estas camadas formam impedimentos mecânicos ao crescimento da raiz e tem propriedades adversas de retenção e transmissão de água.

1.2.4. Relação Solo-água

a) Velocidade de infiltração

A velocidade de infiltração é uma característica do solo importante para seleção do método, como informação básica para auxiliar no projeto e manejo de irrigação. A velocidade inicial decresce rapidamente a medida que o solo vai umedecendo até que alcança o estado de equilíbrio após algumas horas de teste, na qual, é conhecida como velocidade de infiltração básica do solo. Solos com velocidade de infiltração básica alta não são recomendados para irrigação por inundação ou por sulcos, onde é preferível irrigar por gotejamento ou aspersão.

A velocidade máxima com que a água entra no solo ou capacidade de infiltração, é uma propriedade que varia com a estação e o manejo do solo. As principais fatores que afetam a taxa de infiltração são a permeabilidade do perfil, condições da superfície e conteúdo de umidade do solo.

A camada menos permeável mais próxima da superfície do solo é quem vai regular a permeabilidade vertical e assim a velocidade de infiltração. Estrutura, sodicidade e peso específico aparente influenciam a taxa de infiltração pela suas relações com o tamanho dos poros e divisões de planos. A velocidade de infiltração decresce com o alto peso específico aparente causado pela compactação das rodas de trator ou pelo trânsito de máquinas no campo. Em condições de solo seco a taxa de infiltração inicial é aumentada devido as rachaduras e pela alta tensão de água no solo. Em geral, o alto conteúdo de umidade diminui a velocidade de infiltração do solo.

A velocidade de infiltração, expressa em mm/h pode ser determinada em condições de campo, com o auxílio do infiltrômetro duplo. Consta de dois cilindros concêntricos de chapa de ferro, de 35 e 25 cm de diâmetro e 35 e 30 cm de altura, respectivamente. Estes cilindros são cravados no solo (sem alterar sua estrutura) e abastecido com água é mantida em um dado nível.

Sobre o cilindro interno, e com auxílio de uma régua ferfurada, vertemos uma garrafa (de volume conhecido), tendo-se o cuidado de fazer a ponta do gargalo da garrafa tocar a superfície livre da água. Em seguida, retiramos a rolha e marcamos o tempo num cronômetro. Teremos, então, o volume infiltrado e o tempo gasto.

Como termo médio, geralmente seguido na prática de irrigação por aspersão, tomando-se os seguintes dados de infiltração máxima em terrenos planos

Solos de textura pesada - 5 - 12 mm/hora

Solos de textura média - 12 - 20 mm/hora

Solos arenosos leves - 20 - 40 mm/hora

Esses dados são apenas para servir de referência sendo que o ideal é realizar o teste no campo de forma ter resultados mais confiáveis.

Abaixo são apresentados duas figuras 1 e 2 onde são mostrados as curvas de infiltração instantânea (mm/h) e acumulada de solo de textura arenosa e textura média respectivamente.

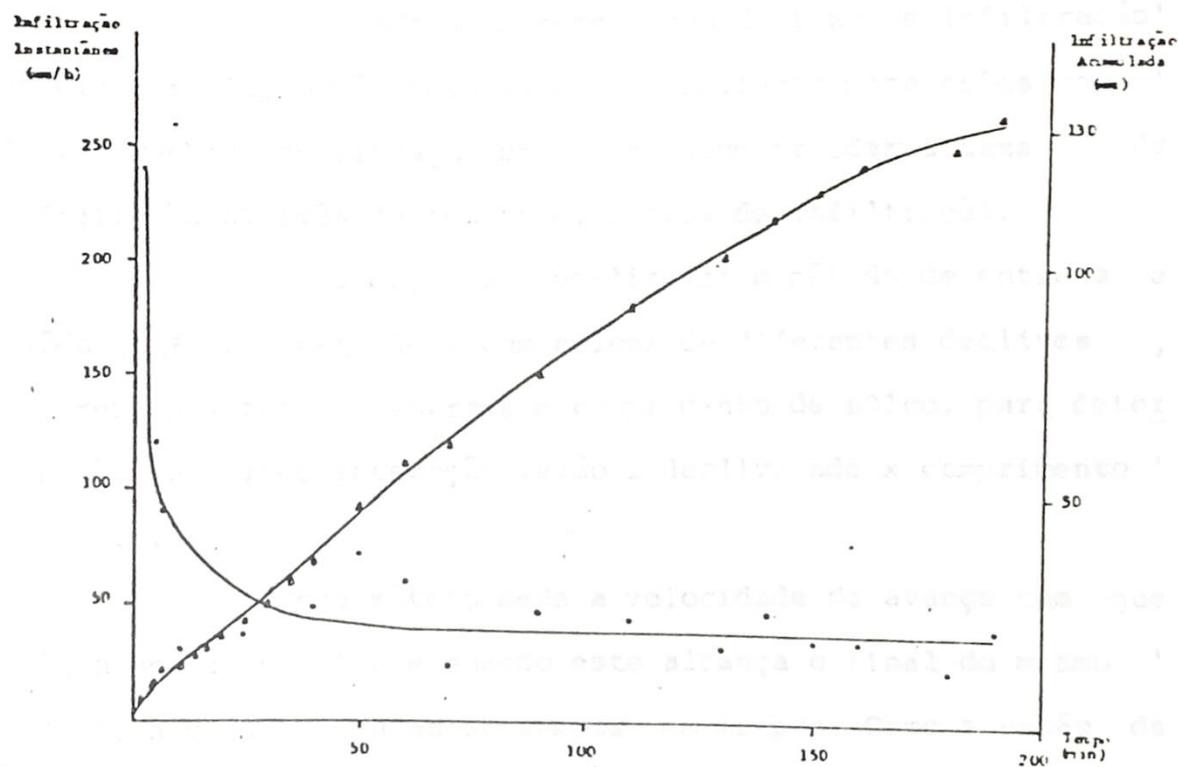


Fig. 1 - Curva de infiltração em solo de textura arenosa.

Destilaria Itauna S.A.-Conceição da Barra, E.S.

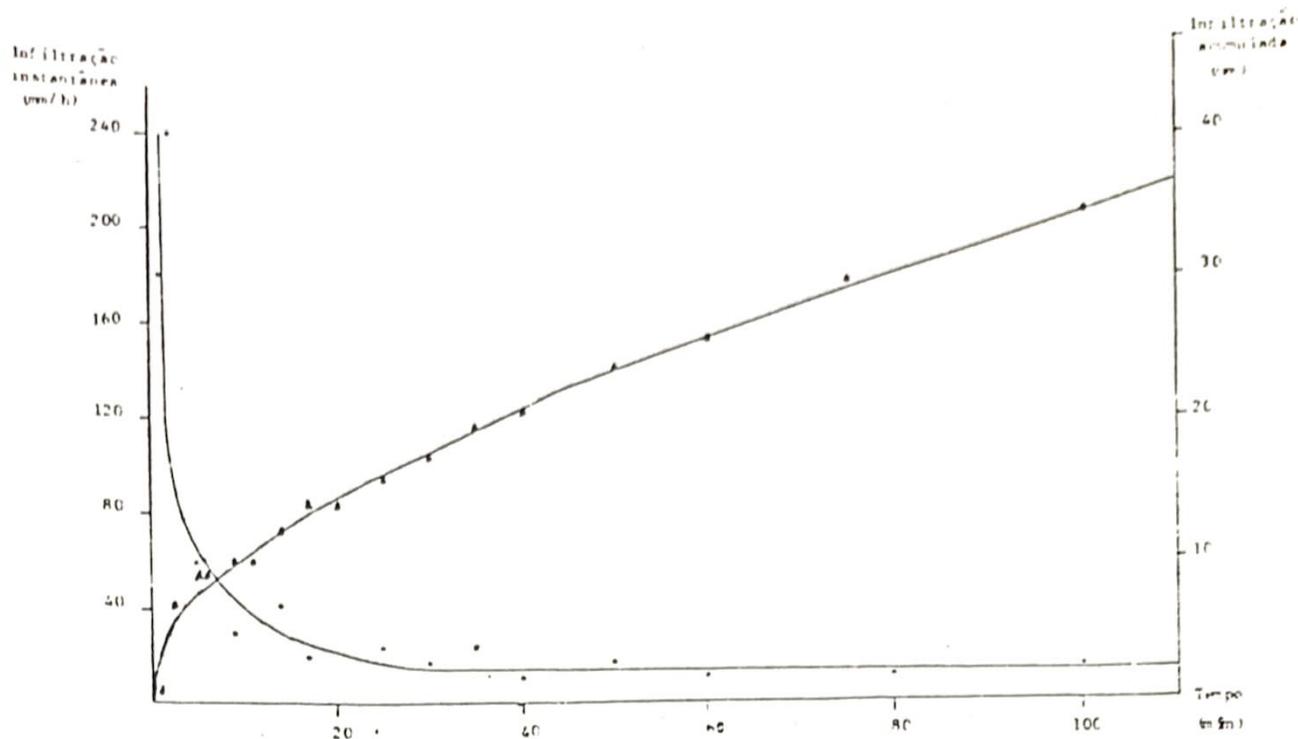


Fig. 2 - Curva de infiltração em solo de textura média.
Destilaria Itaúna S.A. Conceição da Barra, ES.

