

**EMBRAPA**

Centro de Pesquisa Agropecuária
do Trópico Semi-Árido (CPATSA)
BR - 428 km - 152 Rod. Petrolina/Lagoa Grande
Fone: (081) 961 - 4411
Telex (081) 0016
Caixa Postal, 23
56.300 - PETROLINA - PE

DOCUMENTOS

Nº 50, agosto/88, p.1-16

ASPECTOS GERAIS SOBRE SALINIDADE EM ÁREAS IRRIGADAS: ORIGEM DIAGNÓSTICO E RECUPERAÇÃO¹

Gilberto Gomes Cordeiro²

INTRODUÇÃO

Os problemas de acumulação de sais solúveis e sódio trocável nos solos irrigados das regiões áridas e semi-áridas são muito antigos, e sua origem remonta-se à própria origem da irrigação.

A maior parte dos solos salinos e sódicos ocorre principalmente, em regiões áridas e semi-áridas, onde os processos de salinização e sodificação são freqüentemente acelerados por irrigação pouco eficiente e insuficiente drenagem. Os sais solúveis do solo consistem em grande parte e em proporções variadas dos cátions, sódio, cálcio e magnésio e dos ânions cloreto e sulfato, sendo que, em quantidades menores, se encontram os ânions, bicarbonato, carbonato e nitrato. As fontes originais, das quais provêm estes sais são os minerais expostos da crosta terrestre.

Muitos dos problemas relacionados com excesso de sais e sódio trocável, são inerentes ao solo no estado virgem. Outros entretanto, aparecem após terem sido submetidos a irrigação. Assim, nas áreas irrigadas é comum o surgimento de salinidade provocada pela água de irrigação, contendo concentrações elevadas de sais, decorrentes de práticas de manejo, que não visam a conservação da capacidade produtiva dos solos, como sistema de drenagem insuficiente, quantidade inadequada de água e uso indiscriminado e excessivo de fertilizantes (Hayward & Wadleigh 1949; Lysterly & Longenecker 1962; McNeal 1976).

Os efeitos adversos da salinidade sobre as plantas, constituem um dos fatores limitantes da produção agrícola, devido principalmente, ao aumento do potencial osmótico do solo e toxidez resultante da concentração salina e dos

¹ Trabalho apresentado no "III Seminário de Irrigação e Drenagem". Cruz das Almas, BA, de 07 a 11 de outubro de 1985.

² Eng. Agr., M.Sc., EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), Caixa Postal 23, 56300 Petrolina, PE.

ções específicos. Em solos sódicos, o efeito é mais sobre as características físicas do solo, devido a dispersão dos colóides, provocando desestruturação do solo, criando problemas de compactação, diminuindo conseqüentemente a aeração e dificultando o movimento de água e desenvolvimento radicular, além do efeito tóxico do sódio.

Na região semi-árida do Nordeste, o "déficit hídrico" atinge mais de 2.000mm por ano, favorecendo assim, a acumulação de sais solúveis e sódio trocável em algumas áreas irrigadas do Nordeste. De acordo com a revisão realizada por Pereira (1983), no levantamento de solos dos Estados da Bahia ao Ceará totalizando 1.110.000km², foram delimitadas áreas correspondentes a 85.931km² de solos afetados por sais, representando 7,74% da área mapeada destes Estados. A Tabela 1 mostra a distribuição destes solos por Estado, estando incluídos Planossolos Solódicos, Solonetz Solodizados, Solonchack Solonetzicos, Solos Halomórficos e outros, isto, sem considerar as áreas com problemas de sais e sódio dos perímetros irrigados em operação e solos aluvionais dos vales dos rios (Mello et al. 1967).

Os solos dos perímetros irrigados do Nordeste são, na sua quase totalidade, do tipo Aluvional, caracterizados por extremas variabilidades horizontal e vertical, tanto no aspecto físico como químico. Em geral, são de textura média e pesada, profundos, de boa fertilidade, porém pobremente drenados. Além disso, muitos destes solos apresentavam originalmente, altos teores de sais, condição que foi agravada com o advento da irrigação. Caso não sejam adotadas medidas preventivas eficientes, a área salinizada será,

TABELA 1. Áreas de solos afetados por sais em sete estados do Nordeste, segundo o Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Total 85.931km².

Solos	Estados							TOTAL
	CE	RN	PB	PE	AL	SE	BA	
Planossolo Solódico	12.708	3.690	944	5.165	3.370	2.098	30.516	58.491
Solonetz Solodizado	8.436	4.064	2.769	2.654	393	1.013	5.161	24.490
Solonchack Solonétzico	450	837	-	-	-	-	-	1.287
Halomórfico	18	-	-	-	-	-	-	18
Outros	1.645	-	-	-	-	-	-	1.645
TOTAL	23.257	8.591	3.713	7.819	3.763	3.111	35.677	85.931
%	27%	10%	4,3%	9,1%	4,4%	3,6%	41,5%	100%

DOC/50, CPATSA, agosto/88, p.3

por certo, rapidamente aumentada. A baixa permeabilidade da maioria dos solos torna difícil a recuperação destas áreas, pois não permite que os sais lixiviados atinjam os drenos (Pizarro 1976).

