

SOLOS SALINOS E SÓDICOS (1)

J.R. PEREIRA (2)

RESUMO

Solos salinos e sódicos ocorrem normalmente nas regiões áridas e semi-áridas, em decorrência das condições climáticas. Águas de rios, barragens e poços contendo sais dissolvidos, em diferentes proporções, quando usadas na irrigação, os sais são lixiviados para horizontes inferiores, os quais, depois ascendem até a superfície em consequência do processo de evaporação, ou podem ser eliminados através da drenagem. Solos afetados por sais são classificados em função do pH, condutividade elétrica do extrato de saturação (CE) e porcentagem de sódio trocável (PST). Solo salino tem pH < 8,5, CE > 4,0 mmhos/cm e PST < 15. Solo sódico tem pH > 8,5, CE < 4,0 mmhos/cm e PST > 15. Solo salino-sódico tem pH < 8,5, CE > 4,0 mmhos/cm e PST > 15.

Os efeitos adversos da salinidade sobre as plantas são devidos, principalmente, ao aumento do potencial osmótico do solo e toxidez resultante da concentração salina e de íons específicos. Em solos sódicos o efeito é mais sobre as características físicas do solo, devido a dispersão dos colóides, diminuindo a aeração e dificultando o movimento de água e desenvolvimento radicular, além do efeito tóxico do sódio.

A recuperação de solos salinos envolve a drenagem do solo para eliminação dos sais solúveis e emprego de corretivos químicos, como $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, para o caso de solos sódicos e salino-sódicos.

No Brasil o levantamento de solos do Ceará à Bahia, na escala de 1:500.000, revelou a existência de 9.110 km^2 de solos afetados por sais e sódio, correspondendo a 9,40% da área mapeada, incluindo-se Planossolos Sódicos, Solonetz Solodizados, Solonchak e Solos Halo-mórficos, isto sem considerar as inclusões, que englobam as áreas dos perímetros irrigados, e solos aluvionais dos vales dos rios afetados por sais e sódio.

(1) Apresentado a XV Reunião Brasileira de Fertilidade de Solo. Campinas, SP..

(2) Pesquisador do CPATSA/EMBRAPA - Cx. Postal 23, CEP 56 300 Petrolina-PE..

SUMMARY: Saline and Sodic Soils

Salt affected soils normally occur in arid and semi-arid regions as a result of climatic conditions. Water from rivers, dams and wells contains soluble salts at variable proportions. When this water is used for irrigation, the salts are leached to lower horizons, these salts afterwards either rise up to surface as a consequence of the evaporation process or are leached out by drainage. Salt affected soils are classified according to their pH, electrical conductivity of the saturation extract (EC) and exchangeable sodium percentage (ESP). Based on these criteria saline soils have a pH < 8,5, EC > 4,0 mmhos/cm and ESP < 15, sodic soils have a pH > 8,5, EC < 4,0 mmhos/cm and ESP > 15 and saline sodic soils have a pH < 8,5, EC > 4,0 mmhos/cm and ESP > 15.

The adverse effects of the salinity on plants are principally due to the increase of the osmotic potential of the soil and toxicity due to salt concentration. In sodic soils the effect is more pronounced on the soil physical characteristics due to colloidal dispersion. This decreases the aeration and water movement in these soils which hampers root development.

The saline soils can be reclaimed by providing appropriate drainage which eliminates the soluble salts. The use of chemical products such as $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ enhances subsurface drainage by elimination of sodium.

In Brazil the soil survey conducted at 1:500.000 scale from Ceará to Bahia states shows that 9,4% of the soils of the surveyed area are salt affected. This includes Solodic Planosols, Solodized Solonetz, Solonchack and Halomorfic soils. This figure will be much higher if salt affected soils of irrigation projects and alluvial soils of river valleys were included.

INTRODUÇÃO

Nas regiões semi-áridas e áridas do globo é comum o desenvolvimento de solos contendo concentrações elevadas de sais solúveis e precipitados, e sódio trocável, devido principalmente às condições climáticas adversas. Esses solos geralmente são pouco profundos com pH variando de ligeiramente ácido a alcalino, complexo sortitivo alto em bases, predominando quase sempre cálcio, magnésio e sódio, em diferentes proporções (Hayward e Wadleigh, 1949).

Os estudos sobre solos afetados por sais foram iniciados no fim do século passado por Hilgard nos Estados Unidos e no início desse século por Gedroiz na Rússia, Sigmond na Hungria e Hissink na Holanda

da (Kelley, 1951). As investigações envolvendo caracterização, manejo e recuperação desses solos e tolerância das culturas às condições de salinidade tiveram um incremento muito grande, com o aumento das áreas irrigadas (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954). Atualmente existem Institutos e Centros específicos em diversos países, para estudo de solos afetados por sais, sobre todos os aspectos, tendo em vista sua importância dentro do contexto do aproveitamento para agricultura.