O método de determinação da taxa de infiltração do cilindro duplo não fornece bons resultados para solos com fortes rachaduras situação em que se deve estudar a taxa de infiltração através de testes em sulcos de infiltração.

Para esse caso utiliza-se o método de entrada e saída (inflow - out flow) com sulcos de diferentes declives, diferentes vazões de entrada e comprimento de sulco, para determinação da melhor interação vazão x declividade x comprimento de sulco.

Esse método mede a velocidade de avanço com que a água corre no sulco e quando este alcança o final do mesmo mede-se a vazão de saída de tempos em tempos. Como a vazão de entrada do sulco é constante a diferença do que entra menos o que sai é a infiltração.

A figura 3 e 4 mostram os dados de curvas de avanço de água e curvas de infiltração instantânea e acumulada de um teste em sulcos de infiltração.

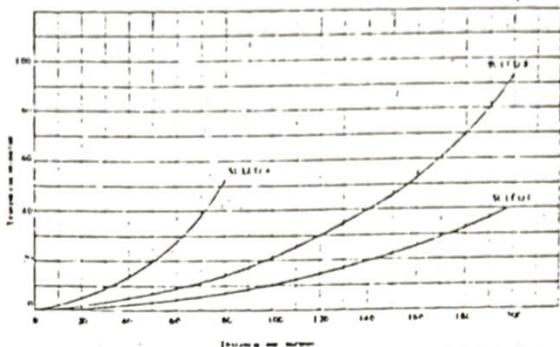


Fig. 3 - Curvas de avanço da água no sulco de infiltração

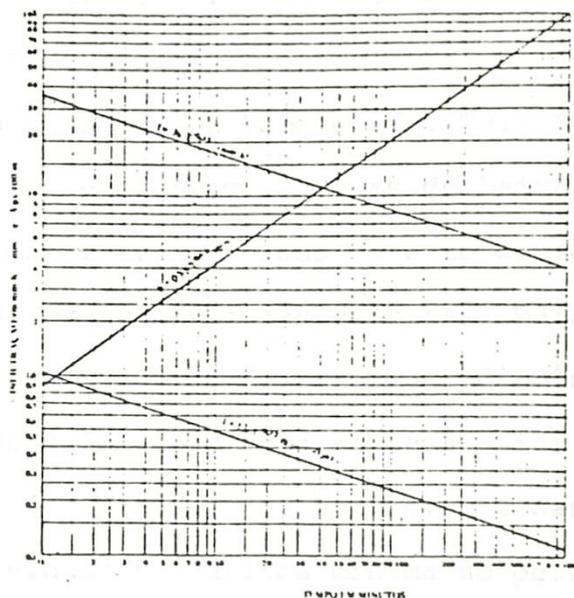


Fig. 4 - Curvas de infiltração instantânea e acumulada em sulco de infiltração

Os estudos de infiltração devem ser considerados como parte essencial das investigações para desenvolvimento da irrigação. Eles proporcionam informações que dão uma estima-

tiva da eficiência, frequência, perdas por percolação profunda e como guia prático da irrigação. Eles podem também ser usados como um suporte na classificação dos diferentes solos com aptidão de irrigação, embora frequentemente velocidades estão associados com propriedades indesejáveis que causam baixas produtividades ou necessidade de muito trabalho na operação de irrigação.

b) Permeabilidade (Condutividade Hidráulica)

A condutividade hidráulica (termo usado para expressar a permeabilidade do solo quantitativamente) do perfil do solo é usada para determinar a necessidade da drenagem subsuperficial, e para avaliar a possibilidade de desenvolvimento de um lençol freático estacionário que podem causar danos as raizes das plantas. Não é aceitável que valores mínimos de condutividade hidráulica possa ser estabelecido. Tais valores dependem da profundidade em que ocorrem as zonas de baixa permeabilidade, da frequência das chuvas pesadas durante o ciclo da cultura, e dos estágios de crescimento das culturas. Para se obter altas produções, a zona superior do sistema radicular não deve ficar saturada por mais de 48 horas durante a maior parte do período de crescimento das plantas (para a maioria das plantas). Por isso a condutividade hidráulica mínima do perfil do solo deve ser adequadamente assegurada para condições de saturação, quer proveniente de chuvas, irrigação ou ambas e que seja improvável a ocorrência de saturação de água por mais de 48 horas na zona superior do sistema radicular.

Existem muitos fatores que afetam a permeabilidade

de entre eles a temperatura, qualidade da água e outros fatores, tais como o manejo e o uso da terra que influenciam fortemente as características do solo. Alguns fatores, como a presença de rachaduras ou perfurações feitas por raiz, minhocas ou animais maiores podem ter uma influencia muito importante sobre a permeabilidade do solo. Conseqüentemente, não é sempre muito fácil a obtenção de valores verdadeiramente representativos da condutividade hidráulica que possam ser usados com confiança na avaliação dos solos para a irrigação. Em vista da natureza crítica desses valores, é especialmente desejável que a descrição dos solos tomem lugar especial, principalmente nos aspectos morfológicos que influenciam na permeabilidade do mesmo. Entre eles se incluem a textura, estrutura, estabilidade da estrutura, consistência, cor, presença ou ausência de carbonatos, poros visíveis e profundidade do estrato impermeável. Uma boa descrição do solo proporciona uma inspeção da medida atual da condutividade hidráulica como base para decidir se tais medições são ou não representativas. Na tabela 6 é apresentado a classificação de valores de condutividade hidráulica.

Tabela 6 - Classificação de valores de condutividade hidráulica.

Classe	Condutividade hidráulica	
	cm/h	m/dia
Muito lenta	0,1	0,03
Lenta	0,1-0,5	0,03-0,05
Moderadamente lenta	0,5-2,0	0,12-0,05
Moderada	2,0-6,0	0,05-1,50
Moderadamente rápida	6,0-12,0	1,50-3,00
Rápida	12,0-18,0	3,00-5,00
Muito rápida	18,0	5,00

c) Disponibilidade da água no solo

Entende-se por água disponível do solo a água retida entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente.

A capacidade do solo reter água para as plantas, reflete diretamente na lâmina d'água a ser aplicada e na frequência de irrigação e é importante na avaliação dos solos quanto a aptidão para irrigação.

Água prontamente disponível é a quantidade de água no solo que pode ser prontamente absorvida pelas raízes das plantas (cerca de 50-75% do total da água disponível).

A retenção da água é função direta da textura e estrutura do solo. Os solos arenosos apresentam uma umidade máxima baixa e a maior parte da água está retida a baixas tensões. A argila tem umidade máxima alta, mas a maior parte da água está retida a altas tensões. Dessa forma os solos ideais são aqueles que apresentam a textura franca, que liberam a água em tensões baixas, possuem boa capacidade de retenção, boa drenagem interna e arejamento suficiente para as raízes.

A figura 5 mostra duas curvas características de retenção de água no solo, sendo uma de solo franco-arenoso e outra de um solo argiloso. No primeiro caso, metade da água é retida a uma tensão abaixo de 2 bars. No solo argiloso, embora a quantidade total de água retida seja maior que no solo barro-arenoso, metade da água é retida acima de 4 bars (hachuriado - água retida a alta tensão; pontuado - água retida a baixa tensão)

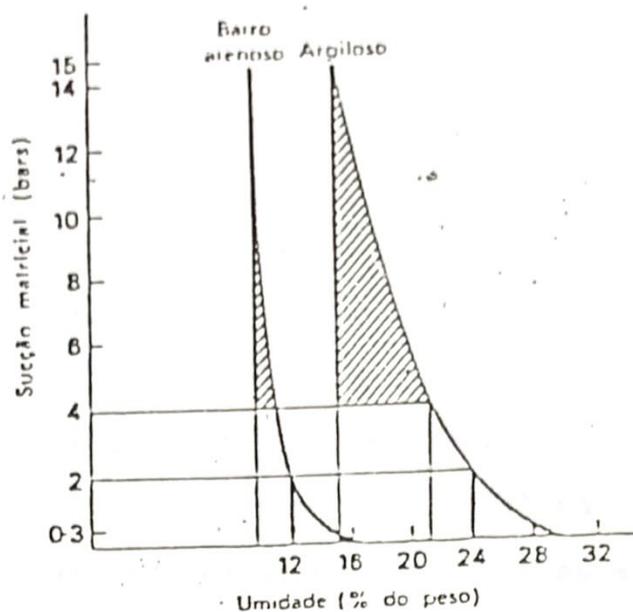


Fig. 5 - Curva característica de água disponível para um solo arenoso e argiloso.