Segundo Goes (1977) cerca de 25% dos solos irrigados no Nordeste estão afetados por sais, percentagem esta considerada bastante otimista, quando levantamentos mais recentes realizados por Cordeiro (1977) nos solos do Projeto de Irrigação de São Gonçalo mostraram que só na área em operação, 24% está afetada por sais, isto sem considerar as áreas já abandonadas que apresentam elevados teores de sais. Esta situação repete-se de maneira geral, nos projetos de irrigação implantados no Nordeste, onde extensas áreas estão fora de operação, por apresentarem condições adversas ao desenvolvimento e produção rentável das culturas, necessitando serem recuperadas e incorporadas ao processo produtivo, com exceção a maioria dos projetos da CODEVASF, os quais são irrigados com água do São Francisco, de excelente qualidade para fins de irrigação.

2. SOLOS AFETADOS POR SAIS SOLÚVEIS E SÓDIO TROCÁVEL

2.1. Origem:

Israelsen e Hansen (1975), afirmam que durante o processo de intemperização química, que implica em hidrólise, hidratação, redução, oxidação e carbonatação, os constituintes das rochas são liberados gradualmente e tornam-se mais solúveis. Por outro lado, Kovda (1964), afirma que as áreas irrigadas situadas em regiões desérticas e semi-desérticas, em lugares de pouca drenagem natural, terras baixas de zonas lacustres e costeiras, cedo ou tarde experimentam um aumento de águas freáticas e seus solos ficam expostos a salinidade.

A acumulação de sais e sódio nos solos, é um fenômeno observado sob condições de aridez. A alta taxa de evaporação e baixa precipitação pluviométrica, associadas às características do material de origem e às condições geomorfológicas e hidrológicas, condicionam a formação de solos com teores elevados de sais solúveis e sódio trocável (Whitemore 1975).

Em áreas irrigadas, as causas diretas que influenciam o aparecimento de problemas de salinidade, podem assim se resumir: irrigação com volume excessivo de água provocando elevação do lençol freático; filtração de canais de distribuição; uso de água de irrigação com alta concentração salina; sistematização do solo e flutuação do lençol freático e manejo do solo e da água. (Thorne & Thorne 1954; Lewis & Juve 1956). O aumento das concentrações de sais e sódio trocável, pode ocorrer nos solos sob irrigação, mesmo com água de boa qualidade, desde que as características físico-químicas e hidrodinâmicas do solo sejam desfavoráveis, as águas usadas na irrigação, são de diferentes origens e apresentam condutividade elétrica (CE), que varia de 0.08 a mais de 5.500mmhos/cm (50 a 3.500ppm) e a relação de adsorção de sódio (RAS), até mais de 30 (Richards 1954). Com base na CE, as águas

DOC/50, CPATSA, agosto/88, p.5

A água atualmente utilizada nos perímetros irrigados do Nordeste, é proveniente em quase sua totalidade de reservatórios superficiais (exceção aos perímetros da CODEVASF), armazenada durante a estação chuvosa, apresentando, com algumas exceções, valores de CE 0,75 e para o percentual de sódio, valores abaixo de 60% (Mello et al. 1967), sendo considerada de boa qualidade não deveria apresentar maiores problemas para irrigação, sob condições adequadas de manejo. Todavia, em decorrência do inadequado balanço de sais, comumente verificado, normalmente por problemas de drenagem, observa-se uma gradativa salinização do perfil irrigado e um progressivo aumento das áreas problemáticas (Richards 1954). Entretanto, devemos salientar que, mesmo nas regiões áridas e semi-áridas, o problema de salinidade é de maior importância econômica e social, quando em consequência da irrigação, um solo não salino se torna salinizado.

A mais importante fonte de água para irrigação, é o rio São Francisco, cuja água contém baixos teores de sais, sendo classificada como C1S1. Em alguns casos são usadas também águas de poços que apresentam concentrações elevadas de sais, chegando mesmo a limitar seu uso para irrigação (Valdivieso & Cordeiro s.d.). Ainda com relação às águas subterrâneas, devido ao embasamento cristalino, predominante em grande parte do semi-árido, não ocorrem grandes quantidades, sendo encontradas em aquíferos localizados e, geralmente, são consideradas marginais para irrigação.