Cerca de um terço da área do globo terrestre é árido e semi-árido. Os solos dessas regiões, em parte, são afetadas por sais, sendo encontrados mais comumente em áreas planas, deltas e bacias fechadas, onde quase sempre a drenagem é deficiente (Kovda et alii, 1973). Estes solos geralmente são formados de materiais transportados, muitas vezes já bastante intemperizados, raramente são formados no local da intemperização das rochas. Uma alta porcentagem de solos afetados por sais do mundo é de origem aluvional (Kelley, 1951, Kovda, 1973). Este aspecto se reveste de grande importância, pois os solos aluvionais são os mais usados na irrigação, em decorrência da proximidade de mananciais como rios, açudes, barragens e aquíferos.

Nas áreas irrigadas, é comum o surgimento de problemas de salinidade provocados pela água de irrigação contendo concentrações elevadas de sais ou decorrentes de práticas de manejo, que não visem a conservação da capacidade produtiva dos solos, como sistema de drenagem ineficiente, quantidade inadequada de água e uso indiscriminado e excessivo de fertilizantes (Hayward e Wadleigh, 1949, Lyerly e Longenecker, 1962; McNeal, 1976).

DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO

Solos afetados por sais contêm sais solúveis e ou sódio trocável em quantidades suficientes para reduzir ou interferir no desenvolvimento e consequentemente na produção das culturas (Kelley, 1951; Black, 1968; Kovda, 1973). Os sais solúveis são constituídos principalmente dos Ions: Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , Cl^- , SO_4^{--} e HCO_3^- e as vezes de K^+ , CO_3^{--} , e NO_3^- (Whitmore, 1975). As proporções e concentrações desses Ions na solução do solo variam tanto horizontalmente, tendo acentuada influência nesta distribuição a topografia, textura do solo e condições climáticas, (Hayward e Wadleigh, 1949; U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954).

A classificação dos solos afetados por sais, é baseada no pH,

condutividade elétrica do extrato de saturação (CEe) e porcentagem de sódio trocável (PST) (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954). O solo é considerado salino quando tem o $\text{pH} < 8,5$, $\text{CEe} > 4,0$ mmhos/cm e $\text{PST} < 15$; salino-sódico quando tem o $\text{pH} < 8,5$, $\text{CEe} > 4,0$ mmhos/cm e $\text{PST} > 15$ e sódico quando tem $\text{pH} > 8,5$, $\text{CEe} < 4,0$ mmhos/cm e $\text{PST} > 15$. Mais recentemente, de acordo com recomendação do "Terminology Committee of the Soil Science Society of America", o parâmetro PST deve ser substituído pela relação de adsorção de sódio (RAS) do extrato de saturação, sendo 13 o valor limite, acima do qual o solo é considerado sódico (Whitmore, 1975; McNeal, 1976).

O cálculo desse parâmetro é feito em função dos teores de sódio, cálcio e magnésio, expresso em meq/l, do extrato de saturação de acordo com a fórmula:

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

Ainda de acordo com "Committee", referido anteriormente, um solo salino quando a $\text{CEe} > 2,0$ mmhos/cm, pois, tem sido observado danos sérios de toxicidade em algumas espécies de plantas, em solos com $\text{CEe} < 4,0$ mmhos/cm, considerado inicialmente como o valor limite.

A classificação baseada nos parâmetros acima é empírica, não sendo portanto fundamentada em critérios pedogenéticos, mas em práticas de manejo e comportamento das culturas nestes solos.

SOLOS SALINOS

Solos salinos se caracterizam por apresentarem concentrações elevadas de sais solúveis. Estes sais são constituídos principalmente dos ions: Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , Cl^- e SO_4^{--} . Outros ions também estão presentes, mas, em quantidades menores como K^+ , HCO_3^- e NO_3^- . Os teores de sais de sódio são relativamente baixos, em relação aos sais de cálcio e magnésio, por essa razão a PST nestes solos é sempre inferior a 15. Além dos sais prontamente solúveis, encontram-se as vezes sais de baixa solubilidade como $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, CaCO_3 e MgCO_3 , dependendo das quantidades podem interferir no desenvolvimento das plantas (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954; Bower et alii, 1968).

Normalmente os solos salinos de origem aluvional, possuem boas características físicas que permitem sua recuperação com lavagens e manejo apropriado (Allison, 1964). Devido ao movimento ascendente de sais e evaporação intensa pode surgir uma crosta branca de sais

na superfície desses solos, correspondendo aos descritos por Gedroiz na Rússia como Solonchack e por Hilgard nos Estados Unidos como Alcali Branco (Kelley, 1951).