Na tabela 7 é apresentado as características físicas de solo de várias classes texturais.

Tabela 7 - Características físicas de solos de diversas classes texturais

Classe Textura	Velocidade de Infiltração cm/h	Porosidade %	Peso específico aparente	Capacidade de campo %	Ponto de murcha Permanente	Água Disponível Total %		
						com base em peso	com base em volume	mm/m
Areia	5 (2,5 - 25,0)	38 (32 - 42)	1,65 (1,55 - 1,80)	9 (6 - 12)	4 (2 - 6)	5 (4 - 6)	8 (6 - 10)	80 (60-100)
Franco Arenoso	2,5 (1,3 - 7,6)	43 (40 - 47)	1,50 (1,40 - 1,60)	14 (10 - 18)	6 (4 - 8)	8 (6 - 10)	12 (9 - 15)	120 (90-150)
Franco	1,3 (0,8 - 2,0)	47 (43 - 49)	1,40 (1,35 - 1,50)	22 (18 - 26)	10 (8 - 12)	12 (10 - 14)	17 (14 - 20)	170 (140-200)
Franco Argiloso	0,8 (0,25 - 1,5)	49 (47 - 51)	1,35 (1,30 - 1,40)	27 (23 - 31)	13 (11 - 15)	14 (12 - 16)	19 (16 - 22)	190 (170-220)
Argila Siltosa	0,25 (0,03 - 0,5)	51 (49 - 53)	1,30 (1,30 - 1,40)	31 (27 - 35)	15 (13 - 17)	16 (14 - 18)	21 (18 - 23)	210 (180-230)
Argila	0,05 (0,01 - 1,0)	53 (51 - 55)	1,25 (1,20 - 1,30)	35 (31 - 39)	17 (15 - 19)	18 (16 - 20)	23 (20 - 25)	230 (200-250)

Dados das características de retenção de água do solo são interpretadas, em particular, para determinar lâmina d'água é a frequência de irrigação necessária. O nível de diminuição de umidade do solo adequado para uma cultura planejada devem ser levados em consideração, juntamente com outras características de umidade do solo tais como taxa de infiltração, condutividade hidráulica e nível do lençol freático. Nos casos de solos salinos, ajustes necessários devem ser feitos considerando a pressão osmótica da solução salina do solo. Considerações adicionais incluem as necessidades específicas de água no solo durante os diferentes estágios de crescimento das plantas e o nível mais alto de água do solo que deve ser mantido durante os períodos quentes e secos.

A profundidade do solo deve ser examinada para determinar a água disponível do solo depende da natureza de crescimento das plantas mas como uma regra geral é desejável que os dados coletados em todos os horizontes até a profundidade de 120 cm (profundidades maiores somente se culturas arbóreas forem consideradas). O total de água disponível do perfil do solo é determinado pela soma das contribuições dos horizontes separados dentro da profundidade total considerada.

A seguir é apresentado um exemplo, onde é ilustrado a maneira na qual os dados de água disponível podem ser desenvolvidos.

1 - Para apenas um horizonte

Textura :

Fraco arenoso

Profundidade do horizonte (0 - 30 cm):

30 cm

Capacidade de campo	8,8% em peso
Umidade no ponto de murcha permanente	3,2% em peso
Peso específico aparente	1,55 g/cm ³
Água disponível :	$\frac{(8,8 - 3,2) \times 30 \times 1,55}{100} = 2,6 \text{ cm}$

2 - Para quatro horizontes de solo

Profundidade	Textura	Água disponível (cm)
0 - 30	Franco arenoso	2,6
30 - 55	Franco arenoso	2,2
55 - 90	Franco arenoso	3,1
90 - 120	Areia média	1,1
Total de água disponível		9,0

O cálculo da frequência de irrigação pode ser calculada dividindo-se a água prontamente disponível pela evapotranspiração diária da cultura. Então, se por exemplo, uma cultura tem seu sistema radicular efetivo nos primeiros 55 cm de solo e tem necessidade de irrigação toda vez que o solo alcançar a 2,0 atm, tendo uma evapotranspiração diária de 6 mm/dia procede-se da seguinte maneira:

Horizonte	a Profundidade do Horizonte (cm)	b Capacidade de campo	c 2,0 bar	d Peso específico aparente g/cm ³	Profundidade de água p/ aplicar $\frac{(b-c) \times d \times a}{10}$
1	30	8,8	4,5	1,55	20,0
2	25	8,5	4,4	1,50	15,4

Lâmina d'água a ser aplicada 35,4 mm

$$\text{Frequência de irrigação} = \frac{35,4 \text{ mm}}{6} = 5,9 \approx 6 \text{ dias.}$$

2. CONSIDERAÇÕES SOBRE TOPOGRAFIA E DESENVOLVIMENTO DA TERRA

2.1. Introdução

Esta parte do estudo diz respeito principalmente a inclinação, formato e cobertura da superfície do solo e suas relações com o custo e praticabilidade do desenvolvimento da irrigação.

A topografia é extremamente importante na agricultura irrigada pela sua influência na escolha do método de irrigação, drenagem, erosão, variação de culturas possíveis, custos de desenvolvimento e formato do campo.

2.2. Declividade

O grau aceitável de inclinação depende de fatores tais como: método de irrigação planejado, intensidade da chuva, risco de erosão e das culturas a serem implantadas.

Experiências da U.S. Bureau of Reclamation mostram que irrigação por gravidade raramente se adaptam em inclinações que excedem 17%. Irrigação por aspersão em terras aráveis é aceitável no oeste dos U.S.A sobre inclinações que não excedem 20%, mas plantas arbóreas são comumente cultivadas em terrenos de declividade de 35% e ocasionalmente 45%. Em qualquer outra parte, essas declividades devem ser evitadas para escapar dos efeitos erosivos produzidos por pesadas chuvas de curta duração, reduzindo assim a tolerância para 8 ou até 2% ou cultivando-se plantas resistentes a erosão como por exemplo a grama.

2.3. Microrelevo

O termo microrelevo se aplica a ondulações de menor superfície e irregularidade da superfície, com diferenças na altura entre a crista e a depressão de 4 a 5 cm em áreas de depressões pouco profundas e planas ou 4 - 5 m em áreas arenosas arrastadas pelo vento.

Uma estimativa das necessidades de sistematização de terras, será necessária para avaliação das terras que se adaptam a irrigação. Na maioria das vezes os métodos de irrigação por gravidade e subsuperficial são os indicados e por aspersão são poucas vezes. A movimentação de terra necessária e os custos totais do desenvolvimento da terra justificada para cada classe de terra, é baseada em análises econômicas mediante atribuições de valores de produção esperados com a introdução da irrigação. Um guia grosseiro é aquele que os custos da terra mais os custos da implantação da irrigação não devem exceder o custo total da terra desenvolvida e irrigada.

O desenvolvimento mais comum é a sistematização da terra. Ela é frequentemente expressa em termos de corte e aterro, assumindo que a metade da área é cortada e metade é aterrada. O volume total da terra assim movimentada não é o único determinante dos custos. Outros fatores são incluídos com profundidade do corte, distância da terra, condições do solo, precisão desejada no final da sistematização e equipamento disponível. A tabela 8 mostra valores estudados de corte e aterro na sistematização.

Tabela 8 - Estimativa de corte e aterro na movimentação de terra da sistematização.

Tipo de Sistematização	Leve	Médio	Pesado
Média de corte e aterro (cm)	7,5	15	30
Movimentação de terra (m ³ /ha)	375	750	1500

A qualidade do subsolo deve ser sempre avaliada pelo observador do solo, desde que ele aconselhavelmente possa limitar a quantidade de sistematização ou aumentar grandemente o custo e se esse é possível conservar ou reespalhar a camada de solo superficial após a sistematização. Embora a maioria dos subsolos são improdutivos quando expostos na superfície eles recuperam gradualmente a fertilidade com a adição de fertilizantes e matéria orgânica. Em compensação, areias grosseiras, cascalhos ou camadas ricas em calcário ou gesso ou alumínio trocável jamais respondem a irrigação depois de severos cortes.