2.2. Diagnóstico, Caracterização e Classificação:

Solos afetados por sais contém sais solúveis e/ou sódio trocável, em quantidades suficientes para reduzir ou interferir no desenvolvimento e, conseqüentemente, na produção das culturas (Kelley 1951; Black 1968; Kovda 1973), os sais solúveis são constituídos principalmente dos íons: Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , Cl^- , $\text{SO}_4^{=}$ e HCO_3^- e, às vezes, de K^+ , $\text{CO}_3^{=}$ e NO_3^- (Whitemore 1975). As proporções e concentrações destes íons na solução do solo, variam tanto horizontal como verticalmente, tendo acentuada influência nesta distribuição, a topografia, textura do solo e condições climáticas (Hayward & Wadleigh 1949; Richards 1954). Existem várias classificações de solos afetados por sais, cada uma das quais com vantagens e desvantagens. As três classificações mais importantes são: a Russa, a Francesa e a Americana, todavia, neste trabalho será enfocada a classificação mais simples e prática, baseada na classificação proposta pelo U.S. SALINITY LABORATORY STAFF 1954 e que é baseada no pH, condutividade elétrica do extrato de saturação (CEe) e porcentagem de sódio trocável (PST). Segundo esta metodologia o solo é considerado salino, quando tem o $\text{pH} < 8,5$, $\text{CEe} > 4,0 \text{ mmhos/cm}$ e $\text{PST} < 15$; salino sódico, quando tem o $\text{pH} < 8,5$, $\text{CEe} > 4,0 \text{ mmhos/cm}$ e $\text{PST} > 15$ e sódico quando tem $\text{pH} > 8,5$, $\text{CEe} < 4,0 \text{ mmhos/cm}$ e $\text{PST} > 15$. Na Tabela 2 apresenta-se uma síntese da classificação anterior.

Para realização de um bom diagnóstico e classificação de um solo, com problemas de sais solúveis e sódio trocável, é indispensável a realização

DOC/50, CPATSA, agosto/88, p.6

TABELA 2. Classificação de solos segundo o U.S. SALINITY LABORATORY STAFF 1954.

Solos	C.E. 10^3 (mmhos/cm)	PST	pH
Normais	< 4 milimhos	< 15	< 8.5
Salinos	> 4 milimhos	< 15	< 8.5
Salinos-sódicos	> 4 milimhos	> 15	< 8.5
Sódicos	< 4 milimhos	> 15	> 8.5

de uma amostragem de solo, com uma metodologia específica, de acordo com o tipo de estudo que se pretende efetuar, com base no qual se deve definir a frequência e o método de amostragem, a extensão da área de estudo, o tamanho da amostra e o processamento posterior da mesma que, por sua vez, estão ligados aos recursos disponíveis, capacidade de trabalho do laboratório de análise e precisão desejada. Atualmente, tem-se usado uma metodologia de amostragem na intersecção de uma quadrícula, cuja equidistância varia com a área e a finalidade do estudo. Naturalmente que, quanto maior for o número de amostras, mais exata será a estimativa.

Algumas sugestões a respeito de como coletar e manejar as amostras, são dadas a seguir:

- as perfurações para coleta de amostra devem ser tomadas em quadrículas, utilizando-se o trado, colocando-se as amostras em sacos plásticos ou de pano com anotações em etiquetas no interior e exterior dos mesmos. Os locais de sondagem devem ser marcados em mapas da área. As amostragens devem ser feitas pelo menos até 90cm de profundidade, nas seguintes espessuras: 0 a 30, 30 a 60 e 60 a 90cm, tomando-se pelo menos 1kg de solo, para realização das seguintes determinações químicas: pH, condutividade elétrica do extrato de saturação, cátions trocáveis (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ e K^+) e cátions e ânions solúveis.

Com base nos dados de análise química, traçam-se mapas de isolinhas químicas, para definir as áreas com diferentes graus de problemas, segundo classificação de Richards (1954) e seguindo metodologia de Peña (1968/1969). Inclui-se a figura 2 que mostra os problemas de sais do setor 37, do Projeto de Irrigação de São Gonçalo, PB.

3. RECUPERAÇÃO

São práticas destinadas a devolver ao solo seu potencial para melhor produção agrícola, melhorando suas características físico-químicas e liberando dos efeitos negativos dos sais solúveis e do sódio trocável.

Práticas adequadas de manejo, visando a recuperação de solos com excesso de sais solúveis e sódio trocável ou com o objetivo de evitar o aumento

