

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

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

ALUNO: CARLOS ANTÔNIO ALMEIDA DE MELLO

MATRÍCULA: 841.1166-5

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

JUNHO/1992



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB


Í N D I C E

	Pág.
BANCA EXAMINADORA	01
APRESENTAÇÃO	02
INTRODUÇÃO	03
OBJETIVO	05
REVISÃO DE LITERATURA	06
MATERIAIS E MÉTODOS	42
RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
CONCLUSÃO	46
BIBLIOGRAFIA UTILIZADA	47
ANEXOS	48

BANCO EXAMINADORA:



Norma Cesar de Azevedo (M.Sc)
(Orientadora)



Vera Lúcia Antunes de Lima (M.Sc)
(Membro)



Francisco Monte Alverne de Sales Sampaio (M.Sc)
(Membro)

A P R E S E N T A Ç Ã O

Este relatório resulta do Estágio Supervisionado, realizado no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Centro de Ciências e Tecnologia da UFPB, sediado no CAMPUS II, sob a orientação da Professora Norma César de Azevedo, em cumprimento à exigência curricular.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura empírica, considerada como uma arte, é tão antiga quanto o homem. Com a evolução da raça humana, a agricultura tornou-se também uma ciência, cada vez mais eficiente, renovando-se dia a dia.

Através dos tempos, o homem aprendeu que o solo passa a produzir pouco quando cultivado continuamente, e graças a essa observação principiou a adotar práticas agrícolas até hoje usadas, quais sejam: adubação, calagem e rotação de cultura de leguminosas. Não se conhece como nem quando o emprêgo de adubação teve início.

Um dos primeiros livros, e que muito contribuiu para o progresso do uso de fertilizante, foi o escrito por Barnard Palissy, "Tratado dos Sais e da Agricultura", publicado na França, em 1563, três séculos, portanto, antes de Liebig, considerado o pai da química agrícola.

A agricultura moderna é resultado da moderna ciência e tem apenas dois séculos de idade. A partir de 1750, começou a tomar impulso a experimentação agrícola.

O acontecimento importante que trouxe novos fundamentos à agricultura ocorreu em 1840, quando o químico alemão Justus Vom Liebig publicou os resultados de seus experimentos. Ele fez cuídadas análises de solo e de plantas e estabeleceu o balanço da nutrição de plantas.

Os estudos de Liebig destruíram, pelo menos em parte, a teoria da matéria orgânica, e criou-se a teoria mineral de Liebig, na qual se fundamenta a moderna indústria de fertilizantes.

A produção de fertilizantes tornou-se uma das maiores indústrias do mundo, desempenhando importantíssimo papel no aumento da produção e da qualidade das colheitas.

É pela distribuição de fertilizantes químicos ao solo que se pode fornecer às plantas importantes nutrientes, como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Desde o início da indústria de fertilizantes, o grande trio tem sido N - P - K, isto é: nitrogênio, fósforo e potássio, os nutrientes mais comumente em falta nos solos.

Autoridades no assunto admitem que a produção mundial da agricultura pode ser aumentada em, pelo menos, 20 por cento, simplesmente pelo melhor uso de fertilizantes químicos.

Para a agricultura, a água é um componente de sucesso no cultivo em clima árido, no mesmo nível que a aplicação de fertilizantes, controle das ervas daninhas ou pragas, tratamentos culturais e drenagem. A água corretamente aplicada torna os nutrientes prontamente disponíveis à planta.

No entanto, os estudos modernos evidenciam que a aplicação contínua de fertilizantes químicos nos solos, levam a uma degradação física e biológica. Assim, nos dias atuais a adubação orgânica vem tomando novos impulsos e hoje a tendência é a utilização simultânea de adubos químicos e orgânicos.

OBJETIVO

Neste trabalho foi avaliado através de análise laboratoriais, os aspectos do solo quanto a salinidade e fertilidade, e da água, quanto a presença de sais.

SOLO

O Solo representa a camada mais externa da crosta terrestre, não consolidada, com espessura variável e diferindo do material que a sustenta, em cor, estrutura, constituição física, composição química e em propriedades. (RANZANI, 1969)

Se usa o termo solo na descrição da camada que, na superfície da terra, foi suficientemente temperizada por processos químicos e biológicos de modo a suportar o crescimento de plantas com raízes. Estas duas últimas são definições agrícolas que dão ênfase ao fato do solo ser um material tanto geológico como biológico e difere do conceito de engenheiros e geólogos que o consideram apenas como uma rocha temperizada. (BLOOM, 1970)

Solo, do ponto de vista agrícola, é uma mistura de materiais minerais e orgânicos da superfície da terra que serve de ambiente para o crescimento das plantas. (FERNANDO COELHO, 1973)

A produtividade é relacionada com a capacidade de um solo em proporcionar rendimento às culturas, podendo apenas ser melhorada pela intervenção do homem, como, por exemplo, pela incorporação de matéria orgânica em solo pobre nesse componente. A matéria orgânica, melhorando a estrutura do solo, facilita as condições de desenvolvimento das raízes das plantas, permitindo, portanto, a exploração de maior volume de solo. (FERNANDO COELHO, 1973)

Há fatores que caracterizam um solo de alta produtividade, como:

- a) riqueza em ^{est}essenciais às plantas;
- b) boas propriedades físicas;

* elementos

- c) água disponível suficiente para o bom crescimento dos vegetais;
- d) quantidade adequada de matéria orgânica decomposta;
- e) pH adequado;
- f) escassez de pragas e moléstias.

Como se vê, todo solo produtivo é fértil, mas nem todo solo fértil é produtivo.

Ambas as ~~características~~ características, fertilidade e produtividade, estão relacionadas com as características físicas e químicas do solo.

Composição do Solo

Os solos possuem quatro componentes principais: matéria mineral, matéria orgânica, água e ar.

Da proporção entre eles, extremamente variável, depende a produtividade do solo. A figura 1 ilustra a composição em volume de um solo que apresenta boas condições para crescimento das plantas. (FERNANDO COELHO, 1973)

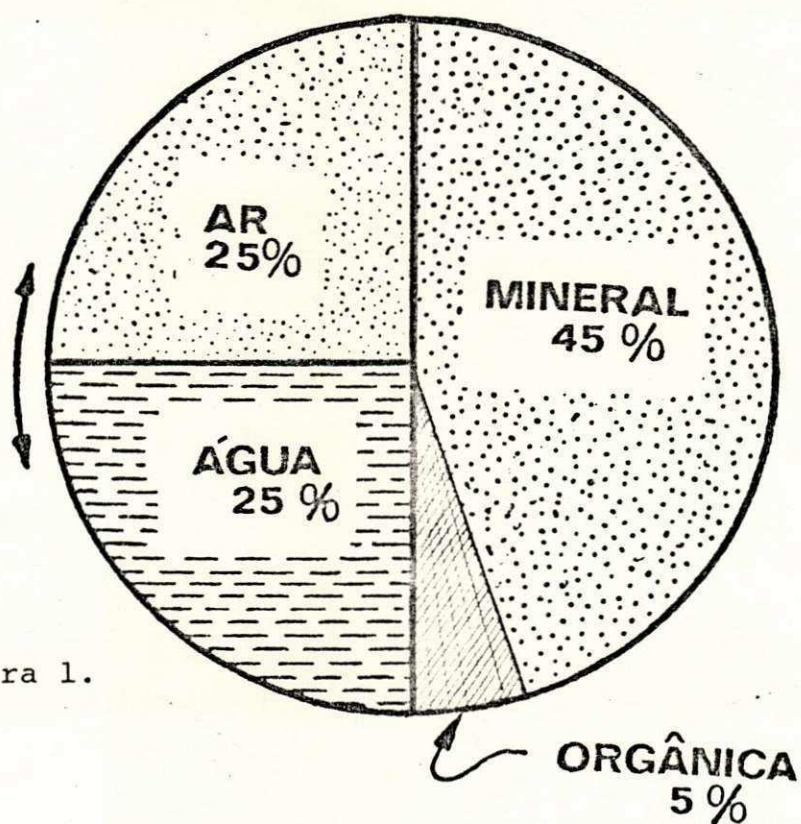


Figura 1.

Como se observa, o espaço poroso constitui cêrca de 50% do volume do solo, sendo a proporção entre água e ar sujeita a grandes variações, em condições naturais, principalmente sob a influência do clima.

Componentes Sólidos do Solo

1) Parte Mineral

As partículas minerais do solo apresentam tamanhos variáveis e são fragmentos de rochas ou minerais distintos, como quartzo, mica, olivina etc. De acordo com o tamanho e com as características, tais partículas podem ter a seguinte classificação:

TAMANHO	NOME	VISIBILIDADE	DIÂMATRO
muito grossa	pedra e cascalho	a olho nu	entre 20 e 2mm
grossa	areia	a olho nu	entre 2 e 0,02mm
fina	limo	com microscópio comum	entre 0,02 e 0,002mm
muito fina	argila	com microscópio eletrônico	menor que 0,002mm

A porcentagem em pêsso das frações areia, limo e argila dá-nos a textura do solo, ou seja, sua composição mecânica, caracterizando-o quanto à predominância do tamanho das partículas que o compõem.

A textura é a mais importante propriedade física do solo, pois as demais se relacionam com ela. É uma propriedade que sofre pouca ou nenhuma mudança com o tempo, ou seja, é uma característica

tica quase permanente do solo. Influi na capacidade de o solo reter água, na infiltração, percolação da água, aeração e pode afetar diretamente a capacidade de retenção dos nutrientes. (F.COELHO, 1987)

Os solos apresentam partículas de todos os tamanhos, porém predominam aquelas com diâmetro menor que 2 milímetros. Para facilitar o estudo da textura do solo, as partículas são classificadas por tamanho, segundo um critério arbitrário. Há diversas classificações dessa textura, em uso pelo especialistas.

O processo pelo qual se determina a composição mecânica do solo (Textura) é conhecido como análise mecânica ou análise granulométrica do solo. A figura 2 mostra o triângulo usado no Instituto Agronômico de Campinas para a classificação textural ou granulométrica do solo. (F. COELHO, 1987).