Onde a sistematização para irrigação por gravidade pode ameaçar permanentemente a produtividade em solos rasos, a irrigação por aspersão pode ser considerada. Alternativamente pode se contornar o problema com a adoção de sulcos de pequeno comprimento.

2.4. Macrorelevos e tamanho do campo

Em contraste com a correção de deficiências em terras de topografia plana, a declividade uniforme é uma deficiência não corrigível da topografia complexa onde a troca de declividade é frequentemente em gradiente e direção. A topogra-

fia mais complexa é menos desejável para a irrigação por gravidade. Irrigação por aspersão é melhor ajustada para este tipo de terreno, mas sofre um alto custo de operação, pela necessidade de manutenção e reposição anual de peças.

Para máxima produção com a necessidade de um mínimo de trabalho, os campos irrigados devem ser grandes com sulcos longos e retos. Quando a topografia ou trabalho do homem limita o desenvolvimento de campos grandes, planos e retangulares a terra é menos adaptável a irrigação. Desvantagens associadas aos campos pequenos são: campos de forma irregular, grandes quantias de terra ocupadas por diques, drenos abertos e transito difícil para a maquinaria, possibilita uma redução da área ocupada por culturas economicamente rentáveis e aumenta os custos de todas operações incluindo a irrigação.

O tamanho e o formato de campo são necessário no critério considerado na avaliação da terra para irrigação por gravidade. A irrigação por aspersão é menos exigentes nesses aspectos, porém geralmente são necessários grande campos para melhor eficiência e economicidade do equipamento.

A tabela 9 mostra uma avaliação do tamanho dos campos irrigados.

Tabela 9 - Apresenta uma avaliação do tamanho dos campos irrigados

	Muito Favorável	Favorável	Moderadamente Favorável	Desfavorável
Tamanho de campo mínimo (ha)	8	3,6	2	1
Comprimento de sulco mínimo (m)	390	120	100	50
Dimensão (m)	390 x 200	120 x 300	100 x 200	50 x 200

2.5. Cobertura da terra

Nas propriedades rurais muitas vezes apresentam a sua superfície com cobertura vegetal e/ou pedras e rochas espalhados pelo campo. A remoção dessas coberturas devem entrar na avaliação da terra.

Assim o custo de remoção da cobertura vegetal vai depender do tipo e tamanho da espécie vegetal assim como dos equipamentos disponíveis na área envolvida.

Da mesma forma a remoção de pedras e rochas vai depender da quantidade e do tamanho das mesmas, assim como do equipamento disponível para sua remoção.

Assim o custo da remoção desse material deve ser levado em consideração na avaliação da terra quanto aptidão para irrigação.

2.6. Outros desenvolvimentos na terra

Devem ser citados pela sua importância outros investimentos que se faz na terra, a fim de propiciar melhores condições ou proteger as culturas tais como modificações de perfil através de subsolagens, proteção contra enchentes com diques, dispositivos de controle de erosão e necessidades de sistema de drenagem artificiais.

3. DRENAGEM E RECUPERAÇÃO DO SOLO

3.1. Introdução

O controle do lençol freático deve ser economicamente possível para se obter êxito na agricultura irrigada.

Aqui serão resumidamente descritos os critérios usados para avaliar a qualidade da drenagem do solo, manutenção, melhoramento e planejamento de um sistema.

Os sintomas da elevação do lençol freático e salinização do solo pode não tornar-se visível por muitos anos. É essencial começar a reconhecer da necessidade dos trabalhos de drenagem em quase todos os projetos de irrigação e comumente de alguma drenagem subsuperficial.

O técnico que fará a observação do solo deverá assumir a responsabilidade inicial pela avaliação preliminar da drenabilidade do solo, relatando flutuações do lençol freático observável, áreas com textura marcadamente diferentes, estrutura, peso específico aparente, salinidade etc, para discussão com o engenheiro de drenagem. O pedólogo trabalhará também com agrônomos e economistas quando decidirem-se a qual combinação de culturas e práticas de irrigação se ajustarão as condições de drenagem internas do solo. A importância da drenagem superficial e subsuperficial é tal que o pedólogo deve entender claramente os princípios básicos e procedimentos usados na estimativa da drenagem.

A compreensão dos efeitos da drenagem, podem proporcionar indícios da provável magnitude da elevação do lençol freático que podem ser resultados da irrigação.

- Flutuação do nível do lençol freático devido a chuva
- Observação de elevações da superfície da terra, pensando num possível sistema de saída para drenagem
- A distância da saída natural de drenagem

- A profundidade de algum obstáculo a drenagem'
- Taxa de infiltração
- Dados de bombeamento do lençol freático
- Fatores relativos ao planejamento do projeto'

irrigação incluindo eficiência de irrigação, uma prevista perda de água no sistema de distribuição de água por canais laterais, uso consumptivo planejado para o sistema de culturas, e finalmente mas não menos importante, a previsão do nível de manejo de irrigação.

O nível máximo que se deve permitir que o lençol freático suba durante a estação de irrigação é um importante fator na estimativa de custo no desenvolvimento de um sistema de drenagem subsuperficial. A profundidade permissível depende de fatores tais como: características de condutividade capilar do solo; condições de evaporação que prevalecem; profundidade necessária para o sistema radicular para obtenção de produtividade ótima; aeração do solo; intensidade, quantia, e frequência da chuva; qualidade da água de irrigação; qualidade da água do lençol freático; tolerância da cultura ao lençol freático; tolerância da cultura a salinidade; capacidade do sistema de drenagem' proporcionar um desejável ambiente para a raiz.

3.2. Estudos de drenagem

3.2.1. Limite da profundidade do lençol freático

Embora possa ser desejável manter o lençol freático a profundidades abaixo de 300 cm, considerações práticas de custos devem ser feitas para este fim não realístico. De qualquer forma, exceto e muito poucas circunstância, o lençol freático

tico para a maioria das culturas devem ser mantidas abaixo da superfície a 90 - 120 cm após 24 horas. A decisão de controlar o lençol freático profundo, que tem uma importante relação sobre os custos de drenagem, devem ser decidido por uma equipe de técnicos tais como pesquisadores de solo, engenheiros de drenagem, economistas e agrônomos.

3.2.2. Investigações básicas para drenagem.

Nos estudos e levantamentos com a finalidade de irrigação torna-se muito importante o estudo da drenagem. Investigações básicas então deverão ser realizadas tais como: estudos topográficos, estudos de solos, levantamento do uso atual da terra, estudos de salinidade, freatimetria, piesometria, estudos hidrológicos e climáticos, coeficientes de drenagem e seleção de culturas. Desses estudos aborda-se-á resumidamente apenas os mais ligados a relação água-solo.

O levantamento do solo é uma informação importante para o estudo da drenagem. A descrição detalhada de um perfil de solo tal como a estrutura, textura, camadas de impedimento ou de baixa permeabilidade podem alertar quanto o problemas de drenagem. A observação do lençol freático próximo da superfície onde horizontes com cor mosqueada, evidencia a altura de flutuação do lençol.

A descrição dos perfis geológicos complementam os dados necessários para o conhecimento dos problemas de um estudo de drenagem. Eles são necessários para determinação da profundidade da camada de impedimento, da espessura dos estratos e da camada transmisora de água, permitindo ainda a observação da

no solo encanizados com tubo, abaixo da profundidade mínima esperada do lençol freático.

O número da disposição desses poços de observação dependem do tamanho da área e da profundidade de estudo desejado. Entretanto, se possível, esses poços devem ser dispostos em um eixo de coordenadas para facilitar a confecção dos mapas do lençol freático que são traçados através dos resultados dos mesmos.

No estudo de piesometria a finalidade é a de medir cargas hidráulicas que possam a vir ocorrer em aquíferos confinados.

Nos estudos de solo, o levantamento das propriedades físicas tem fundamental importância para a drenagem. Entre as características físicas mais importantes estão a condutividade hidráulica (K) do solo saturado e a porosidade drenagem (α).

A condutividade hidráulica do solo é um dos parâmetros de grande importância para a pesquisa e projetos de drenagem, pois é através da condutividade que se determina o espaçamento de dreno.

Apesar de existirem métodos de laboratório e de campo para determinação da condutividade hidráulica, os métodos de campo são os mais recomendáveis por utilizarem uma amostra de solo maior e ser mais representativa.