SOLOS SALINOS-SÓDICOS

Solos salinos-sódicos caracterizam-se pelo excesso de sais solúveis e sódio trocável e são resultantes dos processos combinados de salinização e sodificação (Kelley, 1951). Normalmente as características físicas destes solos são semelhantes a dos solos normais, entretanto, se os sais solúveis são removidos, adquirem rapidamente as características de solo sódico. Isto ocorre após irrigações excessivas ou chuvas pesadas que conduz ao arrastamento dos sais solúveis para camadas inferiores do solo. A medida que a concentração de sais solúveis diminui, parte do Na^+ adsorvido se hidrolisa formando NaOH que reage com o CO_2 do meio dando origem a Na_2CO_3 . Segundo Allison (1964), em qualquer um dos casos o pH se eleva e os colóides se dispersam dificultando assim o movimento de ar e água e conseqüentemente o manejo e desenvolvimento radicular.

SOLOS SÓDICOS

Solos sódicos apresentam baixos teores de sais solúveis, mas, contêm sódio trocável acima de 15%. Além do efeito do sódio sobre o solo e as plantas, o pH elevado normalmente entre 8,5 e 10,0, pode provocar diminuição da disponibilidade de ferro, zinco, manganês e fósforo e toxicidade de alumínio (Jones, 1961; Black, 1968).

O efeito do sódio é mais sobre o solo, causando a dispersão dos colóides e diminuição da permeabilidade, dificultando o manejo e afetando o crescimento das plantas devido a baixa penetração da água e aeração deficiente (Ulrich e Khana, 1972). A argila que se dispersa devido ao sódio, parte é transportada para baixo, dando origem a estrutura colunar típica dos solos sódicos (Van Hoorn e Van Aart, 1980). Uma outra característica desses solos é a coloração escura do horizonte superficial, decorrente da solubilização e precipitação da matéria orgânica dispersa, que se deposita em decorrência da evaporação. Estes solos foram denominados de Solonetz pelos russos e de Alcali-Negro por Hilgard nos Estados Unidos (Kelley, 1951).

Solos sódicos se originam em razão da alta proporção de Na^+ e de $\text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^-$, em relação ao Ca^{++} e Mg^{++} em águas fluviais, de irri-

gação ou freáticas, que em condições de alta evaporação ocorre a precipitação de sais de cálcio e magnésio na forma de carbonatos, favorecendo a uma maior adsorção de sódio pelos colóides (Eaton, 1950; Bower et al 1968). As relações entre os Ions Na^+ e Ca^{++} + Mg^{++} e entre os Ions CO_3^- e HCO_3^- e Ca^{++} + Mg^{++} são explicados pela relação de adsorção de sódio (RAS) já descrito anteriormente e carbono de sódio residual (CSR), conforme a fórmula seguinte:

$$\text{CSR} = (\text{CO}_3^- + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}), \text{ meq/l}$$

Ocorre as vezes que o horizonte superficial de alguns solos sódicos, com $\text{pSR} > 15$, tem pH ácido, devido a Ions de H^+ presentes, entretanto, apresentam características físicas de solos sódicos.

ORIGEM DOS SAIS E SÓDIO

A acumulação de sais, alta saturação em bases e excesso de sódio trocável, em solos das regiões semi-áridas são decorrentes da baixa precipitação pluviométrica e alta taxa evaporativa, acarretando um "déficit" hídrico, que pode variar de 1000 a 3000 mm por ano, dependendo da latitude e altitude.

Os sais se originam primariamente de rochas ígneas através do processo de intemperização, os quais, devido as condições climáticas se acumulam. Nas regiões áridas e semi-áridas, entretanto, a maior parte dos sais são oriundos de deposições secundárias de xistos, arenitos e aluviões de várias idades geológicas, originados de rochas ígneas. Depósito de xisto de regiões áridas comumente contém substancial quantidade de sais, que em grande parte podem ser traçados a estes depósitos secundários (Kelley, 1951). Os sais são oriundos de material geológico com os quais a água entra em contato, pois é o agente de hidrólise, hidratação, solubilização e transporte de materiais em solução e suspensão (Wilcox, 1948). Dependendo das condições intrínsecas de cada local, do clima, topografia e material, pode ocorrer a formação de solos com diferentes características denominadas salino, sódico, e salino-sódico (Allison, 1964).

Os constituintes iônicos são derivados, em sua grande parte, de minerais primários do próprio local ou de outros locais transportados pela enchurrada ou água de irrigação, sendo isto muito comum nas bacias onde predominam solos aluvionais. A água, carregada de sais, acumula nas partes inferiores e devido a evaporação os sais gradualmente acumulam-se nestas partes (Black, 1968). Como nas regiões semi-áridas a evapotranspiração excede em muito a precipita-

ção pluviométrica que é baixa, irregular e intensa, os sais resultantes da intemperização e solubilização ou são arrastados pelas águas superficiais ou permanecem no perfil do solo, acumulando-se indefinidamente, até alcançar níveis limitantes para o desenvolvimento normal das plantas (Kovda, 1973).