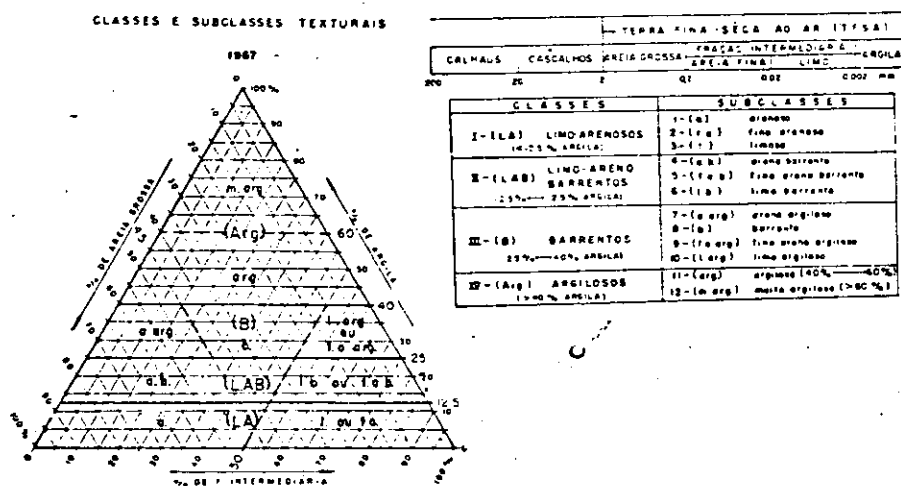


Figura 2.

A proporção relativa entre areia, limo e argila, revelada na análise mecânica, determina o que se chama classe textural.

Do ponto de vista prático, basta saber que as partículas que têm diâmetro entre 0,02 e 2 milímetros constituem a classe ou fração areia; as que têm diâmetro entre 0,002 e 0,02 milímetros constituem a fração limo, e as que têm diâmetro menor que 0,002 milímetro constituem a fração argila.

De acordo com a classificação adotada no Instituto agrônômico de Campinas, quatro são as classes: a dos solos arenosos (limo-aremosos), a dos limosos (limo-areno-barrentos), a dos barrentos e a dos argilosos. (F. COELHO, 1987).

2) Parte Orgânica

A parte orgânica do solo é constituída pela matéria orgânica e pelo produto de sua decomposição, o húmus.

O húmus, cuja designação foi popularizada como matéria do solo, sendo o principal responsável pelo aspecto fôfo dos solos produtores.

Possui grande capacidade de reter nutrientes e água, capacidade essa dezenas de vezes maior de que a argila predominante nos nossos solos: a caulinita.

A matéria orgânica do solo provém dos restos das plantas e animais. Sua existência no solo é transitória, daí a necessidade de juntar novas quantidades para manter-lhe o teor em equilíbrio.

3) Ar do Solo

A fase gasosa do solo fornece oxigênio, que é absorvido pelas raízes das plantas, e recebe o gás carbônico por elas eliminado. Há um equilíbrio entre o ar e a água do solo, podendo haver deficiência de aeração quando o solo apresenta elevado conteúdo em água, desde que está deslocado o ar.

A composição do ar de solo é a mesma que a do ar atmosférico, ou seja, nitrogênio, oxigênio, gás carbônico e gases inertes. Entretanto, difere quando à quantidade, principalmente de gás carbônico (CO_2), cuja porcentagem é menor no ar atmosférico - cerca

de 0,03% - enquanto no ar do solo varia de 0,2 a 1%. O ar do solo, mais pobre em oxigênio do que o atmosférico, possui cerca de 100% de unidade relativa em condições normais.

O equilíbrio entre o ar do solo e o atmosférico ocorre através de um processo lento de difusão, havendo maior semelhança de composição nas camadas mais superficiais do solo. O fenômeno de difusão, ou seja, de troca entre o ar do solo e o atmosférico, ocorre, principalmente, em função da temperatura, uma vez que o ar mais quente tende a se elevar e, o mais frio, a descer.

4) A Solução do Solo

A solução do solo é representada pela água com os nutrientes e gases nela dissolvidos. É dela que as plantas retiram os nutrientes de que necessitam para o seu desenvolvimento e produção. Sua composição e concentração mudam constantemente, diluindo-se com a chuva e concentrando-se com a evaporação e transpiração das plantas. Em geral, nitratos (NO_3^-) e cloretos (Cl^-) que formam poucos sais solúveis, decrescem rapidamente em concentração, quando ocorre uma chuva, e aumentam com a evaporação.

A solução do solo contém apreciável quantidade de gás carbônico (CO_2) dissolvido, formando um ácido muito fraco, o ácido carbônico, de importante papel na disponibilidade de nutrientes. Muitos nutrientes que se encontram em formas não assimiláveis pelas plantas são transformadas em assimiláveis por ação do ácido carbônico. (F. COELHO, 1987).

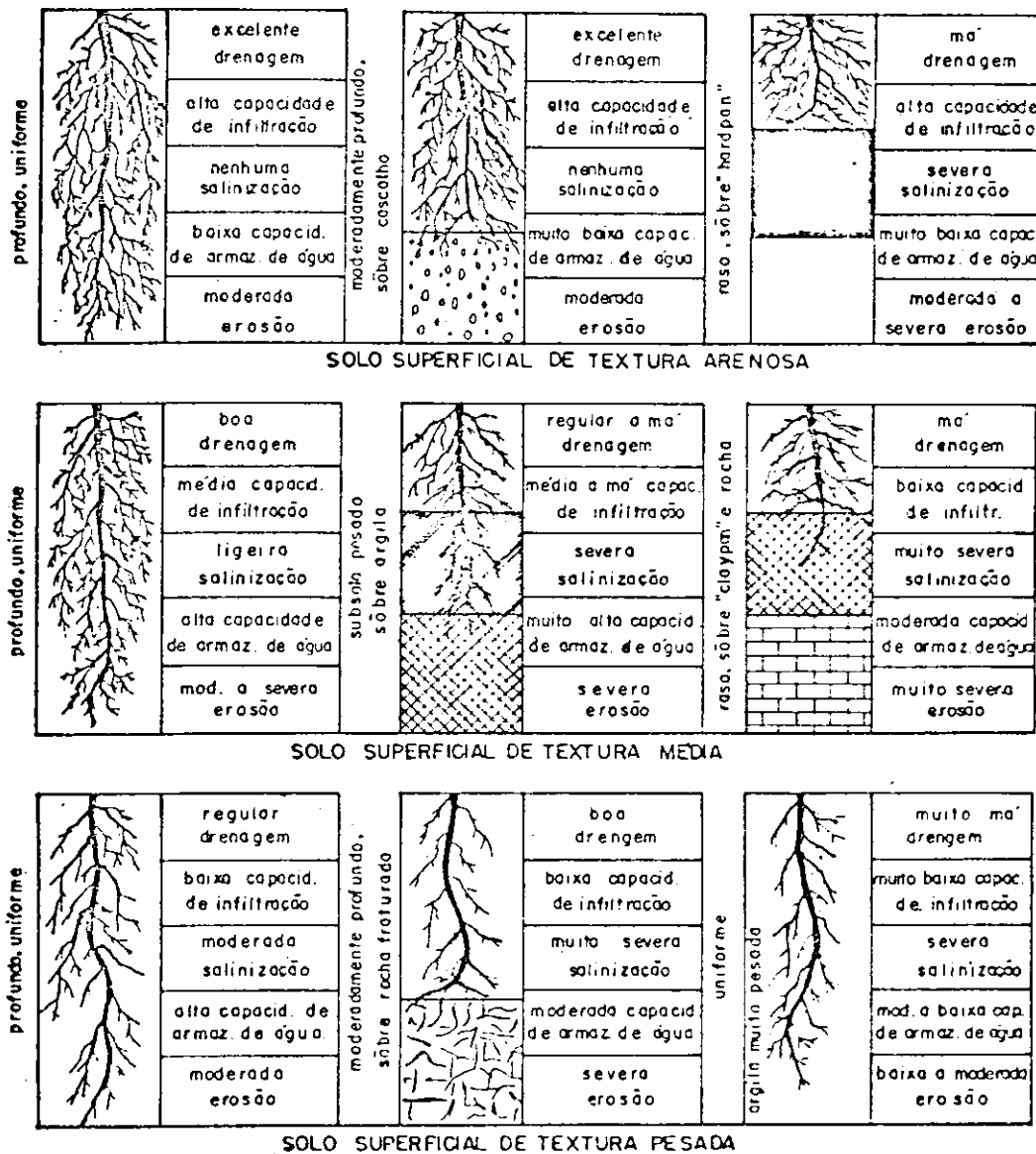
A Água no Solo

Para um bom planejamento de um sistema de irrigação é fundamental o conhecimento da capacidade de absorção de água pelo

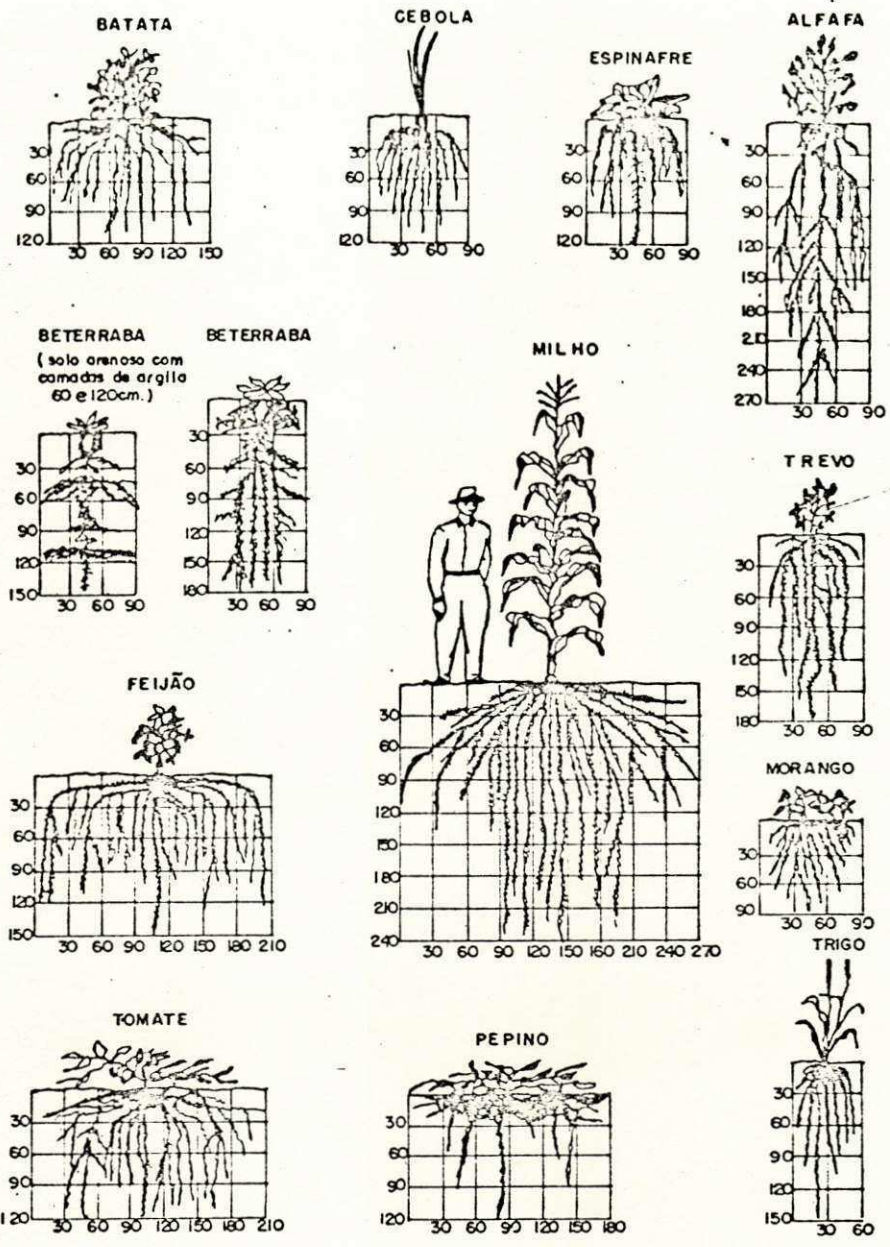
solo. O regime de infiltração deve ser maior que a taxa de aplicação, como forma de evitar o escoamento superficial. O movimento da água no solo é afetado pelo declive, conteúdo de matéria orgânica, textura, estrutura, porosidade, camadas adensadas e algumas características químicas.)M. Básico de Irrigação, 1985)