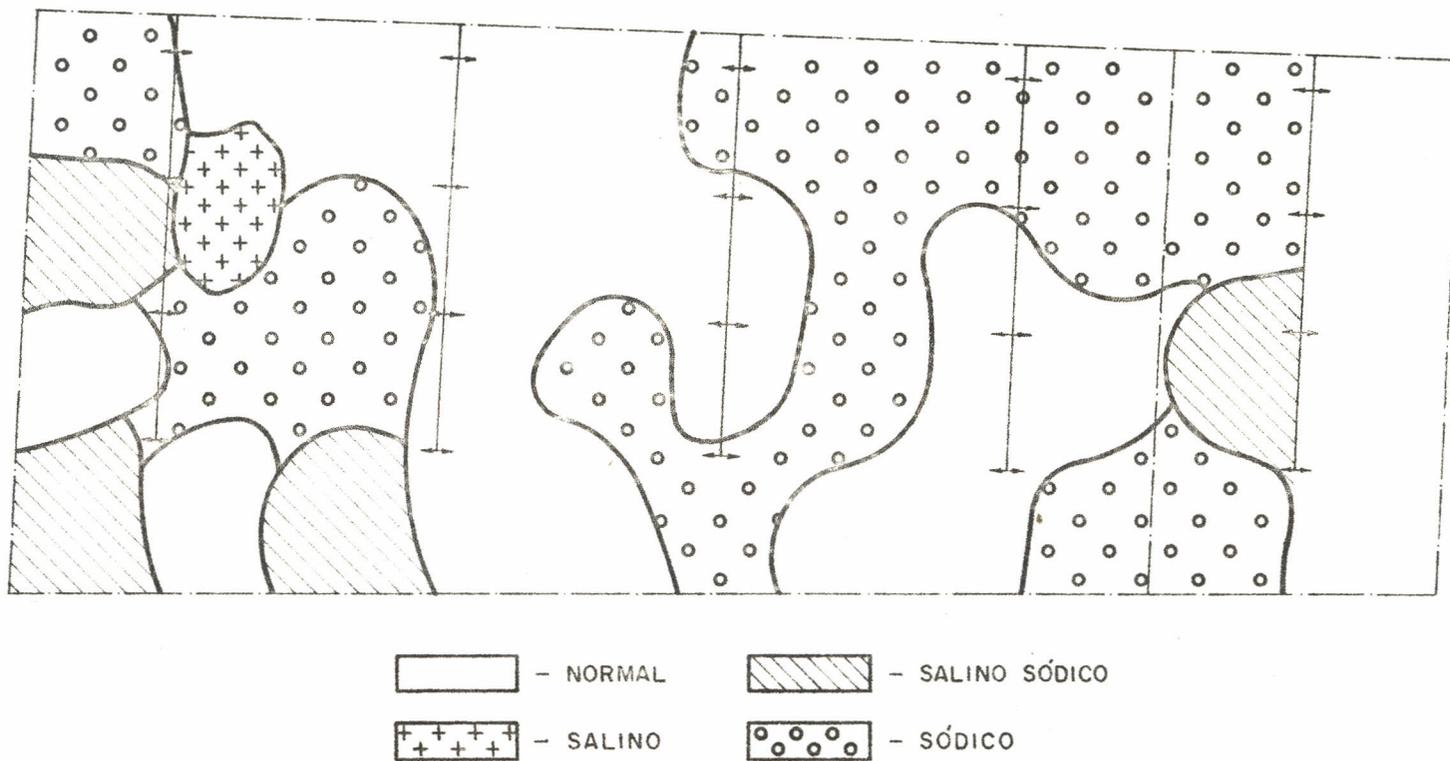


FIG. 2. Problemas de sais no setor 37 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

DOC/50, CPATSA, agosto/88, p.8

da porcentagem de sódio trocável (PST), a níveis que dificultem ou mesmo impeçam sua utilização para agricultura, são feitas normalmente, levando-se em consideração as características físicas e químicas do solo, clima, qualidade da água, métodos e frequência de irrigação, sistema de drenagem, preparo do solo, incorporação de resíduos orgânicos, uso de fertilizantes e manejo de cultura, tanto em solos normais, sob condições de irrigação, como na recuperação de solos afetados por sais e sódio (Fuller 1979).

O diagnóstico prévio, identifica o tipo (solo salino, solo sódico, solo salino-sódico) e o grau de afetação, assim como, a origem do problema, permitindo definir as medidas de recuperação apropriadas e a sua viabilidade técnico-econômica.

Na recuperação de solos salinizados, basicamente, se utilizam duas técnicas fundamentais, que são: lavagem dos sais de solo e uso de melhoradores químicos. Em seguida, trata-se da recuperação de solos salinos e sódicos, respectivamente. Todavia, existem técnicas auxiliares (técnicas mecânicas ou físicas, técnicas biológicas e técnicas elétricas), cuja função é basicamente, aumentar a eficiência das técnicas fundamentais.

No caso da recuperação de solos salinos, torna-se necessária a eliminação de sais solúveis do perfil do solo, num grau suficiente e a uma adequada profundidade, que permita o desenvolvimento das culturas.

A recuperação de solos sódicos é um pouco mais complexa, pois não é necessário somente lavar o excesso de sais solúveis, como também promover a substituição de sódio trocável por cálcio trocável no complexo coloidal do solo.

3.1. Recuperação de Solos Salinos:

Consiste em fazer passar, através do perfil do solo, uma quantidade suficiente de água de boa qualidade, cuja função será dissolver e transportar os excessos de sais solúveis, a camadas mais profundas (lixiviação), para sua conseqüente evacuação por drenagem geralmente artificial, para isto, um sistema de drenagem subterrânea artificial, será então, de grande importância no processo, contribuindo à evacuação dos sais, mantendo o lençol freático a profundidades que não permitam re-salinização e interceptando fluxos de água subterrânea, que se constituem em possíveis fontes de salinização. As Figuras 3 e 4 mostram os resultados da lavagem de um solo salino.

As culturas diferem na sua tolerância à salinidade (Fig. 5) e quase que a totalidade é mais sensível no período de germinação e emergência. A eliminação dos sais, até níveis aceitáveis pelas culturas, evitará os efeitos de "stress", que limitam a capacidade de absorção de umidade e nutrientes pela planta e os efeitos tóxicos de íons seletivos, melhorando a produção e produtividade agrícola.