Dos métodos de campo, o mais usado é o "auger hole" ou método do poço. Esse método consiste em abrir um orifício no solo com um trado agrológico ultrapassando a profundidade do lençol freático. Quando o equilíbrio da água do lençol

freático é atingido, extrai-se uma parte da mesma e cronometra-se o tempo de recuperação. A medida de recuperação do nível da água, ou seja quando 25% da água extraída tenha voltado a fluir para o poço.

A porosidade drenável (α) ou efetiva do solo é o volume do solo no qual ocorrerá a drenagem do ponto de saturação à capacidade máxima de retenção da água do solo em questão

$$\alpha = e_s - e_{cc} = \left(1 - \frac{\delta_a}{\delta_r} \right) e_{cc} \quad (6)$$

onde

α = porosidade drenável

e_s = umidade de saturação do solo

e_{cc} = umidade da capacidade de campo

δ_a = peso específico aparente

δ_r = peso específico real

Os estudos hidrológicos são também bastante importantes para a elaboração de projetos de drenagem. É necessário fazer estudos de intensidade e de ocorrência de chuvas de forma que se saiba a probabilidade e o período de retorno que uma chuva de determinada intensidade ocorrerá. Esses estudos são necessários para que o projeto a ser elaborado tenha capacidade de suportar uma chuva de intensidade tal que tenha um período de retorno T de 5 a 10 anos e duração de 1 a 2 dias (SCS - USA).

Outro parâmetro importante a ser determinado é o coeficiente de drenagem que expressa a taxa de remoção do excesso de água, que deverá ocorrer num determinado tempo. Esse

coeficiente é variável dependendo do tipo de cultura, sua sensibilidade ao excesso de água, propriedades físicas do solo, da precipitação ou fonte de recarga do lençol. Esse coeficiente é expresso usualmente em mm/dia.

A vazão de drenagem pode ser expressa por

$$Q = q \cdot a$$

onde

Q = vazão do dreno

q = coeficiente de drenagem

a = área

As recomendações dadas pelo SCS - USDA são as de basear-se numa chuva cujo período de retorno seja de 5 a 10 anos e uma duração de 1 a 2 dias. Dessa forma o ΔH será

$$\Delta H = \frac{V}{A\alpha} = \frac{P}{\alpha} \quad (8)$$

onde

P = precipitação

α = porosidade drenável

Sendo o coeficiente de drenagem estimado pela equação 9

$$q = \frac{\Delta H \cdot \alpha}{t} \quad (9)$$

onde

ΔH = variação do lençol freático

α = porosidade drenável

t = tempo em dias

4. QUALIDADE DA ÁGUA

4.1. Introdução

A qualidade da água dos mananciais disponíveis pode ter um efeito significativo nas características do solo e na determinação da aptidão das terras quanto a irrigação. Solos excelentes podem ser inúteis, se por exemplo a água de irrigação causar uma rápida salinização no mesmo.

Embora assumam-se que a boa qualidade da água é necessária para o sucesso de projetos de irrigação, exemplos têm sido citados onde a água de irrigação de qualidade ruim tem sido usada com muito sucesso por vários anos. Por isso o sucesso na utilização de alguma água de irrigação por longos períodos depende de um número de fatores que devem ser considerados incluindo a qualidade da água.

4.2. Avaliação da água de irrigação

Quando se estuda a qualidade da água de irrigação não basta conhecer apenas o seu conteúdo de sais. É necessária analisar a natureza dos mesmos, já que nem todas as soluções salinas produzem os mesmos efeitos e dependem de sua proporção de sódio e solubilidade dos sais etc.

Além disso, tem que se levar conta outros fatores, com a cultura que se vai irrigar, solo, clima, práticas de irrigação e drenagem.

Existem um grande número de índices para avaliação da água de irrigação. Destes índices, só será apresentado dois dos mais usados: a condutividade elétrica (CE) em micromhos/cm e a

razão de adsorção de sódio (RAS)..

Em relação a qualidade da água de irrigação, pode-se dizer que normalmente o conteúdo de sais da água é insuficiente para prejudicar as culturas. Os danos que ela produz é através da concentração e acúmulo de sais no solo, como consequência da evaporação e transpiração que aumentam a salinidade e podem produzir fenômenos que alteram a proporção dos diferentes ions, como por exemplo, a precipitação de sais menos solúveis.

Nem sempre, estes índices informam suficiente a respeito do que ocorre no solo, podendo ocorrer as vezes enganos em relação a um determinado tipo de solo. Isto ocorre principalmente em presença de sais não solúveis (gesso e carbonatos e bicarbonatos de Ca e Mg).

- Indices

1- Condutividade elétrica

A concentração de sais na água, pode ser expressa de diversas formas. Uma das formas é expressar a concentração dos sais na solução em g/l. Outra forma é indicar o número de meq/l. Uma forma simples e suficiente é expressar a salinidade de uma solução é através da condutividade elétrica.

A solução conduz uma melhor corrente elétrica quando maior for sua concentração de sais. Por essa razão essa propriedade é aproveitada para medir a salinidade em termos de condutividade elétrica.

A figura 6 mostra a correlação entre a CE e a concentração de sais. A seguir é apresentada a tabela 10 que

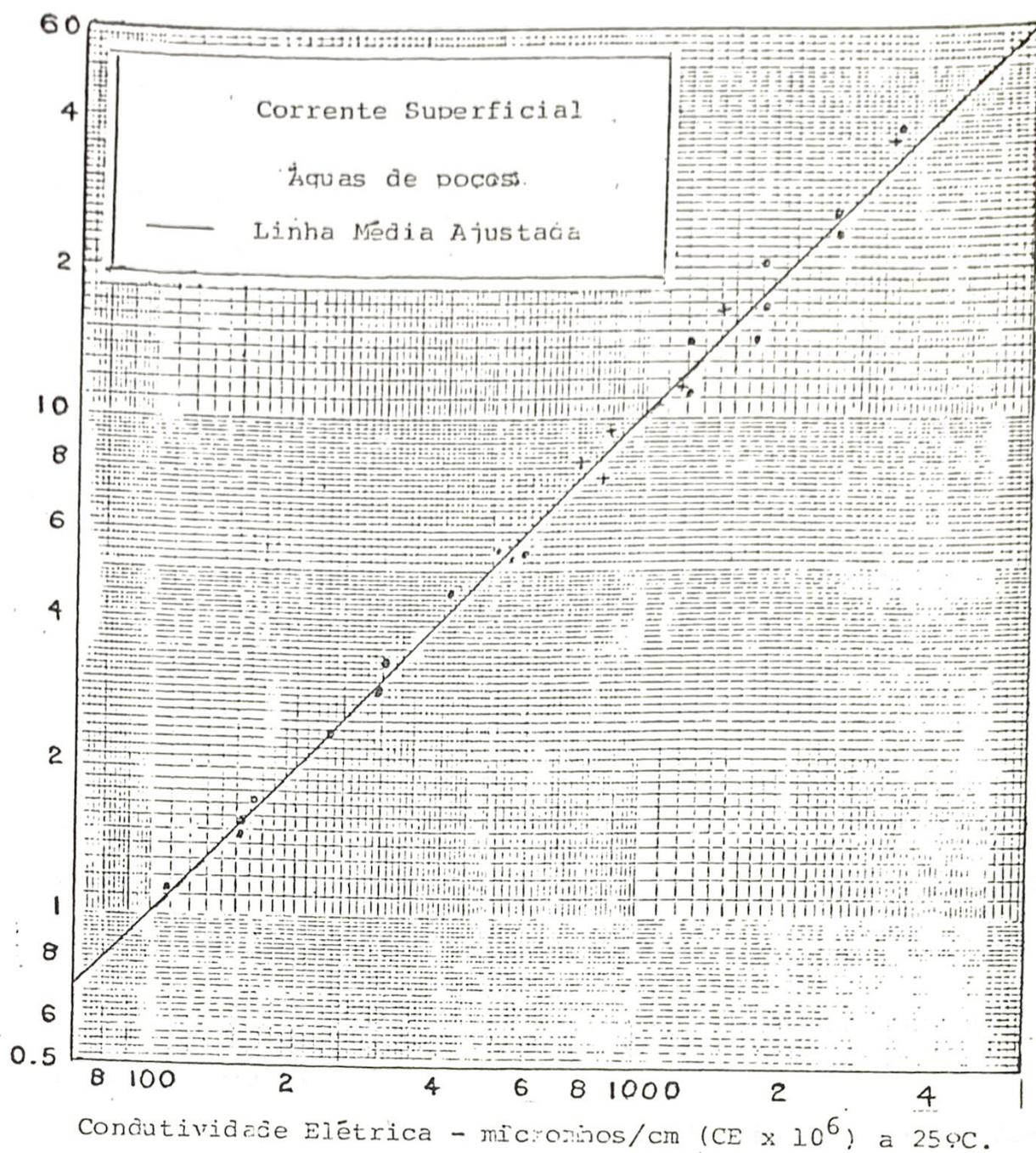


Figura 6 - Relação entre a concentração de sais (meq/l) e a condutividade elétrica das águas de irrigação.

mostra a classificação da água segundo sua salinidade (CE)

Tabela 10 - Classificação da salinidade da água de irrigação segundo Thorne e Peterson.