A água constitui cerca de 90% do peso de uma planta fresca e viçosa, porém apenas 1% dessa água é utilizada no processo de desenvolvimento e o restante é empregado na transpiração.

O consumo de água pela planta depende de inúmeros fatores como: solo, cultura e fatores climáticos (temperatura, umidade, insolação, ventos, etc.) (M.Básico de Irrigação, 1985)



— Tipos e perfis de alguns solos e suas relações com a água (McCulloch and Criddle, 1950, p. 11).



— Sistemas radiculares típicos de certas culturas em solos profundos, irrigados, da parte central dos Estados Unidos. (Segundo USDA, 1.964, p. 1-31).

Fertilidade do Solo

Não existe um acordo geral sobre o termo fertilidade do solo. Alguns consideram que um solo fértil deve ter boas propriedades físicas e fornecer às plantas os nutrientes que dele são absorvidos, em quantidade razoáveis e convenientemente balanceadas. Tal solo não deve conter substâncias ou elementos tóxicos em quantidades que possam prejudicar o desenvolvimento dos vegetais e deve estar localizado numa zona climática tal que fatores, como luz, temperatura, umidade, etc., não sejam limitantes do crescimento. (MELLO, 1983)

Alguns autores afirmam o conceito de que a habilidade de um solo para fornecer nutrientes às plantas, a presença de maior ou menor quantidades de substâncias ou de elementos tóxicos e suas propriedades físicas são suficientes para definir-lhe a fertilidade. Segundo esse modo de apreciar o assunto, um solo rico em nutrientes essenciais, presentes em quantidades convenientemente balanceadas, livre de materiais tóxicos em altos níveis é um solo fértil, embora possa não ser produtivo. (MELLO, 1983).

Solo fértil é aquele que contém, em quantidades suficientes e balanceadas, todos os nutrientes essenciais em formas assimiláveis. Deve estar razoavelmente livre de materiais tóxicos e possuir propriedades físicas e químicas satisfatórias. Todos os solos férteis são potencialmente produtivos. (MELLO, 1983)

Solo produtivo é aquele que, sendo fértil, se encontra localizado numa zona climática capaz de proporcionar suficiente umidade, luz, calor, etc., para o bom desenvolvimento das plantas nele cultivadas. (MELLO, 1983).

Acidez do Solo

A acidez do solo constitui um dos problemas mais importantes para a agricultura de vastas regiões tropicais e subtropicais.

No Brasil, áreas enormes, e muitas delas de importância agrícola elevada, são representadas por terrenos ácidos. (MELLO, 1983).

Os materiais empregados na correção da acidez do solo são, basicamente, de três tipos: Carbonato de Ca ou de Ca e Mg, óxido e hidróxido de Ca. Tem-se utilizado experimentalmente Silicato de Ca com bons resultados.

Os Carbonatos encontram-se no mercado geralmente como calcário calcítico ou dolomítico, este contendo também $Mg CO_3$. (MELLO, 1983).

Classificação e Natureza dos Solos Salinos e Alcalinos

O Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos estabeleceu uma classificação desses tipos de solos que é usada na maioria dos países (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1969, p. 4-6). A tabela abaixo dá, em resumo, a classificação adotada, sendo que certos termos serão explicados mais adiante. (ALBERTO DAKER, 1988).

Classificação dos Solos Salinos e Alcalinos

DENOMINAÇÃO	NOME VULGAR	C.E (1) mmhos/cm	P.S.I (2)	p ^H	RECUPERAÇÃO
Salino	Álcali branco	> 4	< 15	≤ 8,5	Lixiviação dos Sais
Salino Alcalino ou Salino Sódico	-	> 4	> 15	Próximo de 8,5	Aplicação de Corre ^{ti} vos e lixiviação
Alcalino ou Sódico	Álcali negro (3)	< 4	> 15	Em geral de 8,5 a 10,0	Aplicação de Corre ^{ti} vos e lixiviação
Normais ou não Salinos	-	< 4	< 15	4 a 8,5	-

OBS: 1) C.E - Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo.

2) P.S.I - Percentagem de Sódio intercambiável.

3) Há formação de crosta negra na superfície unicamente quando existe matéria orgânica suficiente em um solo alcalino.

Solos Salinos

São os que apresentam uma condutividade elétrica do extrato de saturação maior que 4 milimhos por centímetro a 25°C e uma porcentagem de sódio intercambiável inferior a 15. O p^H geralmente é menor que 8,5.

Os solos salinos podem ser recuperados por simples lavagens, acompanhadas de drenagem, onde os sais são eliminados e o solo se torna normal. (LABERTO DAKER, 1988)

Solos Salino - Sódico

O termo salino-sódico ou salino-alcalino se aplica aos solos cuja condutividade elétrica do extrato de saturação é maior

que 4 milinhos por centímetro a 25°C e a porcentagem de sódio ~~tro-~~
~~cável~~ é maior que 15.

O manejo dos solos salinos-sódicos é muito difícil, pois se o excesso de sais solúveis fosse lavado pela água de irrigação, prática recomendada para os solos salinos, o prejuízo seria grande, pois ditos solos, a menos que houvesse gesso presente, passariam a sódicos, com todas as desvantagens destes: reação fortemente alcalina (pH superior a 8,5) e partículas dispersas, resultando em um solo impermeável, pesado e difícil de ser trabalhado. Ainda que o retorno dos sais solúveis possa fazer com que o pH se abaixe e as partículas voltem a se flocular, o manejo desses solos é sempre imprevisível, a menos que se eliminem tanto o excesso de sais como o de sódio intercambiável e se restabeleçam as condições físicas do solo, prática que em geral requer a aplicação de corretivos apropriados, exceto em casos especiais, quando o solo contém suficiente quantidade de gesso. Neste caso particular, quando são lavados, o cálcio do gesso se dissolve e substitui o sódio, havendo, portanto, eliminação desse juntamente com os sais. (ALBERTO DAKER, 1988).

Influência da Salinidade no Crescimento das Plantas

CLASSE	CATEGORIA (1)	C.E (2)	INFLUÊNCIA PARA AS PLANTAS
A	Não Salinos	0 a 2	A salinidade é praticamente imperceptível
B	Ligeiramente Salinos	2 a 4	O rendimento de plantas muito sensíveis pode ser afetado
C	Mediamente Salinos	4 a 8	O rendimento de várias plantas é afetado
D	Fortemente Salinos	8 a 16	Somente as plantas tolerantes produzem satisfatoriamente
E	Muito Fortemente Salinos	> 16	Pouquíssimas plantas tolerantes se desenvolvem satisfatoriamente.

Solos Sódicos

Os solos sódicos ou alcalinos, também classificados como sódicos ou alcalinos não-salinos, são os que apresentam uma condutividade elétrica do extrato de saturação menor que 4 mmhos/cm a 25°C e uma porcentagem de sódio intercambiável maior que 15. O pH comumente varia de 8,5 a 10.

Correspondem aos denominados de "alcali negro" por Hilgard e de "Solonetz" pelos autores russos e, comumente, são encontrados em áreas pequenas e irregulares de regiões áridas e semi-áridas, conhecidas como "manchas de álcalis impermeáveis".

Nos solos fortemente sódicos, a matéria orgânica em dispersão dissolvida pode se depositar em superfície em virtude da evaporação da água, causando um enegrecimento do solo, o que deu origem ao termo álcali negro.

Os solos sódicos ocasionalmente podem apresentar uma reação ligeiramente ácida, principalmente na camada superficial, embora continuem com as mesmas características gerais. São, neste caso, denominados "alcalinos degradados" e se apresentam em ausência de cal. O baixo pH é resultado do hidrogênio intercambiável.

A formação dos solos sódicos se deve ao excesso desse elemento encontrado no complexo do solo, como pode ser representado pela equação 1, em que os cátions de sódio substituem cátions de cálcio, magnésio e potássio. Se houver muitos cátions de sódio e também muitos dos outros cátions, estes podem determinar as características do solo (solos salino sódicos). Havendo predominância dos de sódio, as características do solo serão dadas por eles (Solos Sódicos). (ALBERTO DAKER, 1988).

SELEÇÃO DE PLANTAS PARA OS SOLOS SALINOS

Há situações em que é difícil manter baixa salinidade no solo de modo econômico, como nos casos de a água disponível à irrigação ser muito salina, de ser pequena a profundidade do lençol freático, de ser deficiente a permeabilidade do solo, de ser muito cara a drenagem etc.

Neste caso, uma seleção adequada das espécies e variedades de plantas que possam tolerar melhor e apresentar maiores rendimentos nestas condições desfavoráveis e a seleção de práticas culturais apropriadas a um melhor manejo do solo para reduzir ao mínimo a salinidade e proteger as plantas, podem se constituir em um fator de êxito agrícola.

A tolerância das plantas aos sais pode ser apreciada segundo três critérios:

- a) Capacidade para sobreviver em solos salinos.
- b) Rendimento em solos salinos.
- c) Rendimento relativo, comparado com solos não-salinos.