DOC/50, CPATSA, agosto/88, p.9

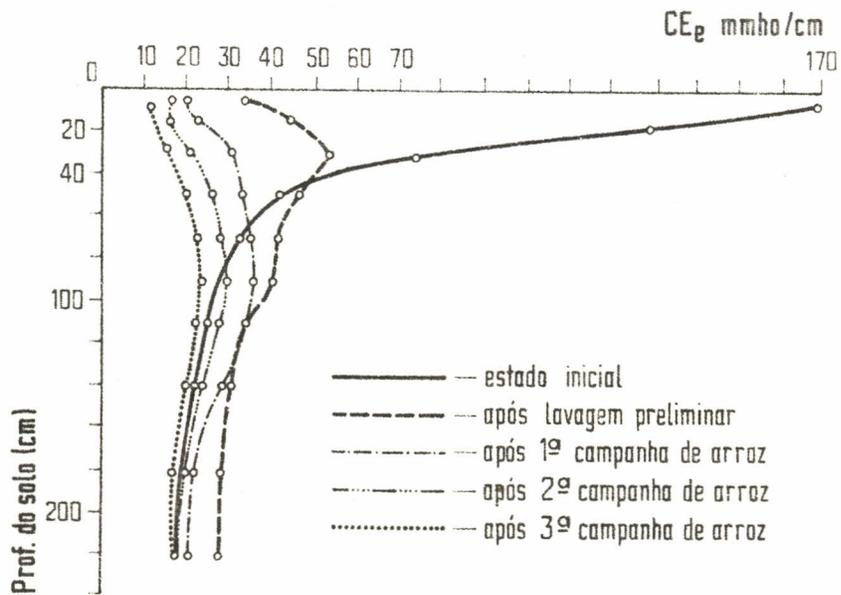


FIG. 3. Processo de desalinização.

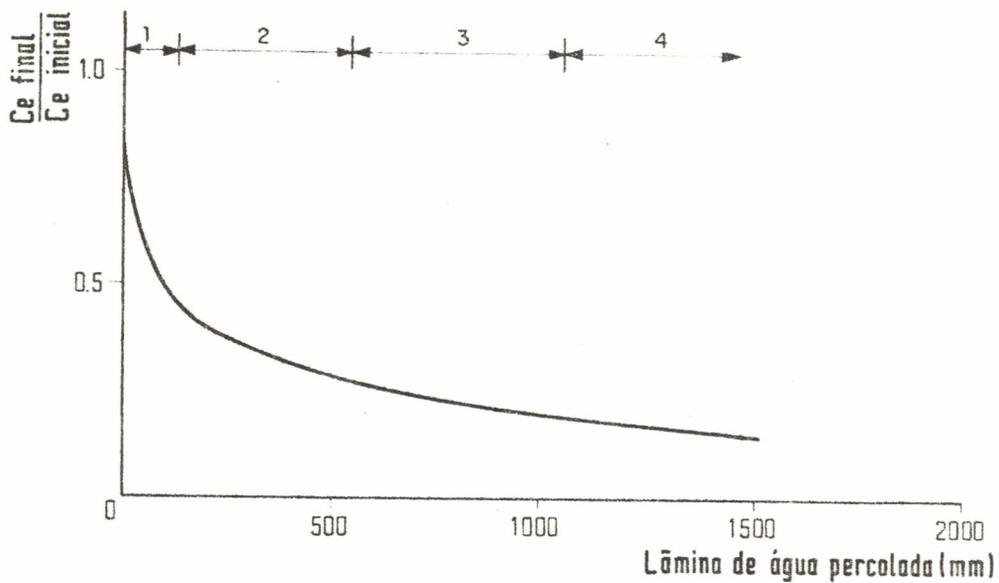


FIG. 4. Curva de desalinização.

No processo de recuperação pode-se, depois de lavagens iniciais, que favoreçam a camada superficial, tentar introduzir culturas tolerantes (arroz, algodão), de tal modo que permitam um retorno mínimo, para compensar o investimento da recuperação.