Com relação aos Ions Cl^- e SO_4^- , normalmente encontrados em quantidades elevadas, não significa que os mesmos tenham sido originados dos materiais referidos anteriormente, mas, em grande parte de emanções vulcânicas e dos mares, respectivamente (Anderson, 1945).

ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

Toda água usada na irrigação contém sais dissolvidos. O efeito destes sais sobre as características químicas e físicas de solos irrigados é de grande importância para manutenção da capacidade produtiva destes e talvez da agricultura irrigada (Thorne e Thorne, 1954).

Em muitas áreas a salinidade e sodicidade desenvolvem-se durante o período de irrigação. Em tais casos a concentração e natureza dos sais são fatores de salinização (McGeorge et alii 1952). Neste processo terão que ser considerados a concentração e composição dos sais, características químicas e físicas do solo e o manejo. A água, em decorrência da concentração de sais e proporção entre os mesmos, quando usada na irrigação, provoca com o tempo um novo equilíbrio no solo, podendo ocorrer tanto acumulação de sais como de sódio trocável (Thorne e Thorne, 1954; Lewis e June, 1956). Esse aumento nas concentrações de sais e sódio trocável em um solo irrigado é devido ou a uma drenagem deficiente ou ao uso de água com uma alta concentração de sais ou ambos. Desde que um solo tenha uma drenagem inteira na boa qualquer aumento no teor de sais solúveis e sódio trocável é atribuído à presença destes, na água de irrigação. Águas de rios, barragens e poços contêm de 150 a mais de 1.500 mg/l de sal ($0,234$ a $2,34$ mmhos/cm) e valores da RAS até mais de 30, variando assim de Cl^- a C_4 e de S_1 a S_4 , em todas as combinações possíveis (Figura 1), abrangendo desde águas que podem ser usadas para a maioria das culturas e solos a águas que não são apropriadas para irrigação, em condições ordinárias (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954; Wilcox et alii 1954; Ayers e Westcott, 1976).

Os Ions predominantemente encontrados nas águas de irrigação são Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , HCO_3^- , SO_4^- e Cl^- . A proporção relativa desses Ions é muito importante, no que diz respeito ao uso da água para irrigação, pois dependendo da natureza do solo, quanto à textura estrutural e permeabilidade, determinada água poderá ser usada com seguran-

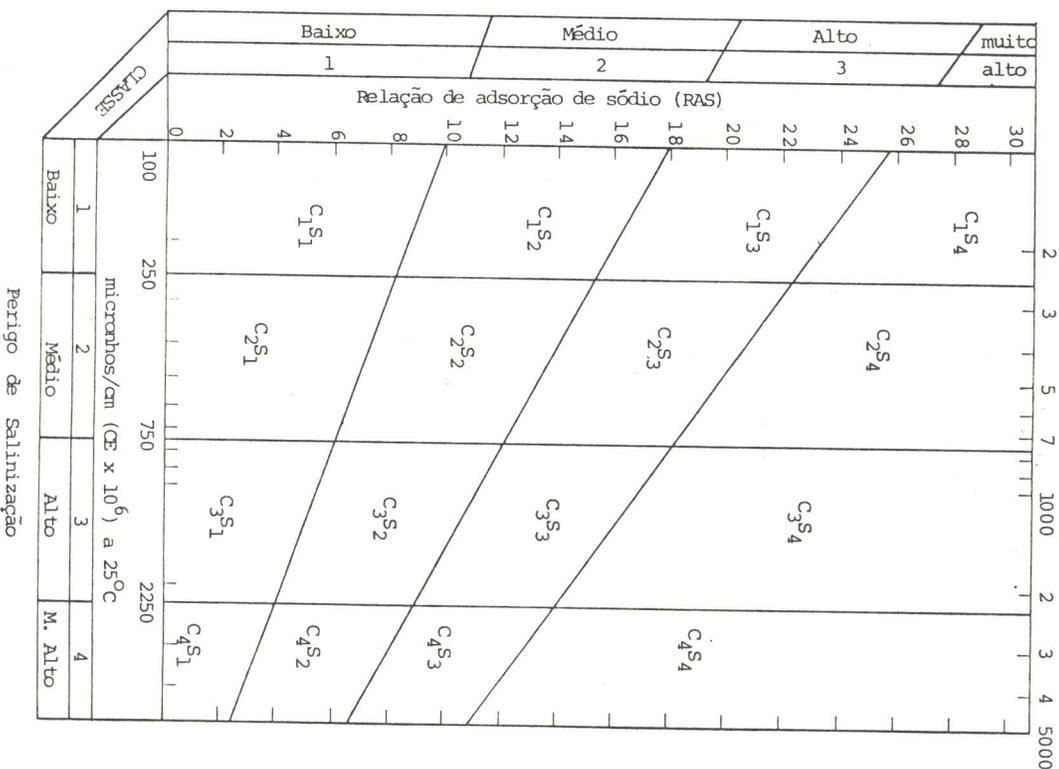


FIG. 1. Diagrama para a Classificação de águas para irrigação (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954).