O primeiro critério tem importância em estudos ecológicos, mas apresenta pouca significação prática no que se refere à agricultura de regado. O segundo é de muita utilidade sob o ponto de vista agrônomo, principalmente quando se comparam variedades da mesma espécie, e o terceiro, finalmente, é o usado pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos para a preparação das Tabelas que dão a tolerância relativa das diferentes plantas à salinidade.

A seguinte Tabela segundo o referido Laboratório, fornece a lista de tolerância das principais culturas em condições normais de irrigação, devendo-se observar que os fatores climáticos po-

dem influir sobremaneira nesta tolerância.

As plantas são dispostas em ordem decrescente de sua tolerância à salinidade. Os valores da condutividade elétrica que aparecem nas partes superior e inferior de cada coluna representam o teor de salinidade que deve ocasionar uma diminuição de 50% nos rendimentos em comparação com os obtidos em solos não-salinos, sob condições idênticas. Exemplo: para hortaliças medianamente tolerantes, a CE que aparece na parte superior é de 10 e na inferior, de 4. Quer isso dizer que as primeiras plantas citadas na coluna têm o rendimento reduzido a 50% quando o solo está com a CE de 10, enquanto que as últimas, por serem menos tolerantes, apresentam esse rendimento com uma CE de apenas 4.

TOLERÂNCIA RELATIVA DAS PLANTAS À SALINIDADE
CONFORME INDICAÇÃO DO "U.S. SALINITY LABORATORY"
(1969, p. 67)

TIPO DE CULTURA	MUITO TOLERANTE	MEDIANAMENTE TOLERANTE	POUCO TOLERANTE
Culturas comuns	(CE x 10 ³ = 16)	(CE x 10 ³ = 10)	(CE x 10 ³ = 4)
	Cevada (grãos) Beterraba açucareira Colza Algodão	Centeio (grãos) Trigo (grãos) Aveia (grãos) Arroz Sorgo (grãos) Milho Linho Girassol Mamona	Feijões
	(CE x 10 ³ = 10)	(CE x 10 ³ = 6)	

(Continuação)

TIPO DE CULTURA	MUITO TOLERANTE	MEDIANAMENTE TOLERANTE	POUCO TOLERANTE
Hortaliças	(CE x 10 ³ = 12) Beterraba Couve Espargo Espinafre	(CE x 10 ³ = 10) Tomate Brócolos Repolho Pimenta "Bell" Couve-flor Alface Milho doce Batata Cenoura Cebola Ervilha Abóbora Pepino	(CE x 10 ³ = 4) Rabanete Aipo Feijões verdes
	(CE x 10 ³ = 10)	(CE x 10 ³ = 4)	(CE x 10 ³ = 3)
Plantas forrageiras	(CE x 10 ³ = 18) "Alkali sacaton" "Saltgrass" "Nuttall alkaligrass" Capim Bermuda Capim rhodes "Canada wildye" "Western wheatgrass" Cevada (feno) Trevo	(CE x 10 ³ = 12) Trevo branco Trevo amarelo Azevém perene "Mountain brome" Trevo-morango Capim "Dallis" Capim sudão Trevo "hubam" Alfafa "Tall fescue" Centeio (feno) Trigo (feno) Aveia (feno) Capim "Orchard" Grama azul "Meadow fescue" "Reed canary" Trevo grande Capim-cevadinha	(CE x 10 ³ = 4) Trevo branco holandês Capim rabo de raposa Trevo "Alsike" Trevo vermelho Trevo ladino Pimpinela

(continuação)

TIPO DE CULTURA	MUITO TOLERANTE	MEDIANAMENTE TOLERANTE	POUCO TOLERANTE
Plantas forrageiras	(CE x 10 ³ = 12)	"Tall meadow oatgrass" "Cicer milk vetch" "Sourclover" Likle milk wetch" (CE x 10 ³ = 4)	(CE x 10 ³ = 2)
Árvores Frutíferas	Tâmara	Romã Figo Oliva Uva Melão	Pera Maçã Laranja Toranja Ameixa Amêndoa Damasco Pêssego Morango Limão Abacaxi

OBS: CE x 10³ = Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, em milimhos/cm a 25°C.

AGUA

A qualidade da água de irrigação é comumente expressa em termos de teores de sais solúveis, sódio, boro e bicarbonato. Quanto maior for o seu conteúdo em sais, maiores serão os riscos de salinizar ou tornar a água do solo menos disponível às plantas. A água tem sido classificada em quatro grupos, dependendo do seu conteúdo salino expresso em condutividade elétrica (Vide Quadro 1.) (VIPOND & WINTHERS, 1987)

QUADRO 1

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA micro mhos/cm a 25°C	CLASSE DE SALINIDADE
< 250	Salinidade baixa
250 - 750	Salinidade média
750 - 2250	Salinidade alta
> 2250	Salinidade muito alta

Pode-se empregar água de baixa salinidade na irrigação da maioria das culturas e solos, porém à medida que a salinidade aumenta, torna-se cada vez menos adequada para plantas de alta sensibilidade aos sais e solos de baixa permeabilidade. Água com altas concentrações de sais somente podem ser usadas para culturas com boa tolerância e em solos de alta permeabilidade. (VIPOND & WINTHERS)

Quanto às características que determinam a qualidade de água para irrigação, de um modo geral, a água deve ser analisada, em relação a cinco parâmetros básicos: (SALASSIER, 1987).

- concentração total de sais (salinidade);
- proporção relativa de sódio, em relação aos outros cátions (permeabilidade do solo).

- concentração de elementos tóxicos;
- concentração de bicarbonatos;
- aspectos sanitário.

a) Concentração total de sais Solúveis ou Salinidade

A concentração total de sais da água para irrigação pode ser expressa em partes por milhão (ppm) ou em relação à sua condutividade elétrica (CE). Em razão da facilidade e rapidez de determinação, a condutividade elétrica (CE) tornou-se o procedimento-padrão, a fim de expressar a concentração total de sais para classificação e diagnose das água destinadas à irrigação. (SALASSIER, 1987)

Há dois testes rápidos para avaliar a qualidade da água, no que diz respeito à concentração total de sais.

- A razão entre a condutividade elétrica (em "micromhos", por centímetro), dividida pela concentração de cátions (em miliequivalente, por litro), deve aproximar-se de 100. Essa razão tende para 80, para águas ricas em cálcio e magnésio, ou para 110, para águas ricas em sódio.

- A razão entre a concentração de sólidos dissolvidos (em partes por milhão), dividida pela condutividade elétrica (em "micromhos", por centímetro), deve aproximar-se de 0,64.

b) Proporção relativa de sódio, em relação a outros cátions ou permeabilidade do solo.

A proporção relativa de sódio, em relação a outros sais, pode ser expressa adequadamente, em termos da Razão de Adsorção de Sódio (SAR), a qual pode ser assim calculada:

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

Com a concentração de Na, Ca e Mg, em miliequivalente por litro.

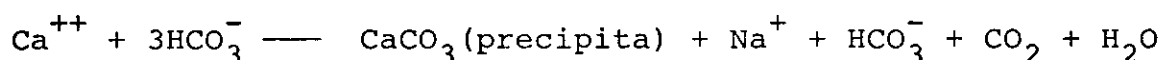
c) Concentração de elementos tóxicos

Boro é o elemento que se encontra frequentemente nas águas naturais, não poluídas pelo homem, em concentração tóxicas. Seu nível de ^{con}tração pode ser expresso em partes por milhão (ppm).

d) Concentração de bicarbonatos

Nas águas que contêm concentrações elevadas de íons de bicarbonatos, há tendência para a precipitação do cálcio e do magnésio, sob a forma de carbonatos, reduzindo, então, a concentração de cálcio e magnésio, na solução do solo, e, conseqüentemente, aumentando a proporção de sódio, uma vez que a solução do carbonato de sódio é superior à dos carbonatos de cálcio e de magnésio.

Esse processo pode ser assim ilustrado:



Então parece mostrar que essa reação favorece a elevação da "percentagem possível de sódio", no solo. A "percentagem de sólido" e a "percentagem possível de sódio" podem ser calculadas pelas seguintes equações:

$$\% \text{ de sódio} = \frac{\text{Na}^+ \times 100}{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{Na}^+}$$

e

$$\% \text{ possível de sódio} = \frac{\text{Na}^+ \times 100}{(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{Na}^+) - (\text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^-)}$$

desde que a concentração de $\text{NCO}_3^- + \text{CO}_3^{--}$ não exceda a de $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$.

Nessas duas equações, as concentrações dos íons são expressas em miliequivalentes por litro.

e) Aspecto sanitário

Quanto ao aspecto sanitário, temos dois casos a considerar, a contaminação do irrigante durante a condução da irrigação e a contaminação dos usuários dos produtos irrigados. No primeiro caso, a principal doença é a esquistossomose, cuja contaminação se dá, por meio do contato direto do irrigante com a água de irrigação, e no segundo, temos as verminoses, de um modo geral, cuja contaminação se dá por meio do consumo dos hortifrutigranjeiros contaminados pela água de irrigação. Daí verificamos a necessidade de, também dar importância ao aspecto sanitário das águas a serem usadas na irrigação.

Análise total de Água para Irrigação

A concentração total e individual dos elementos de maior importância tem de ser determinada para que se possa julgar a qualidade de uma água para irrigação.

Para muitos casos, a condutividade elétrica é suficiente para avaliar a concentração total de sais, dispensando a determinação dos sólidos dissolvidos. Uma vez determinado que a concentração do boro é baixa, em determinada região, sua determinação pode ser omitida nas análises subsequentes. (SALASSIER, 1987)

As amostras de água são coletadas e analisadas para se obterem informações com as quais se julgará a qualidade da água. Sendo assim, as amostras deverão ser, enquanto for possível, as mais representativas. De modo geral, recomendam-se os seguintes procedimentos no processo de análise de água para irrigação: (SALASSIER, 1987)

- Para poços profundos, com condições normais de operação, a amostragem não apresenta nenhum problema. Estando a intensidade de recarga do poço em equilíbrio com a retirada d'água, as características químicas da água serão praticamente constantes.

- Para rios ou córregos, a amostragem é mais problemática. Ela deve ser feita todas as semanas ou mensalmente, e, sempre que se tirar a amostra, deve-se procurar caracterizar o estágio de fluxo do rio ou sua vazão.
- Para pequenos reservatórios, a água é praticamente homogênea, e a amostra pode ser coletada, à saída do reservatório.
- Para grandes reservatórios, a água não é homogênea ao longo da profundidade, sendo necessário que as amostras sejam retiradas de diversas profundidades.