O método de aplicação de água com fins de lavagem mais utilizado, é por

DOC/50, CPATSA, agosto/88, p.10

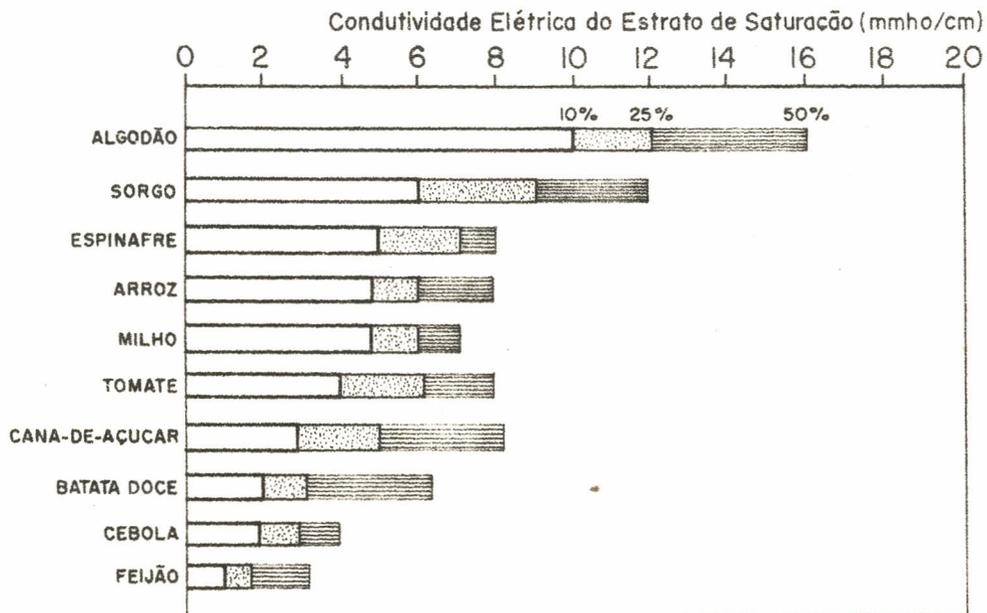


FIG. 5. Tolerância de algumas culturas aos sais. (Valdivieso 1983).

inundação, embora alguns autores façam menção, de uma maior efetividade com aspersão (Valdivieso 1983). Importante também, é determinar a quantidade de água necessária e o tempo requerido para lavagem ou desalinização de um perfil, isto tem sido estudado com proposição de modelos teóricos, baseados em fórmulas matemáticas que explicam o processo (Molen & Hoorn 1976).

3.1.1. Testes de Lavagem: é recomendável a determinação dos volumes necessários de água e o tempo requerido de lavagem, mediante testes diretos no campo.

3.1.2. Curvas de Lavagem: com base nos resultados dos testes de lavagem, mostra-se a desalinização desde um valor inicial de CE, até um valor final, em função da quantidade de água efetiva de lavagem, na profundidade do solo requerido. A Figura 6 mostra alguns exemplos de curvas de lavagem, para diferentes tipos de solo (Hulsbos & Boumans 1963; Alta et al. 1976).

3.1.3. Requerimento de Lavagem: quantidade de água de irrigação necessária para manter equilíbrio de sais. Pode ser calculado, analiticamente, com um balanço de água e sais no perfil do solo.

$$\text{Balanço de Água: } I + P + G = E + R + W \quad \text{eq. (1)}$$

$$\text{Balanço de Sais: } IC_i + PC_p + GC_g = RC_r + \Delta Z$$

DOC/50, CPATSA, agosto/88, p.11

onde:

- I = lâmina efetiva de irrigação;
 P = lâmina efetiva de precipitação;
 G = lâmina efetiva de ascensão capilar;
 E = lâmina efetiva de evapotranspiração;
 R = lâmina efetiva de percolação profunda;
 ΔW = mudança (perda ou ganho) de umidade do solo;
 C = concentração dos sais nas águas de irrigação (i), precipitação (p), capilaridade (g) e de percolação (r).

A equação de balanço de água, muda. Para períodos longos (um ano), esta equação é assim representada. $\Delta W \sim 0$.

$I + P = E + R^*$ eq.(2) onde $R^* = R - G$ = requerimento de lavagem, aceitando que a concentração salina da água de chuva, seja zero, ademais para condições de equilíbrio.

$G_g = Cr$; e $Z^* = 0$, então:

$I C_i = K^* C_r$, eq.(3).

Resolvendo as equações 2 e 3 simultaneamente, obtém-se:

$R^* = (E - P) C_i / C_r - C_i$ substituindo, C_r de 1 tem-se:

$R^* = (E - P) C_i / f(C_{fc} - C_i)$ que é a expressão do requerimento de lavagem.

3.2. Recuperação de Solos Sódicos:

Consiste em incorporar substâncias ao solo sódico, com a finalidade de solubilizar o cálcio existente no solo ou agregar diretamente o cálcio em forma solúvel, com o objetivo de substituir o sódio por cálcio, no complexo de troca.