ça ou não (Lyerly e Longenecker, 1962). Além disso a qualidade da água condiciona o tipo de manejo a ser usado e a cultura a ser estabelecida. A medida que a água contendo sais passa através do solo parte dos cátions podem ser adsorvidos pelos colóides negativamente carregados.

Água com alta proporção de sódio em relação ao cálcio e magnésio pode resultar em solo sódico, isto porque o sódio desloca parte do cálcio e magnésio adsorvidos, causando a dispersão dos colóides (Allison, 1967; Fuller, 1967). Na avaliação da qualidade de águas para irrigação, em relação ao perigo de sódio considera-se além da RAS o CSR (Eaton, 1950). De acordo com Wilcox et alii (1954) valores de CSR até 1,5 meq/l não oferece nenhum perigo, entre 1,5 e 2,5 meq/l é considerada marginal e acima de 2,5 meq/l não é adequada para irrigação. No caso de excesso de CO_3^- + HCO_3^- , com a evapotranspiração a solução do solo fica mais concentrada e parte do Ca^{++} e Mg^{++} , da solução e adsorvidos, precipitam como carbonatos, permanecendo no solo carbonato de sódio solúvel e sódio adsorvido nos colóides, que aumenta com o tempo provocando a dispersão dos colóides (Zystra e Salinas, 1974; Ayres e Westcott 1976; Kamphorst e Bolt, 1978).

No caso específico do Nordeste, as águas usadas na irrigação são provenientes de rios e açudes, apresentando, com algumas exceções, valores para CE abaixo de 0,75 mmhos/cm e para o percentual de sódio valores abaixo de 60% (Mello et alii, 1966), não oferecendo, portanto, perigo iminente de salinização e alcalinização, desde que práticas adequadas de manejo sejam adotadas.

AÇÃO DOS SAIS E SÓDIO SOBRE AS PLANTAS

As plantas se comportam diferentemente em relação a solos afetados por sais. Algumas culturas podem tolerar concentrações relativamente altas de sais, outras, entretanto, são extremamente sensíveis. De acordo com o U.S. Salinity Laboratory Staff (1954), Fuller (1967) a tolerância varia não só com a concentração salina, mas, com práticas culturais, fatores climáticos e natureza e proporções relativas dos diversos íons na solução do solo. Com relação ao efeito da salinidade sobre as plantas, estes autores informam que para CE até 2,0 mmhos/cm, normalmente não se observa nenhum efeito, a não ser em condições muito desfavoráveis; entre 2,0 e 4,0 mmhos/cm a produtividade de culturas relativamente não tolerantes é afetada, incluindo-se aí: feijão, aipo, citrus, abacate, entre outras; entre 4,0 e 8,0 mmhos/cm os rendimentos de muitas culturas

são reduzidos como sorgo granífero, milho, mamona, soja, melão e uva; entre 8,0 a 12,0 mmhos/cm, somente algumas culturas consideráveis tolerantes, produzem satisfatoriamente, como algodão, trigo, aveia, arroz, alfafa, beterraba de mesa, espinafre, figo, além de outras; por último entre 12,0 e 18,0 mmhos/cm somente culturas altamente tolerantes conseguem produzir economicamente incluindo-se aí beterraba, algumas variedades de algodão e plantas forrageiras.

Sais solúveis podem afetar o desenvolvimento das plantas de diversas maneiras: a) reduzindo a disponibilidade de água, devido o decréscimo do potencial osmótico da solução do solo; b) alterando a disponibilidade e absorção de nutrientes e c) através de efeito tóxico de íons específicos (Hayward e Wadleigh, 1949). A absorção de água pelas plantas é função do gradiente do potencial hídrico do sistema solo-água-planta, sendo o potencial osmótico um componente desse potencial hídrico. A toxicidade de sais pode ser atribuída, pelo menos em parte, aos efeitos sobre a absorção e metabolismo dos nutrientes. Os efeitos específicos dos íons variam entre as espécies. As diferenças em tolerância das plantas à concentrações excessivas de sais no substrato, estão relacionados, em certo grau, com a seletividade específica na absorção de íons e nas necessidades nutricionais das plantas (Colander, 1941; Hayward e Spurr, 1943).

Há um limite crítico de salinidade onde as plantas deixam de crescer, entretanto, antes que isto aconteça o crescimento e rendimento diminuem progressivamente com o aumento da salinidade. Com relação aos sintomas aparece inicialmente clorose que, evoluindo para necrose pode causar a morte da mesma.