As amostras de água para análise devem ter um volume de um a dois litros a ser coletadas em garrafas de vidros ou plásticas, bem limpas.

CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA PRA IRRIGAÇÃO

Há varios modelos de classificação de água pra irrigação. Serão apresentados alguns dos principais modelos. (SALASSIER, 1987).

CLASSIFICAÇÃO PROPOSTA PELO "U.S. SALINITY LABORATORY STAFF -

U.S.D.A. AGRICULTURE HANDBOOK Nº 60"

A classificação proposta pelos técnicos do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos é baseada na condutividade elétrica (CE), como indicadora do perigo de salinização do solo, e na Razão de Adsorção de Sódio (SAR), como indicadora do perigo de alcalinização ou sodificação do solo. (SALASSIER, 1987).

a) Perigo de Salinização

As águas são divididas em quatro classes, segundo sua condutividade elétrica (CE), ou seja, em função de sua concentração total de sais solúveis.

C_1 - Água com salinidade baixa (CE entre 0 e 250 micromhos/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.

C_2 - Água com salinidade baixa (CE entre 250 a 750 micromhos/cm, a 25°C).

Pode ser usada sempre que houver um grau moderado de lixiviação. Plantas com moderada tolerância aos sais podem ser cultivadas, na maioria dos casos, sem práticas especiais de controle da salinidade.

C_3 - Água com salinidade alta (CE entre 750 e 2250 micromhos/cm, a 25°C).

Não pode ser usada em solos com deficiência de drenagem. Mesmo nos solos com drenagem adequada, podem-se necessitar de práticas especiais para o controle da salinidade. Pode ser usada somente para irrigação de plantas com boa tolerância dos sais.

C_4 - Água com salinidade muito alta (CE entre 2250 e 5000 micromhos/cm, a 25°C).

Não é apropriada para irrigação, sob condições normais, mas pode ser usada ocasionalmente, em circunstâncias muito especiais. Os solos deverão ser muito permeáveis e com drenagem adequada.

da, devendo ser aplicado excesso de água nas irrigações para ter boa lixiviação. A água somente deve ser usada para culturas que sejam tolerantes aos sais.

b) Perigo de Alcalinização ou Sodificação

As águas são divididas em quatro classes, segundo sua razão de adsorção de sódio (SAR), ou seja, em função do efeito do sódio trocável, nas condições físicas do solo:

S_1 - Água com baixa concentração de sódio.

$$(SAR \leq 18,87 - 4,44 \log CE)$$

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

S_2 - Água com concentração média de sódio.

$$(18,87 - 4,44 \log CE < SAR \leq 31,31 - 6,66 \log CE)$$

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 do sódio.

$$(31,31 - 6,66 \log CE < SAR \leq 43,75 - 8,87 \log CE)$$

Pode produzir níveis maléficos de sódio trocável, na maioria dos solos, e requer práticas especiais de manejo do solo, boa drenagem, alta lixiviação e adição de matéria orgânica. Nos solos que têm muito gesso, ela pode não desenvolver níveis maléficos de sódio trocável. Pode requerer o uso de corretivos químicos para substituir o sódio trocável, exceto no caso de apresentar salinida-

de muito alta, quando o uso de corretivos não seria viável.

S₄ - Água com muito alta concentração de sódio.

(SAR > 43,75 - 8,87 log CE)

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.

Algumas vezes, a água de irrigação pode dissolver suficiente quantidade de cálcio de solos calcários, diminuindo, assim, apreciavelmente, o perigo de sodificação. Isso deve ser levado em conta, no uso de águas C₁ - S₃ e C₁ - S₄. Para solos calcários com pH alto, ou para solos não calcários, o nível de sódio nas águas das classes C₁ - S₃, C₁ - S₄ e C₂ - S₄ pode ser melhorado com a adição de gesso. Também poderá ser benéfico, quando se usarem águas das classes C₂ - S₃ e C₃ - S₂, adicionando, periodicamente, gesso ao solo.

Para facilitar a classificação das águas para irrigação, quanto aos perigos de salinização e de sodificação do solo, os técnicos do Laboratório de Salinidade dos E.U.A elaboraram dois diagramas (Figuras 1 e 2).

c) Efeito da Concentração de Boro

O boro é um elemento essencial para o crescimento dos vegetais, mas a quantidade requerida é muito pequena. Porém, em concentrações um pouco maiores, torna-se muito tóxico para alguns vegetais. O nível de concentração que o torna tóxico de acordo com a espécie de vegetal. O nível que é tóxico para uma planta sensível, por exemplo, limão, pode ser o ideal para uma planta tolerante, como, por exemplo, a alfafa.

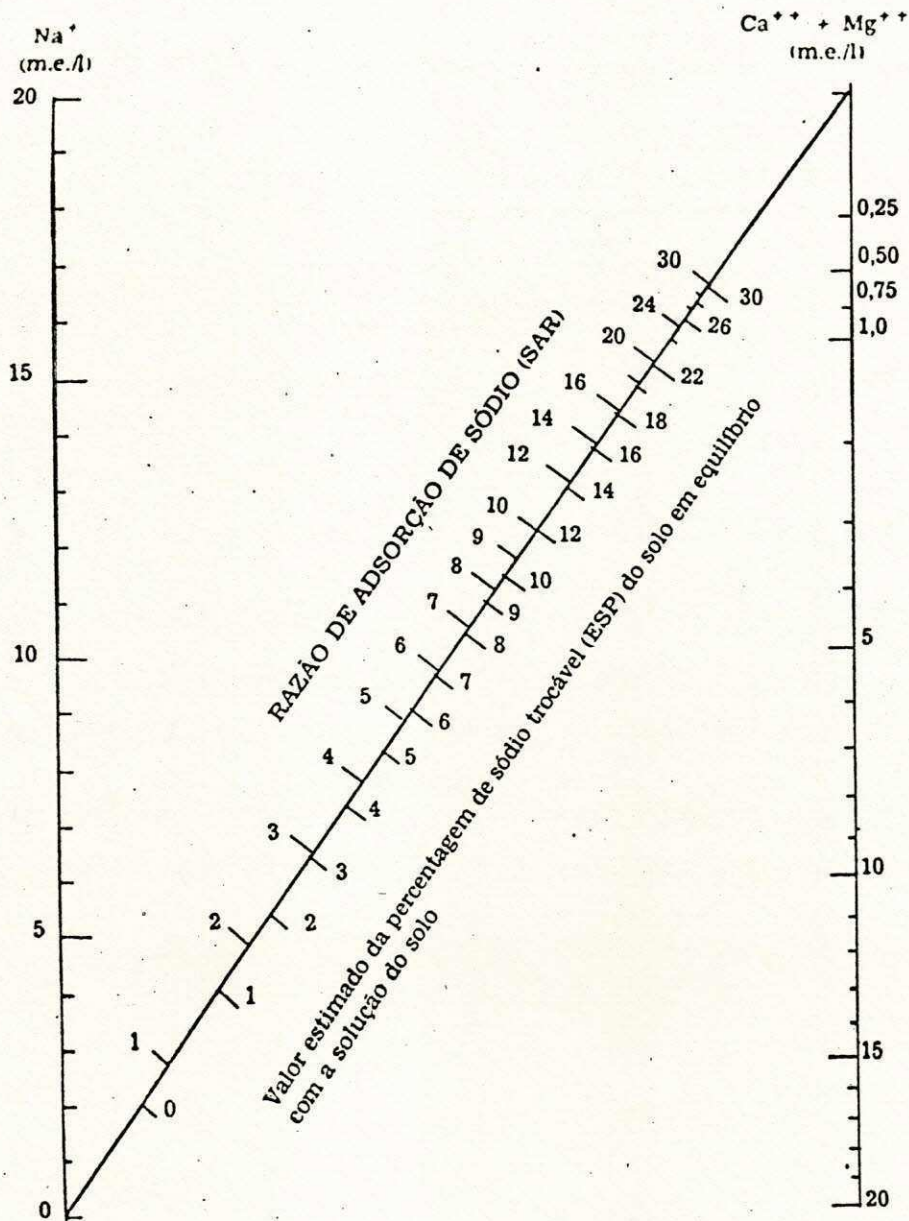
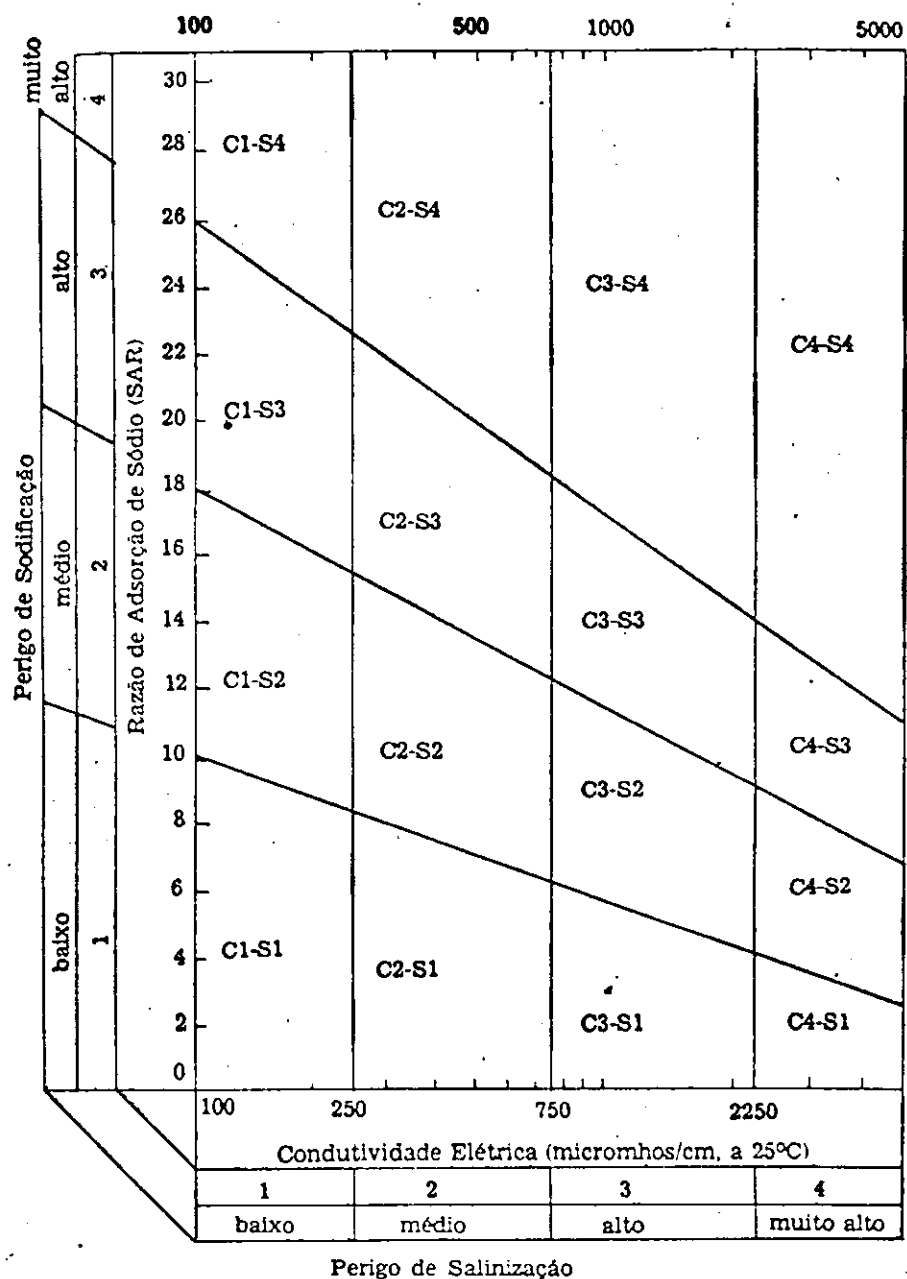