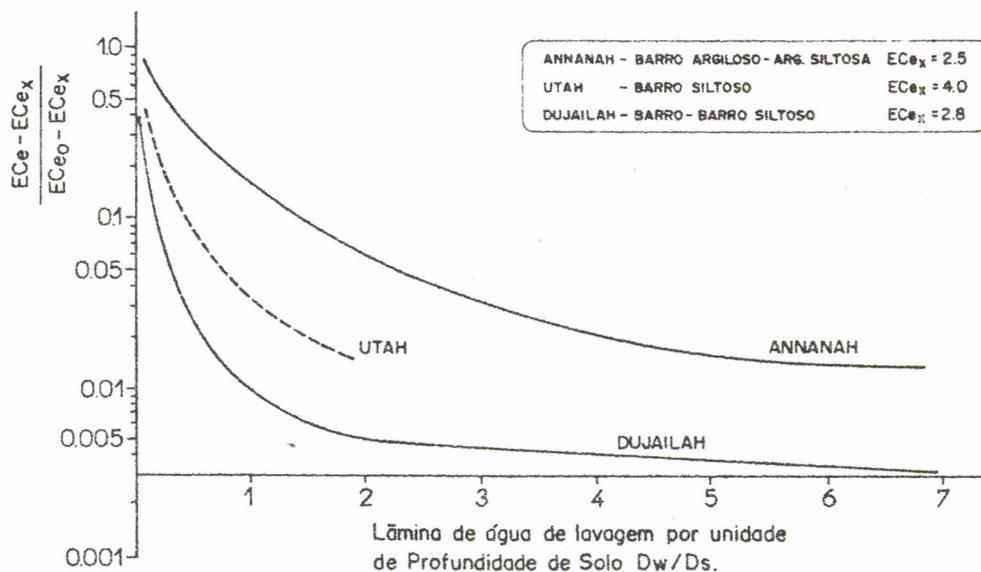


FIG. 6. Curva de lavagem para diferentes tipos de solo. (Hulsbos & Boumans).

DOC/50, CPATSA, agosto/88, p.12

Na recuperação dos solos afetados por sódio, são usados vários tipos de corretivos, tais como: gesso, enxofre, sulfato de alumínio, cloreto de cálcio, ácido sulfúrico e outros. Entretanto, o gesso é o produto mais usado, devido ter um custo mais baixo. Todavia, a seleção de uma destas substâncias, dependerá das características do solo, velocidade de recuperação desejada e limitações econômicas. No caso de solos contendo carbonatos e bicarbonatos, normalmente são usados produtos que, através das reações no solo formam Na_2SO_4 , para posterior eliminação através da drenagem. Entre estes produtos o mais comum é o enxofre. O gesso, ou outro corretivo similar, usado para correção de solos contendo excesso de sódio, pode promover a floculação dos colóides, contribuindo para uma melhor estruturação do solo. Isto é, conseguido como efeito da substituição de cátion dissociador sódio, pelo cátion divalente cálcio, liberado pelo corretivo adicionado (Pereira et al. 1985).

A quantidade de sódio removido ou a taxa de decréscimo da PST e o pH do solo, são parâmetros físico-químicos utilizados para avaliar a eficiência do corretivo no melhoramento de solos, com excesso de sódio. Da mesma forma, a taxa de infiltração e a condutividade hidráulica, são também parâmetros físicos, que podem ter o mesmo objetivo em relação às características físicas do solo (Pereira et al. 1985).

A eficiência do corretivo pode ser definida também, através da relação entre a quantidade de sódio substituído e a de cálcio adicionado, expressos como e.mg/100g de solo (Schaimbert et al. 1982).

A quantidade de corretivo é calculada, em função do sódio trocável existente no solo e da capacidade de troca de cátions do solo ou em função de "necessidades de gesso" (NG), determinada diretamente no solo (Richards 1954). A recuperação de solo com excesso de sódio é uma prática difícil e onerosa, que exige conhecimento das características do solo, do corretivo e da água a serem usadas, a fim de propiciar a eliminação dos sais que vão se formar como resultado das reações do corretivo no solo.

No NE do Brasil, o gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), é encontrado em grande quantidade na Serra do Araripe, nos Estados de Pernambuco, Ceará, Centro da Região Semi-Árida. Atualmente com o desenvolvimento da indústria de fertilizantes fosfatados, grandes quantidades de gesso são liberadas, como subproduto, denominado "fosfogesso", que pode ser usado na recuperação de solos, com excesso de sódio (Pereira et al. 1985).

3.2.1. Cálculo da Quantidade de Corretivo: as quantidades de corretivos a serem aplicadas, são calculadas, com base na capacidade de troca de cátions do solo, da porcentagem de sódio trocável (PST), que se deseja substituir, da profundidade e superfície do solo a recuperar, com o objetivo de substituir uma quantidade de sódio que seja suficiente para baixar a PST, a tal limite, que assegure ao solo adquirir boas condições estruturais.

DOC/50, CPATSA, agosto/88, p.13

O cálculo da necessidade de gesso pode ser calculada com a seguinte fórmula:

$$NG = \left(\frac{PSTi - PSTf}{100} \right) CTC \times Z \times b \times 86.1$$

onde:

- NG = gesso requerido em kg/ha;
- PSTi = porcentagem de sódio trocável inicial;
- PSTf = porcentagem de sódio trocável final;
- CTC = capacidade de troca de cátions meq/100g;
- Z = profundidade do solo;
- b = densidade aparente g/cm³;
- 86.1 = peso equivalente do gesso.

Um sistema de drenagem subterrânea artificial permitirá evacuar as águas de lavagem, como também manter o nível do lençol freático a tal profundidade que não afete as culturas nem facilite a acumulação de sais.