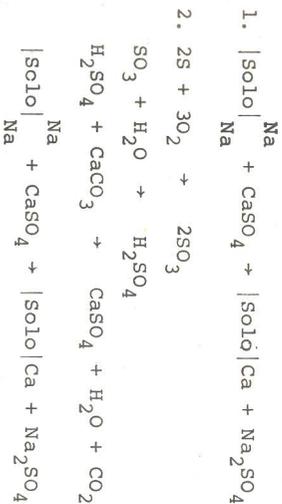
MANEJO DE SOLOS AFETADOS POR SAIS E SÓDIO

Solos irrigados de região áridas e semi-áridas requerem atenção especial, a fim de que problemas de salinidade e sódio não venham ocorrer. Práticas adequadas de manejo que vise a recuperação de solos contendo excesso de sais solúveis ou sódio trocável, ou com a finalidade de evitar a acumulação dos mesmos devem incluir solo, água e a cultura, em um programa integrado (Fuller, 1967; Black, 1968). Qualidade e quantidade de água, frequência de irrigação, permeabilidade do solo, sistema de drenagem, preparo do solo, incorporação de resíduos orgânicos, uso de fertilizantes e manejo da cultura são fatores a serem considerados, tanto em solos normais, sob condições de irrigação como na recuperação de solos afetados

por sais e sódio (Fuller, 1979).

De acordo com o U.S. Salinity Laboratory Staff (1954), a salinidade pode ser controlada se a qualidade da água de irrigação for satisfatória e se igualmente o fluxo de água no solo pode ser controlado. Os sais solúveis aumentam ou diminuem na zona radicular, dependendo, se o movimento para baixo é menor ou maior do que a posição de sais, em decorrência da água de irrigação e outras causas.

Os íons da solução do solo tendem a entrar em equilíbrio com os íons adsorvidos, daí, se a água tiver uma alta proporção de Na^+ em relação a Ca^{++} e Mg^{++} , vai haver uma adsorção do excesso de sódio, que pode comprometer o estado físico do solo, podendo ainda ser tóxico para certas plantas. No caso de solo com excesso de sódio a recuperação consiste na adição de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e práticas apropriadas de manejo. Solos contendo CaCO_3 , emprega-se principalmente, enxofre ou H_2SO_4 . De uma maneira generalizada as reações que ocorrem no solo são os seguintes:



No solo o íon Ca^{++} desloca o íon Na^+ do complexo de troca formando Na_2SO_4 que é levado pela água para baixo e finalmente para os drenos. Para recuperação de solos, tanto salino como sódico ou salino-sódico, é necessário que a área disponha de um sistema de drenagem em funcionamento, capaz de receber todo o excesso de água adicionado ao solo, quer seja para fins de irrigação ou para eliminação de sais solúveis.

A quantidade do corretivo é calculado em função do sódio trocável ou em função da "necessidade de gesso", determinado diretamente no solo (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954). A recuperação de solo sódico é uma prática difícil e onerosa que exige conhecimento das condições locais, das características do solo, e do corretilo e da água a serem usados, a fim de propiciar a eliminação dos sais que vão se formar como consequência das reações do corretilo no solo. Estes aspectos devem ser considerados conjuntamente,

se maior eficiência é desejada, no manejo de solos sódicos.

Nas regiões sub-úmidas e úmidas onde a irrigação é feita de forma complementar à água das chuvas e ainda devido as características dos solos não há condições que favoreçam a acumulação de sais ou sódico, fato este que não ocorre nas regiões áridas e semi-áridas.

SITUAÇÃO DO NORDESTE

Na região semi-árida do Nordeste o "déficit hídrico" atinge 2.000 mm por ano, favorecendo assim a acumulação de sais solúveis e sódio. No levantamento de solos dos estados da Bahia ao Ceará, (Jacomine et alii 1971, 1972a, 1972b, 1973, 1975a, 1975b, 1976 e 1979) totalizando 1.110.000 km² na escala de 1:500.000 foram delimitadas áreas correspondentes a 91.110 km² de solos afetados por sais, representando 9,4% da área mapeada desses Estados. A Tabela I mostra a distribuição desses solos por Estado estando incluído: Planossolos Solódicos Solonetz Solodzados, Solonchack Solonétzicos e Solos Halomórficos, isto sem considerar as inclusões que são comuns em todo Semi-Árido, encontrando-se aí, as áreas afetadas dos Perímetros Irrigados em operação e Solos Aluvionais dos vales dos rios (Mello et alii, 1967), onde grande parte são irrigados. Nestes solos já se observa um processo de salinização em andamento, acompanhado de sódio no complexo de troca. Segundo Goes (1977) cerca de 25% dos solos irrigados do Nordeste estão afetados por sais e sódio.