FIGURA 1. Nomograma para determinar a SAR da água para irrigação e estimar o valor correspondente da percentagem de sódio trocável do solo que está em equilíbrio com a referida água, segundo o "U.S. Salinity Laboratory Staff".



Perigo de Salinização

FIGURA 2. Diagrama para classificação da água para irrigação, segundo o «U.S. Salinity Laboratory Staff».

Em razão dessa variação de espécie para espécie, a água para irrigação tem de ser classificada em classes distintas, segundo a sensibilidade da cultura a ser irrigada. Na tabela 2. proposta por SCOF IELD, têm-se os limites da concentração de boro, a fim de classificar as águas para irrigação de culturas, com diferentes graus de tolerância a esse nutriente.

TABELA 2. Limites permissíveis de boro para classificação das águas para irrigação.

CLASSES PARA BORO	PLANTAS SENSÍVEIS (ppm)	PLANTAS SEMITOLERANTES (ppm)	PLANTAS TOLERANTES (ppm)
1 - Excelente	< 0,33	< 0,67	< 1,0
2 - Boa	0,33 a 0,67	0,67 a 1,33	1,00 a 2,00
3 - Permissível	0,67 a 1,00	1,33 a 2,00	2,00 a 3,00
4 - Duvidosa.	1,00 a 1,25	2,00 a 2,50	3,00 a 3,75
5 - Inadequada	> 1,25	> 2,50	> 3,75

d) Efeito da concentração de bicarbonato

Nas águas que contêm concentrações elevadas de íons de bicarbonato, há tendência para a precipitação do cálcio e do magnésio, sob a forma de carbonatos, reduzindo, então, a concentração de cálcio e magnésio na solução do solo e, conseqüentemente, aumentando a proporção de sódio.

A classificação da água para irrigação pode ser feita em função do conceito de "Carbonato de Sódio Residual" (CSR), proposto por Eaton: $CSR = (CO_3^{--} + HCO_3^-) - (Ca^{++} + Mg^{++})$

I - Águas com CSR superior a 2,5 miliequivalentes por litro, não são recomendadas para irrigação.

II - Águas que contenham "CSR" entre 1,25 e 2,5 miliequivalentes por litro, são duvidosas para irrigação.

III - Águas que contenham "CSR" inferior a 1,25 miliequivalentes por litro, são normalmente apropriadas para irrigação.

Acredita-se que com bom manejo da irrigação, no que diz respeito à drenagem e à lixiviação, e com uso apropriado do corretivos, é possível usar, com sucesso, na irrigação, algumas das águas classificadas como "duvidosas".

CLASSIFICAÇÃO PROPOSTA POR THORNE E PETERSON

Essa classificação é bastante semelhante à que foi proposta pelos técnicos do Laboratório de Salinidade dos E.U.A. Mantiveram-se as mesmas classes, quanto ao perigo de sodificação do solo, porém o nº de classes aumentou de 4 para 6, quanto ao perigo de Salinização do Solo.

C_1 - Água com salinidade baixa (CE entre 0 e 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.

C_2 - Água com salinidade moderada (CE entre 250 e 750 micromhos por cm, a 25°C).

Pode ser usada para irrigação de quase todos os vegetais, quando cultivados em solos 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 lixiviação necessária.

C_3 - Água com salinidade média (CE entre 750 a 2250 micromhos/cm, a 25°C).

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

C_4 - 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 aplicada em plantas muito tolerantes aos sais.

C_5 - Água com salinidade muito alta (CE entre 4000 e 6000 micromhos/cm, a 25°C).

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

C_6 - Água com salinidade excessiva (CE acima de 6000 micromhos/cm, a 25°C).

Não deve ser usada para irrigação.

O diagrama da Figura 3,, foi elaborado, segundo essa classificação.

Quanto ao efeito da concentração de boro e de bicarbonato, Thorne e Peterson citam os mesmos limites citados pelos Técnicos do Laboratório de Salinidade dos E.U.A, no "U.S.D.A Handbood nº 60".

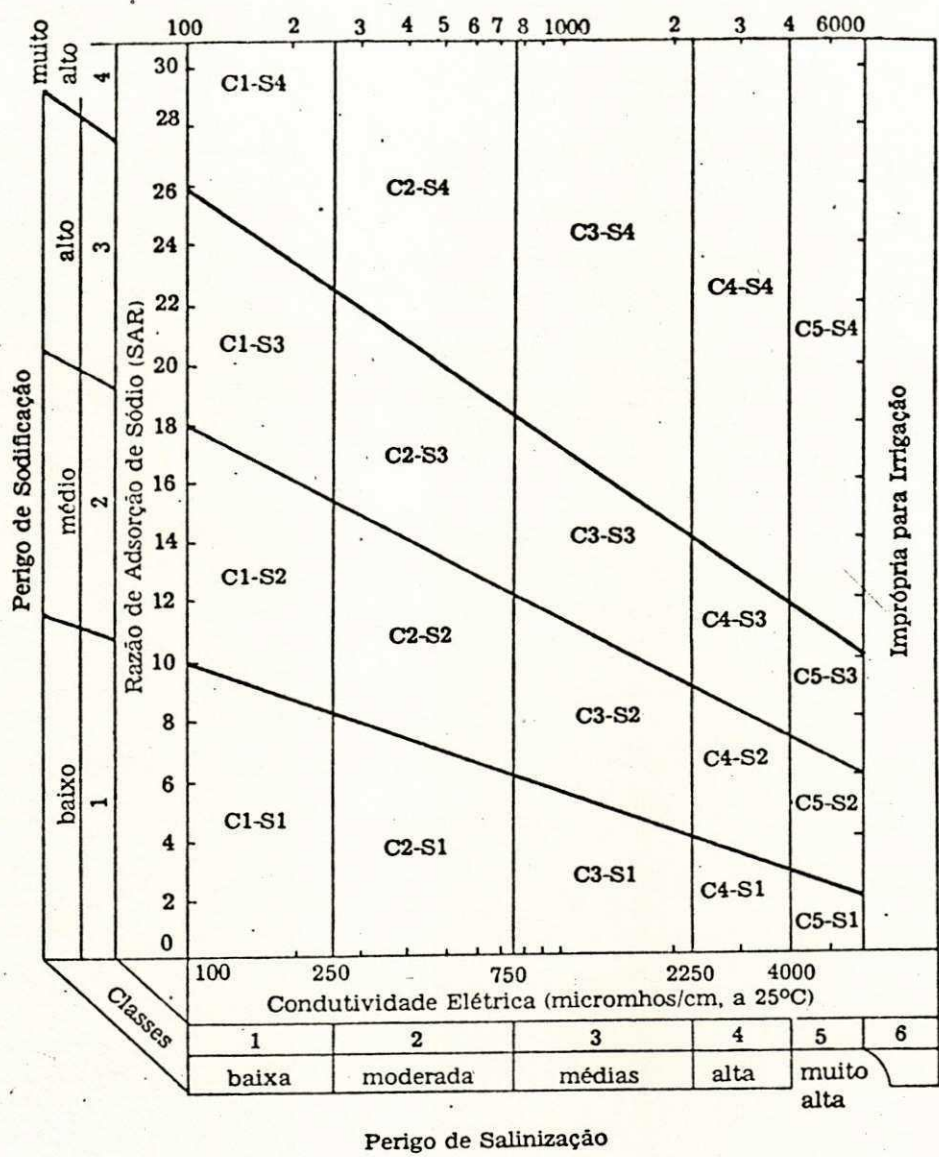


FIGURA 3. Diagrama para classificação da água para irrigação, segundo «THORNE and PETERSON».

Doneen define o termo salinidade efetiva e baseia a classificação da água neste termo. Isso envolve a solubilidade dos sais e as reações que ocorrem na solução do solo.

Alguns dos sais da água de irrigação têm solubilidade limitada, e, conseqüentemente, precipitam-se no solo, à medida que a salinidade da solução do solo aumenta, enquanto os sais solúveis continuam acumulando-se motivo por que aumenta a salinidade da solução do solo. Sendo assim, a salinidade efetiva inclui todos os sais solúveis da água para irrigação, exceto o sulfato de cálcio e o bicarbonato de cálcio e de magnésio, pois se considera que esses sais sejam precipitados, e assim, não podem contribuir para a salinidade do solo. A salinidade efetiva da água para irrigação pode ser estimada pela concentração total de sais na água, menos a concentração de CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ e CaSO_4 , em m.e./l

Na Tabela 3, tem-se a tentativa de classificação da água baseada na salinidade efetiva, para três condições de solo.

Tabela 3.

Condição do Solo	Classe 1	Classe 2	Classe 3
	Salinidade afetiva (m.e./l)		
- Solo com pouca lixiviação, por causa da baixa percolação	3	3-5	5
- Solo com alguma lixiviação porém com restrita e lenta percolação.	5	5-10	10
- Solos abertos, percolação fácil de ser conseguida.	7	7-15	15

Baseado na sua experiência na análise dos projetos de irrigação na Guatemala, os autores propuseram um procedimento mais realista para avaliação da qualidade da água para irrigação, no qual consideram sete fatores que alteram a qualidade da água. São os seguintes os fatores considerados:

- (1) Condutividade elétrica (CE), em milimhos/cm, a 25°C
- (2) Percentagem de sódio (% Na)
- (3) Razão de adsorção de sódio (SAR)
- (4) Carbonato de sódio (Na_2CO_3), em miliequivalentes/litro
- (5) Cloro (Cl^-), em miliequivalente/litro
- (6) Salindade efetiva (SE), em miliequivalente/litro
- (7) Boro (B), em partes por milhão.