Classificação	CE a 25°C (micromhos/cm)
C ₁ = Baixa salinidade	0 - 250
C ₂ = Moderada salinidade	250 - 750
C ₃ = Média salinidade	750 - 2250
C ₄ = Alta salinidade	2250 - 4000
C ₅ = Muito alta salinidade	4000 - 6000
C ₆ = Excessivamente alta	> 6000

A interpretação da tabela 10 é dada abaixo.

C₁ - Água com salinidade baixa (CE entre 0-250 micromhos por cm, a 25°C)

Pode ser usada para irrigação da maioria das culturas e na maioria dos solos, com pouca probabilidade de ocasionar salinidade. Alguma lixiviação é necessária, mas isso ocorre nas práticas normais de irrigação, à exceção dos solos com permeabilidade extremamente baixa.

C₂ - Água com salinidade moderada (CE entre 250 e 750 micromhos)

Pode ser usada para irrigação de quase todos os vegetais, quando cultivados em solo com média ou alta permeabilidade, exceto os vegetais altamente sensíveis aos sais. Em solos com baixa permeabilidade, algumas precauções com lixiviação e seleção de plantas tolerantes tornam-se necessárias. Normalmente as práticas normais de irrigação propiciam a lixi-

viação necessária.

C₃ - Água com salinidade média (CE entre 750' e 2250 micromhos/cm, a 25°C)

Pode ser usada somente para solos com permeabilidade média a alta. É necessário fazer lixiviações regulares para evitar problemas de salinização do solo. Necessita-se de práticas especiais para controle de salinização, bem como seleção de plantas com boa tolerância aos sais.

C₄ - Água com salinidade alta (CE entre 2250 e 4000 micromhos/cm, a 25°C)

Somente pode ser usada em solos com alta permeabilidade e com lixiviações especiais, para remover o excesso de sais. Somente deve ser aplicado em plantas muito tolerantes aos sais.

C₅ - Água com salinidade muito alta (CE entre 4000 e 6000 micromhos/cm, a 25°C)

É geralmente indesejável para a irrigação, e pode ser usada somente em solos muito permeáveis, com lixiviação frequente e com culturas muito tolerantes aos sais.

C₆ - Água com salinidade excessiva (CE acima de 6000 micromhos/cm, a 25°C)

Não deve ser usada para irrigação.

2 - Razão de adsorção de sódio (RAS)

Este índice expressa a possibilidade da água de irrigação provocar a sodificação ou alcalinização do solo.

É dependente da proporção do sódio (Na^+) com relação aos cations cálcio (Ca^{++}) e magnésio (Mg^{++})

O RAS é definida pela equação 10.

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{2}}} \quad (10)$$

onde os cations se expressam em meq/l.

A classificação da água de irrigação segundo o RAS, é dividida em quatro classes e são dependentes da CE da água. A interpretação das classes segundo o RAS é dada a seguir:

S_1 - Água com baixa concentração de sódio

Pode ser usada para irrigação em quase todos os solos, e com pequena possibilidade de alcançar níveis perigosos de sódio trocável.

S_2 - Água com concentração média de sódio

Só pode ser usada em solos de textura grossa ou em solos orgânicos com boa permeabilidade. Ela apresenta um perigo de sodificação considerável em solos de textura fina, com alta capacidade de troca catiônica especialmente sob baixa condição de lixiviação, a menos que haja gesso no solo.

S_3 - Água com alta concentração de sódio

Pode produzir níveis maléficos de sódio trocável, na maioria dos solos, e requer práticas especiais de manejo de solo, boa drenagem, alta lixiviação e adição de matéria

orgânica. Nos solos que tem muito gesso, ela pode não desenvolver níveis maléfic^os de sódio trocável. Pode requerer o uso de corretivos químic^os para substituir o sódio trocável, exceto no caso de apresentar salinidade muito alta quando o uso de corretivo não seria viável.

S₄ - Água com muito alta concentração de sódio

É geralmente imprópria para irrigação, exceto quando sua salinidade for baixa ou, em alguns casos, média, e a concentração de cálcio do solo ou o uso de gesso ou outros corretivos tornarem o uso desta água viável.

Na figura 7 é apresentado um diagrama de classificação da água relacionando CE e RAS.

5. TIPOS DE LEVANTAMENTO

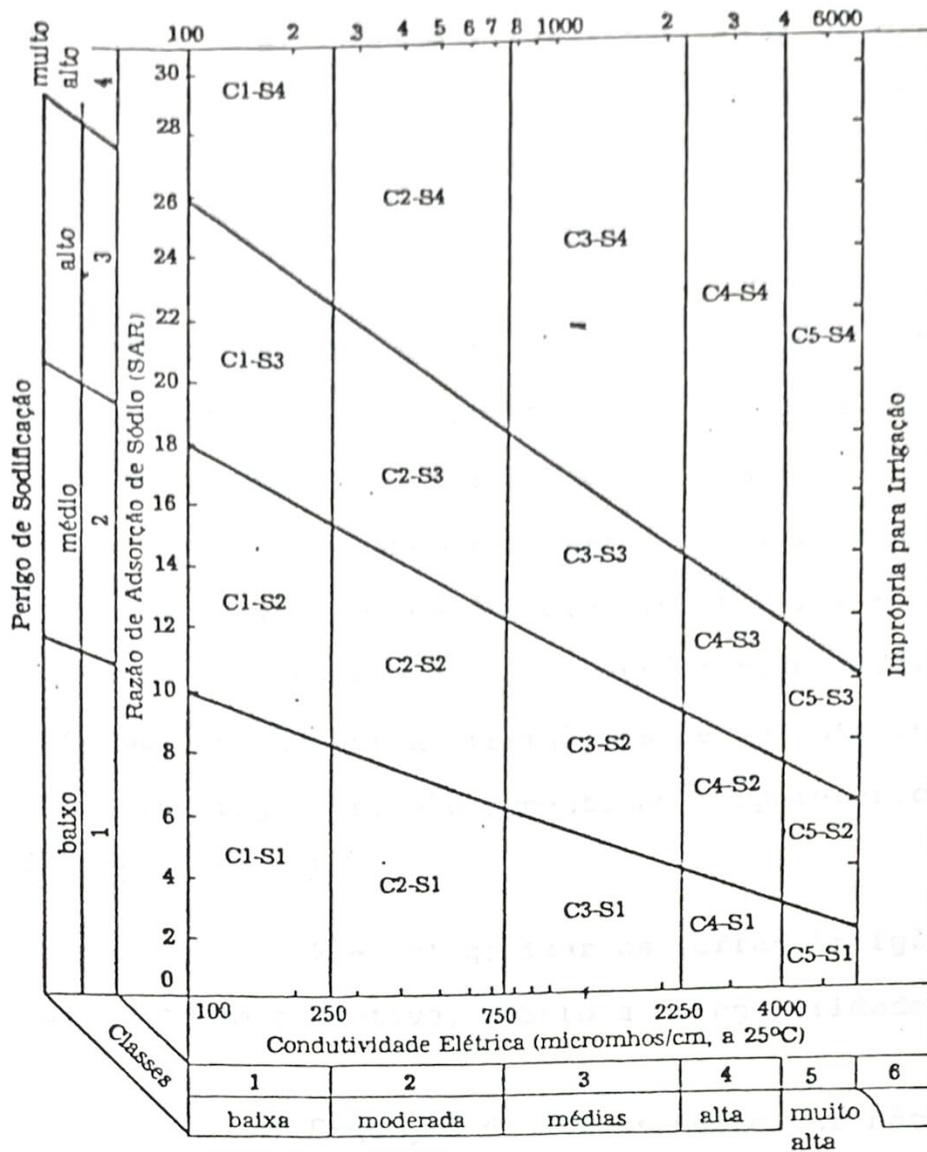
Antes de programar os estudos de solos e determinar como serão utilizados no projeto, serão necessárias consultas iniciais para ter informações básicas.