As fontes de água de irrigação são principalmente açudes e rios, sendo de uma maneira geral de boa qualidade (Mello et alii, 1967), variando de C₁ a C₂ e S₁ a S₂. A mais importante fonte é o rio São Francisco, cuja água contém baixos teores de sais sendo classificada como C₁S₁. Com relação a água subterrânea, devido ao embasamento cristalino, não ocorre em grandes quantidades, sendo encontrada em aquíferos localizados. Os poços apresentam vazões muito baixas e a água contém teores elevados de sais, impedindo assim sua utilização, para irrigação.

Além dos solos afetados por sais, nessa região é comum a existência de solos com pH > 7,0 tais como os Bruno não Cálcico, Vertissolos e Solos Aluvionais. Este solos podem apresentar problemas em relação ao uso, principalmente devido a imobilização de nutrientes como ferro, zinco, manganês e fósforo.

Segundo Mello et alii, (1967), os solos das áreas irrigadas no Nordeste são na sua maioria de origem aluvional, apresentando gran-

des variações nas características químicas e físicas, tanto horizontal como verticalmente. Geralmente são de boa fertilidade, mas apresentam problemas de drenagem. Devido as condições locais parte desses solos já apresentavam problemas de sais e sódio, quando da

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

SOLO	Estado						
	CE	RN	PB	PE	AL	SE	BA
	km ²						
Planossolo Solódico	12.708	3.690	944	5.165	3.370	2.098	30.516
Solonetz Solodizado	8.436	4.064	2.769	2.654	393	1.013	5.161
Solonchack Solonétrico	450	837	-	-	-	-	-
Halomórfico	18	-	-	-	-	-	-
Outros	1.645	-	-	-	-	-	-
TOTAL	23.257	8.591	3.713	7.819	3.883	3.631	40.221
%	15,5	16,2	6,6	8,0	14,0	16,5	9,7

implantação dos projetos. Em face dessa situação, medidas corretivas e preventivas devem ser tomadas, a fim de que o problema venha se agravar em futuro próximo.

LITERATURA CITADA

ALLISON, L.E. Salinity in relation to irrigation. Adv. in Agronomy, 16:139-180, 1964.

AYERES, R.S. e D.W. WESTCOT. Water quality for agriculture. Irrigation and drainage paper. Roma, FAO nº 29, 1976. 95 p.

ANDERSON, V.G. Some effects of atmospheric evapotatation and transpiration on the composition of natural waters in Australia. Aust. Chem. Inst. Jour. Proc., 12:41-68, 1945.

BLACK, C.A. Soil plant relationships. New York, USA, John Wiley e Sons, Inc., 1968. 790 p.

BOWER, C.A.; G. OGATA e J.M. TUCKER. Sodium hazard of irrigation waters as influenced by leaching fraction and by precipitation of CaCO₃. Soil Sc., 106:29-34, 1968.

COLLANDER, R. Selective absorption of cations by higher plants. Plant Physiol. 16:691-720, 1941.

EATON, E.M. Significance of carbonates in irrigation waters. Soil Sci., 69:123-133, 1950.

FULLER, W.H. Water, soil, and crop management principles for the control of salts. Tucson, USA, The University of Arizona. Bul. A-43, 1967. 21 p.

FULLER, W.H. Management of saline soils. Outlook on Agriculture, 10:13-20, 1979.

GOES, E.S. Problema de salinidade e drenagem em projeto de irrigação do Nordeste e a ação da pesquisa com vistas a seu equacionamento. Recife, MINTEP/SUDENE, 1978. 20 p. (Relatório).

HAYWARD, H.E. e C.E. WADLEIGH. Plant growth on saline and alkali soils. Adv. in Agronomy, 1:1-38, 1949.

HAYWARD, H.E. e W.B. SPURK. Effects of isosmotic concentrations of inorganic and organic substrates on entry of water into corn roots. Bot. Gaz. 106:131-139, 1943.

JACOMINE, P.K.T., F.B.R. SILVA e R.A. FORMIGA. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do estado do Rio Grande do Norte. Recife, DPP, Ag, Convênios MA/DNPEA-SUDENE/DRN e MA/CONTAP/USAID/BRASIL, 1971. 531 p. (Boletim técnico 21. Série pedologia 9).

JACOMINE, P.K.T., M.R. RIBEIRO e J.O. MONTENEGRO. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do estado da Paraíba. Rio de Janeiro, EPPS, Ag, Convênios MA/EPE-SUDENE/DRN e MA/CONTAP/USAID/BRASIL, 1972a. 650 p. (Boletim técnico 15. Série pedologia 8).

JACOMINE, P.K.T., A.C. CAVALCANTE e N. BURGOS. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do estado de Pernambuco. Recife, DPP, Ag, Convênios MA/DNPEA-SUDENE/DRN e MA/CONTAP/USAID/BRASIL, 1972b. (Boletim técnico 26. Série pedologia 14).