A Classificação proposta avalia cada um dos sete fatores em seis classes (Tabela 4).

Nessa classificação, a água deve ser avaliada por fator e não deve ser preestabelecido que a água deva ter a mesma classe para todos os fatores. Ainda, uma água com Classe 1 para todos os fatores será considerada excelente para irrigação, e uma água com classe 6 para todos os fatores não será usável para irrigação sob condição alguma. As classes intermediárias são proporcionais aos extremos.

Tabela 4. Avaliação da qualidade da água, segundo Christiansen e Olsen

CLASSE	CE milimhos /cm (1)	Na^+ (%) (2)	SAR (3)	Na_2CO_3 (m.e./l) (4)	Cl^- (m.e.l) (5)	SE (m.e.l) (6)	B (p.p.m) (7)
1	0,5	40	3	0,5	3	4	0,5
2	1,0	60	6	1,0	6	8	1,0
3	2,0	70	9	2,0	10	16	2,0
4	3,0	80	12	3,0	15	24	3,0
5	4,0	90	15	4,0	20	32	4,0
6	>4,0	>90	>15	>4,0	>20	>32	>4,0

CLASSIFICAÇÃO PROPOSTA POR AYRES E BRANSON

A classificação proposta por Ayres e Branson também se baseia em quatro áreas-problemas:

Salinidade, permeabilidade, toxidade e "diversos".

a) Problema de Salinidade - Estão associados com a quantidade total de sais solúveis na água para irrigação. A salinidade é medida e expressa por meio da condutividade elétrica da água de irrigação.

b) Problema de permeabilidade - Estão normalmente associados com as água para irrigação que contenham elevada concentração de sódio, em relação a cálcio e magnésio. Esses problemas de permeabilidade são avaliados pela modificação do conceito de razão de adsorção de sódio (SAR). Esse novo conceito, proposto pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos, é chamado de Razão de Adsorção de Sódio Ajustado (SAR Ajust.) e acrescenta os efeitos do carbonato e bicarbonato ao conceito antigo de SAR, mediante o valor de pHc, recentemente desenvolvido pelo Laboratório de Salinidade dos E.U.A.

$$\text{SAR ajust.} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}{2}}} [1 + (8,4 - \text{pHc})]$$

O valor de pHc pode ser calculado pela seguinte equação

$$\text{pHc} = (\text{p}K_2 - \text{p}K_c) + \text{p}(\text{Ca} + \text{Mg}) + \text{p}alc$$

em que $\text{p}K_2 - \text{p}K_c$ é obtido, por meio da análise da água para $\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na}$; $\text{p}(\text{Ca} + \text{Mg})$, por meio da análise para $\text{Ca} + \text{Mg}$; $\text{p}alc$, por meio da análise para $\text{CO}_3 + \text{HCO}_3$. Na tablea 5, vêem-se diversos valores na análise da água para irrigação para se calcular o valor do pHc.

Exemplo: Calcular SAR ajust. para uma água cuja análise foi a seguinte

$$\text{Na} = 3,5 \text{ m.e./l}; \text{Ca} + \text{Mg} = 1,0 \text{ m.e./l}; \text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} = 4,5 \text{ m.e./l};$$

$$\text{CO}_3 + \text{HCO}_3 = \text{m.e./l}.$$

Pela Tabela 5, têm-se:

$$pK_2 - pKc = 2,21; pAlc = 2,5$$

$$p(\text{Ca} + \text{Mg}) = 3,3; \text{então } pHc = 2,21 + 3,3 + 2,5 = 8,01$$

$$\text{SAR ajust} = \frac{3,5}{\sqrt{\frac{1,0}{2}}} [1,0 + (8,4 - 8,01)]$$

$$\text{SAR ajust} = 6,88$$

TABELA 5. Parâmetros para o cálculo do pHc da água para irrigação*

Ca + Mg + Na (m.e./l)	$pK_2 - pKc$	Ca + Mg (m.e./l)	$p(\text{Ca} + \text{Mg})$	CO_3 + HCO_3 (m.e./l)	pAlc
0,5	2,11	0,05	4,60	0,05	4,30
0,7	2,12	0,10	4,30	0,10	4,00
0,9	2,13	0,15	4,12	0,15	3,82
1,2	2,14	0,20	4,00	0,20	3,70
1,6	2,15	0,25	3,90	0,25	3,60
1,9	2,16	0,32	3,80	0,31	3,51
2,4	2,17	0,39	3,70	0,40	3,40
2,8	2,18	0,50	3,60	0,50	3,30
3,3	2,19	0,63	3,50	0,63	3,20
3,9	2,20	0,79	3,40	0,79	3,10
4,5	2,21	1,00	3,30	0,99	3,00
5,1	2,22	1,25	3,20	1,25	2,90
5,8	2,23	1,58	3,10	1,57	2,80
6,6	2,24	1,98	3,00	1,98	2,70
7,4	2,25	2,49	2,90	2,49	2,60
8,3	2,26	3,14	2,80	3,13	2,50
9,2	2,27	3,90	2,70	4,0	2,40
11	2,28	4,97	2,60	5,0	2,30
13	2,30	6,30	2,50	6,3	2,20
15	2,32	7,90	2,40	7,9	2,10
18	2,34	10,00	2,30	9,9	2,00
22	2,36	12,50	2,20	12,5	1,90
25	2,38	15,80	2,10	15,7	1,80
29	2,40	19,80	2,00	19,8	1,70
34	2,42				
39	2,44				
45	2,46				
51	2,48				
59	2,50				
67	2,52				
76	2,54				

$$* pHc = (pK_2 - pKc) + p(\text{Ca} + \text{Mg}) + pAlc$$

c) Problema de Toxidade

Certos elementos, mesmo em concentrações baixas, têm efeitos tóxicos para certos vegetais sensíveis, sendo o boro, o cloro e o sódio os principais elementos tóxicos encontrados comumente nas águas para irrigação.

Baseados nesses pontos, os autores prepararam uma tabela (Tabela 6.) para a classificação das águas para irrigação.

Tabela 6. Informações para interpretação da qualidade da água para irrigação.

PROBLEMAS E CONSTITUINTES RELACIONADOS	QUALIDADE DA ÁGUA		
	SEM PROBLEMAS	ACUMULANDO PROBLEMAS	GRANDES PROBLEMAS
Salinidade			
CE da água de irrigação (milimhos/cm)	< 750	750-3000	> 3000
Permeabilidade			
CE da água de irrigação (milimhos)	> 500	< 500	< 200
SAR ajust.	< 6	6-9	> 9
Toxicidade			
(Absorção pelas raízes)			
SAR ajust.	< 3	3-9	> 9
Cloro (m.e./l)	< 4	4-10	> 10
Cloro (ppm)	< 142	142-355	> 355
Boro (ppm)	< 0,5	0,5-2,0	2-10
(Absorção foliar-aspersão)			
Sódio (m.e./l)	< 3	> 3	-
Sódio (ppm)	< 69	> 69	-
Cloro (m.e./l)	< 3	> 3	-
Cloro (ppm)	< 106	> 106	-
Miscelâneas			
NH ₄ - N e NO ₃ - N (ppm)	< 5	5-30	> 30
HCO ₃ (aspersão) (m.e./l)	< 1,5	1,5-8,5	> 8,5
HCO ₃ (aspersão) (ppm)	< 90	90-520	> 520
pH		6,5-8,4	-

MATERIAIS E MÉTODOS

O Solo e a Água usados para as análises, foram provenientes da zona Fisiográfica, Borborema Oriental no município de Puxinanã-Pb. Para a obtenção dos elementos solúveis foi seguida a metodologia proposta por RICHARDS (1954), e para os elementos trocáveis como para as análises físicas foi adotada a metodologia proposta pela EMBRAPA (1979). Já o diagnóstico foi feito de acordo com a U.S. SALINITY STAFF, (1969) (Citado por Daker), e com a EMBRAPA' (1979).

A água analisada seguiu a metodologia proposta por RICHARDS (1954) para a determinação dos elementos solúveis e assim posteriormente seguir sua classificação de acordo com a proposta pela F.A.O., (1985).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Solo

Características Físicas

As características físicas do solo analisado, foram as seguintes:

- . Textura - De acordo com os percentuais de argila, silte e areia encontrados (Quadro 2) e usando-se a carta triangular adotado pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (Figura 2) a textura é Areia Franca. A argila é de atividade baixa com provável predomínio de Ilita.

- . Densidade Aparente, Densidade Real e Porosidade.

- . Os valores encontrados (Quadro 2) foram:

$d_a = 1,7\text{g/cm}^3$, $d_r = 2,69\text{g/cm}^3$ e $\alpha = 37,17\%$, compatíveis portando com a textura do solo.

- . Retenção de Unidade

Como a textura do solo é Areia Franca, os valores relativamente baixos encontrados (Quadro 2) já eram esperados. Foram os seguintes:

$CC = 9,29\%$, $PM = 2,90\%$ e $PS = 21,6\%$.

Características Químicas

Salinidade

Os resultados obtidos das análises foram os seguintes'

(Quadro 1):

PST (Porcentagem de Sódio Trocável) = 1,43

pH (Potencial Hidrogenionico) = 6.44

C_{Ee} (Condutividade Elétrica do extrato de Saturação do Solo = 0,22 mmhos/cm a 25°C.

De acordo com a classificação de RICHARDS (1954), para solos com problemas de sais o solo analisado é considerado normal ou não salino.

Fertilidade.

Foram encontrados os seguintes resultados (Quadro 1):

Ca + Mg - (Cálcio + Magnésio) = 2,58 meq/100g

K - (Potássio) = 0,224meq/100g

Al - (Alumínio) = 0,05meq/100g

P - (Fósforo) = 2,56mg/100g

CTC - (Capacidade de Troca Catiônica) = 4,2meq/100g

M.O - (Matéria Orgânica) = 1,03%

V - (Saturação de Bases) = 68%

Pelo valor apresentados pela CTC e M.O., trata-se de um solo de baixa fertilidade. No entanto, por ter sido adubado recentemente, apresenta nível médio de potássio e alto de fósforo. O baixo teor de M.O., indica deficiência de nitrogênio e portanto maior necessidade deste elemento. A proporção de N, P₂O₅ e K₂O é de (2:2:2). Tabela 5.