- Consultas iniciais

1 - Objetivos do levantamento - escolher quais as culturas a serem irrigadas, área pretendida, financiamento, etc.

2 - Descrição geral da área, clima, vegetação, infra-estrutura, solos, topografia, drenagem e hidrologia.

3 - Determinar os estudos pré-existent^s.



Perigo de Salinização

Figura 7 - Diagrama para classificação da água para irrigação, segundo "Thorne e Peterson".

4 - Com estas informações será possível planejar os estudos de solos. Dependendo das informações coletadas os estudos poderão ter vários aspectos:

a) Consulta a estudos de solos e de terras executadas previamente, para elaboração do lay-out do projeto, visando otimização das melhores terras.

b) Execução de estudos interpretativos a partir de estudos já existentes. A classificação de terras para irrigação é um estudo interpretativo de fatores do solo, topografia e drenagem, sendo dois os objetivos:

1 - Separar terras não irrigáveis por razões econômicas (custos de desenvolvimento e/ou produção não justificariam os investimentos necessários) e razões ecológicas (terras que não seriam irrigáveis permanentemente, ocasionando graves prejuízos, não somente ao proprietário, mas também à própria terra).

2 - Categorizar as terras irrigáveis através de uma ordem gradativa, quanto a irregularidade.

c) Execução do levantamento por não ter disponível um levantamento na escala adequada. Existem duas alternativas principais para a execução do levantamento da classificação de terras para irrigação.

1 - Levantamento pedológico onde se inclui todas as informações necessárias para executar a classificação de terras de irrigação. A metodologia brasileira é muito adaptável a este procedimento.

2 - Método direto - classificação de terras para irrigação.

6. PLANEJAMENTO E ORGANIZAÇÃO DE UM LEVANTAMENTO DE SOLOS

Para categorizar as terras é preciso caracterizar os fatores de solos, topografia e drenagem, e compará-los às especializações elaboradas para o projeto. Para classificar estes fatores existe uma metodologia estabelecida.

As informações necessárias serão conseguidas através de consultas no campo, no laboratório de solos e no escritório.

6.1. Atividades no campo

No campo será necessário providenciar a abertura de trincheiras, que representarão as unidades fisiográficas expressivas. As tradagens serão utilizadas para determinar os locais para as trincheiras. Geralmente, a média será uma trincheira por 50 a 100 ha e 3 a 4 tradagens por trincheiras (para levantamento de média intensidade).

As fichas de trincheiras e tradagens de campo necessitarão informar o seguinte na cabeceira:

- a) O nome da propriedade ou do projeto
- b) O número do perfil ou tradagem
- c) A localização
- d) Topografia - declividade e relevo
- e) Material originário
- f) Erosão
- g) Drenagem interna e superficial

- h) Pedregosidade e rochosidade
- i) Vegetação
- j) Uso atual

As informações que necessariamente serão descritas dentro das trincheiras são:

1) A espessura e profundidade de cada camada
2) A cor seca e úmida (usar a escala Munsell) ,
indicar presença de mosqueamento ou cores variegadas.

- 3) Textura
- 4) Estrutura tipo, tamanho e grau
- 5) Porosidade - tamanho e quantidade de poros
- 6) Cerosidade - grau e quantidade
- 7) Consistência - seca, úmida, molhada
- 8) Transição - grau e topografia
- 9) Raízes
- 10) Coletar amostras de cada trincheira
- 11) Coletar amostras para densidades aparentes
- 12) Profundidade do lençol freático

As informações que necessariamente serão descritas a partir das tradagens são:

1) Também terão informações da cabeceira das fichas, e serão coletadas pelo menos três camadas e anotadas as seguintes informações:

- 1.1) Estrutura da camada superficial
- 1.2) Cor das três camadas
- 1.3) Textura das três camadas
- 1.4) Consistência das três camadas

6.2. Atividades de laboratório

As amostras de solos irão para o laboratório.

As amostras de trincheiras serão submetidas a análise completa, e as tradagens a análise parcial. Somente duas tradagens por 100 ha serão amostradas; as outras serão descritas.

A análise completa consiste das seguintes determinações:

- 1 - Frações da amostra: calhaus, cascalho e TFSA (terra fina seca ao ar)
- 2 - Granulometria: areia, silte e argila
- 3 - Argila natural
- 4 - Densidade real e aparente
- 5 - Umidade: a 1/3 e 15 atm
- 6 - Cálculo da água disponível
- 7 - pH em: água e cloreto de potássio
- 8 - Condutividade elétrica
- 9 - Complexo sortivo (cálcio, magnésio, sódio, potássio, valor S, hidrogênio, alumínio, CTC e valor V%)
- 10 - Matéria orgânica ou carbono, nitrogênio e relação C/N
- 11 - P_2O_5
- 12 - Saturação de alumínio e saturação de sódio
- 13 - Ataque sulfúrico em alguns casos
- 14 - Condutividade hidráulica
- 15 - Carbonatos em alguns casos

16 - Sulfatos, em alguns casos

17 - Produtos de redução, em alguns casos

Análise Parcial

1 - Granulometria: areia, silte e argila

2 - Densidade real e aparente, determinados em laboratório, sem uso do cilindro

3 - Condutividade elétrica

4 - Complexo sortivo: cálcio, magnésio, sódio, potássio, alumínio, hidrogênio e valores CTC e $V\%$

5 - P_2O_5

6.3. Trabalhos de escritório

a) Revisão e interpretação dos dados levantados, legenda das unidades de terras

Os trabalhos de campo já foram concluídos. As trincheiras já foram abertas, as tradagens executadas, já se executou o delineamento das manchas de terras, e agora os dados do laboratório, juntamente com os de campo, serão interpretados, e a legenda definitiva será elaborada.

A legenda poderá ser elaborada utilizando a simbologia e metodologia do BUREAU OF RECLAMATION do Departamento do Interior dos Estados Unidos; uma metodologia já universalizada. O sistema do BUREAU considera 6 classes:

Classe 1 - São as terras mais adaptadas a agri-

cultura irrigada em termos de produção, número de culturas, e custos mais baixos para conseguir esta produção alta.

Classe 2 - São as terras com aptidão moderada para a agricultura irrigada, conseguindo níveis de produção menor que a Classe 1 se adaptando a um número menor de culturas, requerendo gastos maiores.

Classe 3 - São as terras marginais, no limite de irrigabilidade. As deficiências são mais acentuadas seja do solo, topografia ou drenagem, do que da Classe anterior. Muitas vezes se adaptam a poucas culturas e/ou exigirão custos elevados para conseguir a produção, mas ainda compensa marginalmente, incluí-los nas terras irrigáveis.

Classe 4 - São as terras cujas limitações exigirão o plantio de culturas especiais; ou manejo especial.

Classe 5 - São as terras tentativamente não irrigáveis. Sua inclusão em terras aráveis dependerá de estudos posteriores de engenharia e/ou economia. Esta classe não deverá permanecer até a elaboração do relatório dos solos, em se tratando de estudos em nível de detalhe.

Classe 6 - Terras sem condições mínimas de serem irrigadas economicamente ou por impossibilidade física.

Para se determinar se enquadra uma determinada terra, podemos recorrer a especificações previamente estabelecidas, se estas existem para a área de projeto, ou poderemos modi

ficar especificações de outras área similares, e de preferência próxima do projeto, ou elaborar novas especificações a partir de um estudo econômico dos fatores condicionados de aptidão para irrigação. Quando especificações já existem, basta recorrer a elas.

A interpretação de dados coletados de campo e laboratório utilizando especificações generalizadas para uma região, deve ser feita com grande cautela, mantendo um elevado senso crítico. Um técnico experiente deve ser consultado e as especificações devem ser reajustadas à necessidade do projeto, tendo em vista dados experimentais e observações do classificado. Em anexo, apresentaremos algumas especificações para a cultura irrigada da cana-de-açúcar para a área de Campos (dados da Sondotécnica)

Recorrendo as especificações, será possível determinar em que classe se enquadra uma terra. Mas, para fins de planejamento, não basta a simples determinação. É preciso explicar o porque do enquadramento. Para isso, usaremos a simbologia completa do BUREAU. Esta trará todas as informações retiradas das especificações.