DOC/50, CPATSA, agosto/88, p.14

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVA, C.A. et alli. **Problemas de drenaje y salinidad en la costa peruana.** Wageningen, ILRI, 1976. (ILRI. Bulletin, 16).
- BLACK, C.A. **Soil-plant relationships.** New York, USA, J. Wiley, 1968. 790p.
- CORDEIRO, G.G. **Caracterização dos problemas de sais dos solos irrigados do Projeto São Gonçalo.** Campina Grande, PB, Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 1977. 108p. il. Tese Mestrado.
- DIELEMAN, P.J. ed. **Reclamation of salt affected soils in Iraq; soil hydrological and agricultural studies.** Wageningen, H. Weenman & Zonen N.V., 1963. 175p. il. (ILRI. Publication, 11).
- FULLER, W.H. Management of saline soils. **Outlook Agric.**, 10:13-20, 1979.
- GOES, E.S. de. **O Problema de salinidade e drenagem em projetos de irrigação do Nordeste e ação da pesquisa com vistas a seu equacionamento.** Recife, PE. SUDENE, 1977. 20p. Trabalho apresentado na Reunião sobre Salinidade em Áreas Irrigadas, Fortaleza, CE, 1978.
- HAYWARD, H.E. & WADLEIGH, C.E. Plant growth on saline and alkali soils. **Adv. Agron.**, 1:1-38, 1949.
- ISRAELSEN, O.W. & HANSEN, V.E. **Principios y aplicaciones del riego.** 2.ed. Barcelona, Revesté, 1975. 397p. il.
- KELLEY, W.P. **Alkali soils: Their formation, properties and reclamation.** New York, Reinhold, 1951. 176p. il. (American Chemistry Society. Monograph, 111).
- KOVDA, V.A. El sistema de drenaje en la lucha contra la salinidad de tierras irrigadas. In: ACADEMIA DE CIÊNCIAS DE LAS URSS. Institute de suelos V.V. Dukuchaev. **La aplicación del drenaje en la recuperacion de suelos salinos.** México, 1964. 244p.
- KOVDA, V.A. ed. Soil in relation to salinity irrigation and drainage. In: FAO, Roma, Itália. **Irrigation, drainage and salinity.** London, Hutchinson/FAO/UNESCO, 1973. p.55-79.
- LEWIS, G.C. & JUVE, R.L. Some effects of irrigation water quality on soil characteristics. **Soil Sci.**, 81:125-37, 1956.

DOC/50, CPATSA, agosto/88, p.15

- LYERLY, P.J. & LONGENECKER, D.E. Salinity control in irrigation agriculture. College Station, Texas Agriculture Experimental Station, 1962. 18p. (Texas Agriculture Experimental Station. Bulletin, 876).
- McNEAL, B.L. Managing salt-affected soil. **Crops Soil Magazine**, 12:12-3 1975.
- MELLO, F.E. de S.; BEZERRA, G.E. & GURCEL, E.A. Estudo de solos nos vales do Nordeste para fins de irrigação. **B. Dep. Nac. Obras Contra Secas**, Recife, PE, 25(1): 7-54, mar. 1967.
- MOLEN, W.V. van der. Salt balance and leaching requirement. In: INTERNATIONAL INSTITUTE FOR LAND RECLAMATION AND IMPROVEMENT, Wageningen, Netherlands. **Drainage principles and applications; theories of field drainage and watershed runoff**. 2.ed. Wageningen, 1979, v.2, cap.9, p.59-100 (ILRI. Publication, 16).
- PEREIRA, J.R. Solos salinos sódicos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 15, Campinas, SP, 1983. **Anais da 15. Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Simpósio sobre Acidez e Calagem no Brasil**. Campinas, SBCS, 1983. p.127-43.
- PEREIRA, J.R.; VALDIVIESO, S., C.R. & CORDEIRO, G.G. **Recuperação de solos afetados por sódio através do uso de gesso**. s.n.t. Trabalho apresentado no Seminário sobre Uso do Fosfogesso na Agricultura, Brasília, 1985.
- PENÁ, I. de la. Normas para efetuar estudios de salinidad. **Bol. del Comité Directivo Agrícola del Distrito de Riego del Rio Yaqui**, Sonora, 8(23):5-15, 1968-1969.
- PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos**. Fortaleza, DNOCS, 1976. 466p. il.
- RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Wageningen, DC, USDA, 1954. 160p. (USDA. Handbook, 60).
- SCAHIMBERG, I.; KEREN, R. & FRENKEL, H. Response of sodic soils to gypsum and calcium chloride application. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 46:113-7, 1982.
- THORNE, D.W. & THORNE, J.P. Changes in composition of irrigated soils as related to the quality of irrigation waters. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, 18:92, 1954.

DOC/50, CPATSA, agosto/88, p.16

VALDIVIESO S., C.R. **Solos salinos: diagnóstico e recuperação.**

Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1983. Documento interno preparado para o II Curso sobre Métodos de pesquisa a Nível de Produtor, Petrolina, PE, 1983.

VALDIVIESO S., C.R. & CORDEIRO, G.G. **Perspectivas do uso de águas subterrâneas do embasamento cristalino no Nordeste semi-árido do Brasil.** Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1985. 40p. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 39).

WHITEMORE, J. **Saline and sodic soils.** Logan, USA, 1975. 7p. mimeografado.