O pH levemente ácido e a ausência de alumínio nocivo, indica não haver problemas por estar numa faixa adequada para a maioria das culturas. Quanto a Saturação de Bases, o valor calculado foi V = 68,2%, apresentando-se ideal para o cultivo de milho, sorgo, feijão, soja, adubos verdes, amendoim, girassol, banana, macaújá, goiaba, ameixa, pêssego, nectarina, figo, maçã, marmelo, pera, caqui, roseira e hortaliças em geral. Portanto, não é necessária calagem uma vez que o solo não apresenta alumínio nocivo e a sa

turação de bases satisfaz a maioria das culturas.

2. Água

Os resultados da análise da amostra estão apresentados no Quadro 3.

Quanto ao uso para irrigação as considerações são as seguintes:

- A condutividade elétrica (1479 $\mu\text{hos/cm}$ a 25°C) indica uma salinidade alta limitando portanto a sua utilização para plantas tolerantes.
- Quanto à permeabilidade do solo a condutividade elétrica da água não oferece problemas, no entanto analisando-se a RAS ($8 \text{ m moles/l}^{1/2}$) o valor apresentado indica a possibilidade de problemas com o passar do tempo.
- Os valores de sódio (5,2 meq/l) e cloreto (10,67 meq/l) podem provocar grandes problemas de toxidez, principalmente em plantas pouco tolerantes e sistemas de irrigação que molhem as folhas das culturas como aspersão.
- A quantidade de bicarbonato presente (2,57 meq/l), no caso de sistemas de irrigação que molhem a folha, poderá provocar manchas nas folhas e frutos, reduzindo o valor comercial desses produtos.

CONCLUSÃO

Solo

Pela amostra analisada, o solo em questão é normal, sem problemas de salinidade, o que indica junto às propriedades físicas que ele é apto para a agricultura e aconselhado para prática de irrigação.

Pode-se cultivar uma variedade de culturas, observando algumas restrições. Para suprir as deficiências dos elementos, ve-se aplicar adubos, os quais devem ser colocados na proporção 2:2:2 (N:P:K). Para melhorar as características químicas e físicas é recomendável incorporar adubo orgânico para aumentar a fertilidade e melhorar a estrutura do solo deixando-o mais fofo e arejado, restando mais água e armazenando mais nutrientes.

Água

Pode ser usada preferencialmente para solos com permeabilidade de média para alta. Necessita-se de práticas especiais para o controle da salinização, bem como seleção de plantas com boa tolerância aos sais.

Com relação a adsorção de sódio (RAS), pode ser usada para irrigação, em quase todos os solos, com pequena possibilidade de alcançar níveis perigosos de sódio trocável.

BIBLIOGRAFIA UTILIZADA

- 1 - SALASIER, B. Manual de Irrigação, 4 ed. Viçosa, UFV, Impr. Univ. 1987.
- 2 - DAKER, A. Irrigação e Drenagem; A água na agricultura, 3ª Vol., 7 Ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1988.
- 3 - WITHERS, B. Irrigação: projeto e prática, 3ª ed., Ed. Nobel, 1987.
- 4 - TEMPO DE IRRIGAR: Manual do irrigante / PRONI - São Paulo: Mater 1987.
- 5 - ASBRASIL, Manual Básico Sobre Irrigação, 1985.
- 6 - COELHO, F. Fertilidade do Solo, 2 ed., Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973.
- 7 - MELLO, Francisco de A. F. de, Fertilidade do Solo, São Paulo: Nobel, 1983.
- 8 - VIEIRA, L. S. Manual de Ciência do Solo. Ed. Agr. Ceres. São Paulo, 1975.
- 9 - EMBRAPA, Manual de Métodos de Análises do Solo. Rio de Janeiro, 1979.
- 10- F.A.O - Water Quality for Agriculture, Irrigation and Drainage Paper, 29 Rev. 1. Rome, 1985.
- 11- BRADY, N.C. Natureza e Propriedades dos Solos. 6ª ed. Freitas Bastos, 1983.

A N E X O S

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
 CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
 LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE
 CAMPINA GRANDE – PARAÍBA

Interessado:
 Propriedade:
 Proprietário:
 Nº da(s) Amostra(s):
 Data de Entrega:

QUADRO 1

ANÁLISE DE SOLO

Características Químicas		Profundidade (cm)			
Complexo Sorativo meq/100g de Solo	Cálcio	1,57			
	Magnésio	1,01			
	Sódio	0,06			
	Potássio	0,224			
	S	2,864			
	Hidrogênio	1,29			
	Alumínio	0,05			
	T	4,20			
Carbonato de Cálcio Qualitativo		AUSENTE			
Carbono Orgânico %		0,60			
Matéria Orgânica %		1,03			
Nitrogênio %		-			
Fósforo Assimilável mg/100g		2,56			
pH	H ₂ O (1:2,5)	6,44			
	KCl (1:2,5)	-			
Condutividade Elétrica – mmhos/cm (Suspensão Solo-Água)		0,22			
pH (Extrato de Saturação)		6,4			
Condutividade Elétrica – mmhos/cm (Extrato de Saturação)		0,42			
meq/l	Cloreto	3,00			
	Carbonato	-			
	Bicarbonato	1,40			
	Sulfato	-			
	Cálcio	1,25			
	Magnésio	2,00			
	Potássio	0,80			
	Sódio	0,38			
Porcentagem de Saturação		21,6%			
Relação de Adsorção de Sódio		0,3			
P S I		1,43			
Salinidade		Baixa (nãoSalina)			
Classe de Solo		Normal			
Recomendações:					
Analista					
Visto					

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
 CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
 LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE
 CAMPINA GRANDE – PARAÍBA

Interessado:
 Propriedade:
 Proprietário:
 N.da(s) Amostra(s)
 Data de Entrega:

53

QUADRO 2

ANÁLISE DE SOLO

Características Físicas		Profundidade (cm)			
Granulometria %	Areia	86,96%			
	Silte	6,0%			
	Argila	7,04%			
Classificação Textural		Areia Franca			
Densidade Aparente g/cm ³		1,70			
Densidade Real g/cm ³		2,69			
Porosidade %		37,17%			
Umidade - %	Natural	0,5%			
	0,10 atm	-			
	0,33 atm	9,29%			
	Equivalente	-			
	1,00 atm	-			
	5,00 atm	-			
	10,00 atm	-			
	15,00 atm	2,90%			
Água Disponível		6,39			

Observações:

Analista

Visto

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
 CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
 LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE
 CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

Interessado:
 Propriedade:
 Proprietário:
 N.º da(s) Amostra(s):
 Data de Entrega:

QUADRO 3

ANÁLISE DE ÁGUA

Condutividade Elétrica - umhos/cm a 25° C		1470
Potencial Hidrogeniônico (pH)		7,44
meq/l	Cálcio	1,20
	Magnésio	2,11
	Sódio	5,2
	Potássio	0,212
	Carbonatos	-
	Bicarbonatos	2,57
	Cloretos	10,67
	Sulfatos	-
Relação de Adsorção de Sódio (RAS)		4,04
Classe de Água		C ₃ S ₁

Recomendações:

 Analista

 Visto

TABELA - 01

NÍVEIS CRÍTICOS

INTERPRETAÇÃO	ELEMENTOS			
	FÓSFORO (ppm)	POTÁSSIO (ppm)	CÁLCIO+MAGNÉSIO (me/100g)	ALUMÍNIO (me/100g)
BAIXO	0 - 10	0 - 45	0 - 2,0	0 - 0,3
MÉDIO	11 - 20	46 - 90	2,1 - 6,0	-
ALTO	21 - 30	91 - 135	6,1 - 10,0	> 0,3
MUITO ALTO	> 30	> 136	> 10,0	-

T A B E L A - 03

Classificação das culturas de acordo com níveis de adubação

NÍVEL	C U L T U R A S	UNIDADE BÁSICA
A	Milho, pastagem (incluindo capineiras) mandioca, batata-doce, feijão, arroz, algodão, amendoim, fava, fumo, aveia, café (instalação), sorgo, soja, agrião eucalipto, xuxu, kiri.	20 Kg/ha
B	Cana, batatinha, banana, cebola	30 Kg/ha
C	Abacate, caqui, cajú, cítricos, maçã, pêra, côco-da-bahia, figo, marmelo, melância, pêssego, uva, abacaxi, goiaba, manga, maracujá, ameixa, mamão, melão, abil, fruto-do-conde, nêspera, alho, alface, chicória, almeirão, cenoura, abóbora, pepino, rabanete, couve, beterraba, vagem, espinafre, esporgo, café (manutenção).	40 Kg/ha
D	Repolho, couve-flor, brócolos, quiabo, ervilhas.	50 Kg/ha
E	Tomate, pimentão, beringela, filó, maxixe, flores em geral.	60 Kg/ha

T A B E L A - 04

AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE

<u>CLASSE</u>	<u>CTC (meg/100g)</u>
Baixo	< 4,62
Médio	4,62 - 11,3
Alto	>11,3

VALORES DE SATURAÇÃO DE BASES (V2) ADEQUADOS PARA CALGEM DE DIVERSAS CULTURAS

<u>CULTURA</u>	<u>V2 (%)</u>	<u>OBSERVAÇÕES</u>
A. Cereais		
arroz sequeiro	50	não aplicar mais de t/ha de cal cário/vez
arroz irrigado	50	não mais de 4 t/ha
milho e sorgo	70	não mais de 8 t/ha
trigo (sequeiro/irrigado)	60	não mais de 4 t/ha
B. Leguminosas		
feijão, soja e adubos verdes	70	
C. Oleaginosas		
amendoim e girassol	70	
mamona	60	
D. Hortaliças		
abóbora, moranga, pepino, chuchu, etc	70	
E. Fruteiras Tropicais		
acabaci	60	
banana	70	
mamão	80	
abacate e manga	60	
maracujá e goiaba	70	
F. Fruteiras Clima Temperado		
ameixa, pêsego, nectarina, figo, maçã	70	
marmelo, pera, caqui	70	
uva	80	
G. Pastagens		
leguminosas: alfafa leucena, soja perene, capins: rodes, jaragua estrela, napier, pangola, coast-cross e green panic (para fenação)	60	
H. Plantas Ornamentais		
herbáceas	60	
arbustivas	60	
roseiras	70	
gramados	60	