- Simbologia

A simbologia é em forma de fração que apresenta em primeiro lugar a classe da terra deduzida pelas especificações (classe de 1 a 6). Em seguida apresentará a deficiência que poderá ser de solo, topografia e/ou drenagem (s.t.d). Ainda precisará ser especificada qual é ou quais são as deficiências de s.d.t.

a) Deficiência do solo

K- areia grossa, cascalho ou calhais a pouca profundidade

b- rocha ou substrato relativamente impermeável a pouca profundidade

Z- zona concentrada de carbonatos a pouca profundidade

v- textura muito grosseira (areia e areia franca)

p- condutividade hidráulica (pouca permeabilidade)

q- condutividade hidráulica (excessiva)

x- pedregosidade

y- fertilidade

a- salinidade ou sodicidade

r- afloramento rochoso

b) Deficiência de topografia

g- declividade

u- irregularidade da superfície

j- tamanho e a forma da área

c- rochoso

h- acima da cota do canal.

c) Deficiência de drenagem

- o- bacia fechada
- f- inundação
- w- lençol freático

Além das informações já citadas, há outras também de grande importância, que precisarão ser mencionadas. Estas informações, que irão no denominador da fração, são: - uso da terra, classe de produtividade classe de custos de produtividade, classe das necessidades de água de irrigação e permeabilidade.

Uso da terra

- C- Irrigado, cultivado
- P- Irrigado, pastagem permanente
- L- Não irrigado, cultivado
- G- Não irrigado, pastagem permanente
- B- Mata, floresta, cerrado
- H- Terreno suburbano

Produtividade

- 1- Produtividade alta
- 2- Produtividade mediana
- 3- Produtividade baixa
- 4- Produtividade não avaliável - muito baixa, geralmente

Custo de desenvolvimento

- 1- Custo baixo
- 2- Custo moderado
- 3- Custo alto

Necessidade de água

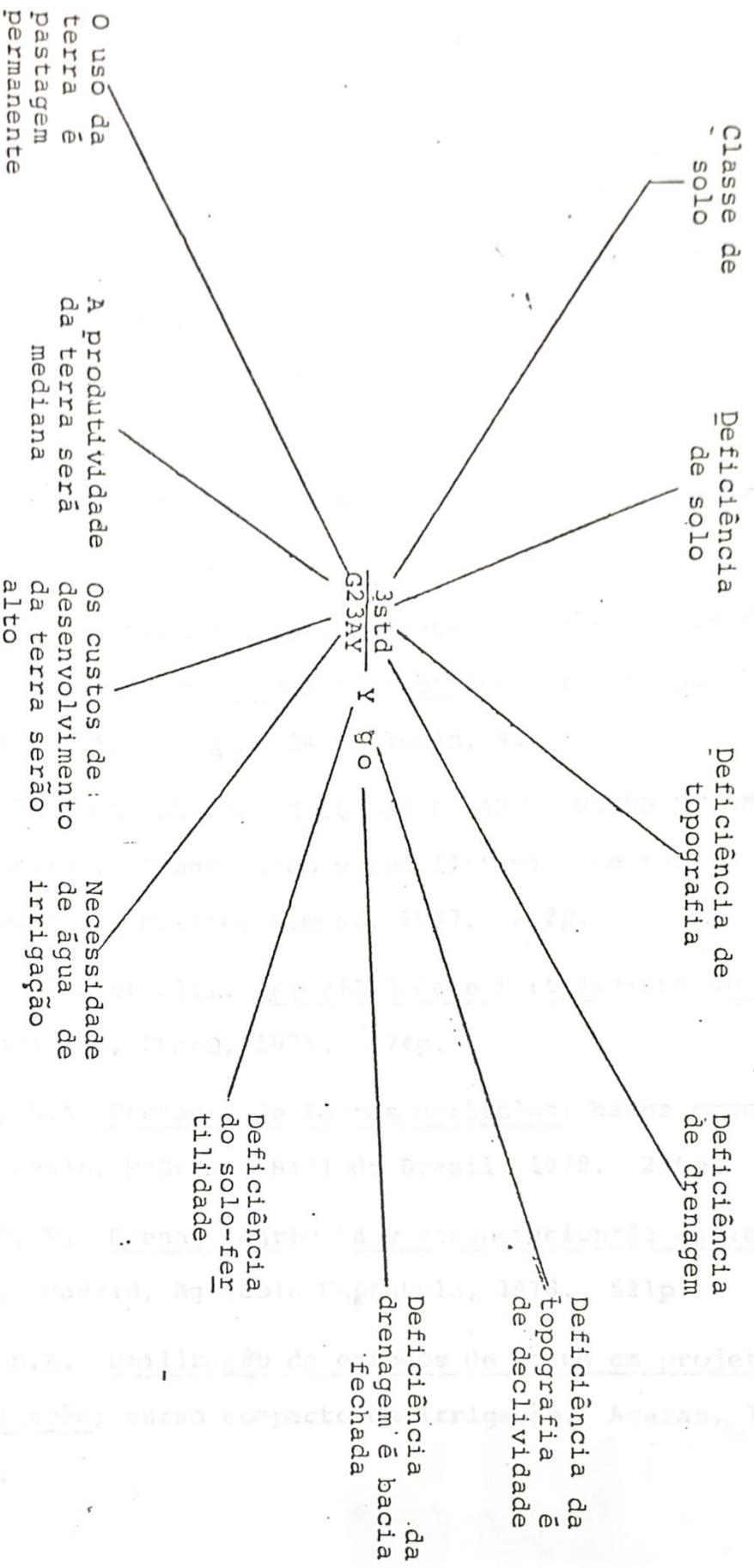
- A- Baixa necessidade
- B- Mediana necessidade
- C- Alta necessidade. Geralmente aplicável à

classe 6 ou aspersão.

Drenabilidade do perfil

- X- Drenabilidade boa
- Y- Drenabilidade restrita
- Z- Drenabilidade pobre

A seguir apresentar-se-ã a simbologia completa para uma uniformidade da terra classificada quanto a sua potencialidade para irrigação.



BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- 01- BARRIOS, J. Classificação e seleção de terras para irrigação; curso de sistematização de terras agrícolas para irrigação de cana-de-açúcar. Campos, IICA/MINTER, 1980. 31p.
- 02- CRUCIANI; D.E. A drenagem na agricultura. São Paulo, NOBEL, 1980. 333p.
- 03- FAO, Roma. Serv. Recursos, Fomento y Conservacions de suelos. Soil survey investigation for irrigation. Roma, 1979. 134p (FAO Soils Bulletin, 42)
- 04- LABORATÓRIO DA SALINIDADE DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA, Riverside. Diagnostico y rehabilitacion de suelos salinos y sódicos. Mexico, Limusa, 1977. 172p.
- 05- MELO, F.A.F. et alii. Fertilidade e fertilizante do solo. Piracicaba, ESALQ, 1975. 274p.
- 06- MILLAR, A.A Drenagem de terras agrícolas; bases econômicas. São Paulo, McGraw - Hill do Brasil, 1978. 276p.
- 07- PIZARRO, F. Drenaje agricola y recuperacion de suelos salinos. Madrid, Agrícola Espanhola, 1978. 521p.
- 08- SOUZA, D.A. Utilização de estudos de solos em projetos de irrigação; curso compacto de irrigação. Araras, 1980. 10p.

Anexo 1

Abaixo é apresentada as especificações usadas pela Sondotécnica no levantamento de solo quanto a aptidão para irrigação na região Norte-Fluminense.

CARACTERÍSTICAS DA TERRA	SÍMBOLO	CLASSES DE APTIDÃO					
		1	2	3	4	5	6
SOLO							
Profundidade até a areia (cm)	k	> 90	60-90	45-60	45-60	45-60	<45
Capacidade de água disponível	q						
mm/60 cm		> 75	55-75	37-55	< 37	-	-
mm/120 cm		>150	110-150	75-110	< 75	-	-
Infiltração estabiliz. mm/h	i	12-20	20-60	60-120	>120	-	-
		-	5-12	25-5	< 25	-	-
Sodicidade (PSI nos 1 ^{os} 60 cm de solo)	a	< 6	6-15	6-15	6-15	-	-
Salinidade (CE nos primeiros 60 cm)	s	< 2	< 2	2-4	4-8	8-15	>15
Fertilidade	y						
Valor T (mE/100g)		>12	6-12	2-6	2-6	2-6	< 2
Prof. acidez sulfúrica (cm)		>150	> 150	90-150	60-90	60-90	< 60
Valor V (%)		> 70	35-70	35	35	35	-
TOPOGRAFIA							
Declividade %	g	< 2	2-4	4-8	8-20	8-20	>20
Microrrelevo	u	não	suave	mod.	forte	forte	-
DRENAGEM							
Profundidade do lençol	w	> 150	90-150	60-90	60-90	60-90	-
Risco de inundação		não	não	não	-	-	-