JACOMINE, P.K.T., J.C. ALMEIDA e L.A.R. MEDEIROS. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do estado do Ceará. Vol. I. Recife, DPP, Ag, Convênios MA/DNPEA-SUDENE/DRN e MA/CONTAP/USAID/BRASIL, 1973. 301 p. (Boletim técnico 28. Série pedologia 8).

JACOMINE, P.K.T., e J.O. MONTENEGRO. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do estado de Sergipe. Recife, CPP, Convênios EMBRAPA/CPA-SUDENE/DRN e MA/CONTAP/USAID/ETA, 1975a. 526 p. (Boletim técnico 36. Série recursos de solos 6).

JACOMINE, P.K.T., A.C. CABRAL, S.C.P. PESSOA e C.O. SILVEIRA. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do estado de Alagoas. Recife, CPP, RN, Convênios MA/EMBRAPA-SUDENE/DRN e MA/CONTAP/USAID/ETA, 1975b, 531 p. (Boletim técnico 35. Série recursos de solos 5).

JACOMINE, P.K.T., A.C. CAVALCANTE, M.R. RIBEIRO, J.O. MONTENEGRO, N. BURGOS, H.F.R. MELO FILHO e R.A. FORMIGA. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos da margem esquerda do rio São Francisco, estado da Bahia. Recife, SNLCS, RN, Convênios EMBRAPA/SNLCS-SUDENE/DRN e MA/CONTAP/USAID/ETA. 1976. 404 p. (Boletim técnico 38 e Série recursos de solos 7).

JACOMINE, P.K.T., A.C. CAVALCANTE, F.B.R. SILVA, J.O. MONTENEGRO, R.A. FORMIGA, N. BURGOS e H.F.R. MELO FILHO. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos da margem direita do rio São Francisco, estado da Bahia. Recife, SNLCS, RN, Convênios EMBRAPA/SNLCS-SUDENE/DRN e MA/CONTAP/USAID/ETA, 1979. p. 747. 1926. (Boletim técnico 52. Série recursos de solos 10).

JONES, L.H. Aluminium uptake and toxicity in plants. Plant and Soil, 13:297-310, 1961.

KAMPHORST, A. e G.H. BOLT. Saline and sodic soils. In: Bolt, G.H. e M.G.M. Bruggemert e.d, Soil Chemistry. Wageningen, Elsevier Scientific Pub. Co, New York. 1978. p. 221-291.

- KELLEY, W.P. Alkali soils. Their formation, properties and reclamation, New York, USA, Amer. Chem. Soc. Monog. no 111. Reinhold Publishing Corp, 1951. 234 p.
- KOVDA, V.A. Soil in relation to salinity irrigation and drainage. In: Kovda, V.A. ed., Irrigation drainage and salinity. Paris, FAO/UNESCO. Hutchinson e Co. Ltda., 1973. p. 55-79.
- LEWIS, G.C. e R.L. JUYE. Some effects of irrigation water quality on soil characteristics. Soil Sci., 81:125-137, 1956.
- LYERLY, P.J. e LONGENECKER, D.E. Salinity control in irrigation agriculture. College Station, Tex. Agric. Exp. Sta., Bul. 876, 1962. 19 p.
- MCGEORGE, W.T., E.L. BREAZALE e A. MARK BLISS. The salinity problem - Safford Experiment Farm Tucson, USA; University of Arizona, Tech. Bul. 214, 1952 p. 31-122.
- MCNEAL, B.L. Managing salt-affected soil. Crops and Soil Magazine, 12:12-13, 1976.
- MELLO, F.E.S. et al. Estudo de solos nos vales do Nordeste para fins de irrigação. Fortaleza, Bol. DNOCS. Série Fomento e Produção 25:7-38, 1967.
- THORNE, D.W. e J.P. THORNE. Changes in composition of irrigated soils as related to the quality of irrigation waters. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 18:92-92, 1954.
- ULRICH, B. e P.K. KHANA. Description and dissolution of salts from soils as a function of soil: water ratio. Soil Sci., 114:251-253 1972.
- U.S. SALINITY LABORATORY STAFF. Diagnostics and improvement of saline and alkali soils. Washington, DC, USDA. Handbook no 60, 1954. 160 p.
- VAN HOORN, J.W. e VAN AART. Quality of irrigation water, limits of use and precipitation of long term effects. Rome, Salinity Seminar Baghdad, FAO, 1980. p. 117-148.

- WHITMORE, J. Saline and Sodic Soils. Logan, USA, 1975, 7 p. (mimeografado).
- WILCOX, L.V. The quality of water for irrigation use. Washington, DC, USDA, Tech. Bul. 962, 1948. 32 p.
- WILCOX, L.V., G.Y. BLAIR e C.A. BOWER. Effect of bicarbonate on suitability of water for irrigation. Soil Sci., 77:259-266, 1954.
- ZYLSTRA, G. e Y. SALINAS. Calidad del agua de riego. Petrolina, 1974. 10 p. (mimeografado).