

21
10/10/78

SALINIDADE DOS SOLOS: MÉTODOS DE PESQUISA

laudo
FOL
07848

Carlos R. Valdivieso

III CURSO SOBRE MÉTODOS DE PESQUISA
AO NÍVEL DE PRODUTOR - PETROLINA-PE - OUT. 84
CPATSA/EMBRAPA

Salinidade dos solos: ...
1984 FL-PP-07848



CPATSA-2820-1



1. INTRODUÇÃO

Problemas de salinidade, alcalinidade e excessos de umidade dos solos, são responsáveis, em maior ou menor grau, pela baixa produtividade agrícola, conseqüentemente muitas áreas estão a cada ano sendo marginalizadas da produção (Valdivieso, 1983).

O problema constitui um impacto de caráter sócio-econômico, ecológico que deve ser objeto de estudo em programas de pesquisa para o seu diagnóstico, controle e prevenção.

Áreas com problemas de sais são comuns em regiões climáticas áridas e semi-áridas mas não se descartam regiões úmidas e sub-úmidas.

Princípios básicos gerais extrapoláveis da dinâmica do problema, métodos de análises e pesquisa tem sido já desenvolvidos e aproveitados nos estudos de problemas de salinidade principalmente nos Estados Unidos, Rússia, Iraque, Egito, Paquistão, etc. Porém, a definição e refinamento de critérios, normas e valores de parâmetros que resultem em recomendações para resolver o problema são necessários desenvolver em condições locais, e constituem os objetivos da pesquisa.

¹ Documento escrito para distribuição e utilização no III Curso sobre Métodos de Pesquisa ao Nível de Produtor, EMBRAPA/CPATSA, Petrolina-PE, 1984.

² Especialista Irrigação-Drenagem e Recuperação Solos Salinos-IICA/EMBRAPA-CPATSA.

O problema pode ser estudado e analisado ao nível de parcela, não de maneira isolada mas integrado dentro do sistema agrohidrológico e de produção considerando todas as condicionantes e suas interrelações com fatores solo, água, cultura, clima, sistema de irrigação, drenagem, práticas de manejo, fertilizantes, etc. (Valdivieso, 1983).

Dependendo do objetivo da pesquisa, ela pode ser dividida em quatro grandes grupos:

- diagnóstico e caracterização
- melhoramento e manejo
- resposta das culturas e seleção de culturas tolerantes
- utilização de água salina

2. DIAGNÓSTICO E CARACTERIZAÇÃO

Este nível de pesquisa tem caráter informativo e de avaliação do grau de intensidade ou potencialidade do problema, identificando o tipo de sais, causas e origem, e as suas interrelações com a natureza do solo, profundidade do lençol freático, microrelevo, principalmente.

Para o diagnóstico de salinidade dos solos de uma área determinada faz-se necessário principalmente uma amostragem de solos para determinações físico-químicas em análise de laboratório.

A amostragem é feita com trados coletando amostras, as profundidades convenientes, de preferência na seguinte sequência: crosta salina da superfície, de 0 - 15 cm; 15-30; 30 - 60; 60 - 90 e 90-120 cm (FAO, 1970).

As amostras devem ser de aproximadamente 2,5 kg cada e devem ser transportadas em sacos plásticos devidamente identificados com anotações em etiquetas sobre a procedência (projeto, área, número do furo, profundidade) e data da coleta.

A rede de amostragem pode ser uniforme em quadrículas normalmente de 100 a 200 m de espaçamento, ou seja, numa densidade de um furo cada 1 à 14 ha; ou uma rede irregular com densidade de furos variada adaptada às irregularidades da área, principalmente em aspectos de relevo, solo e evidência de áreas mais problemáticas.

O levantamento pode também ser feito sem obedecer a uma rede pré-estabelecida e sim obedecendo um esquema por lote ou propriedade onde podem-se coletar amostras de pontos representativos e ter a valiosa colaboração do agricultor. Neste caso pode-se conservar um critério de densidade - Exemplo: 1 furo cada 3 a 4 ha.

Por outro lado o número de amostras representativas pode-se basear em métodos estatísticos assumindo um erro permissível ou determinando este em levantamentos prévios detalhados de uma porção da área estudado. O desvio padrão será neste caso uma medida da variabilidade da população ou da representatividade conseguida com o número de amostras coletadas (FAO, 1970)

$$s = \sqrt{\sum x^2 / (n - 1)}$$

s = desvio padrão

x = desvio de cada unidade de amostragem da média

n = número de unidades

Análise de laboratório: Determinações químicas e físicas permitem obter os necessários parâmetros para previsão de problemas de salinidade e riscos de alcalinidade:

- determinações químicas:

. condutividade elétrica do estrato de saturação ou de uma pasta 1:2; 1:2,5; 1:5 quando a quantidade de sais e a sensibilidade do aparelho de medida usado não são compatíveis.

. pH

- . cations trocáveis: Ca^{++} ; Mg^{++} ; Na^+ ; K^+
 - . capacidade de troca de cations
 - . saturação de bases
 - . H^+ + AL^{+++}
 - . M.O
 - . gesso
 - . carbonatos
- determinações físicas:
- . análise textural para determinação das porções areia, silte e argila.
 - . densidade aparente
 - . capacidade de retenção, capacidade de campo e ponto de murcha.

Detalhes sobre métodos de laboratório para as determinações listadas acima são encontradas na EMBRAPA, 1979 e Richards, 1973.

O custo por amostra analisada no laboratório deve ser considerado para determinar criteriosamente as amostras e as análises a serem feitas nelas, procurando uma boa representatividade de distribuição de sais tanto na extensão quanto no perfil, sem onerar o projeto. Assim pode-se decidir determinações de CE e pH para todas as amostras, mas análise completa só a uma porção do total de amostras.

Informação complementar e testes de campo: Esta pode ser levantada durante a coleta de amostras como:

- . salinidade da água do lençol
(condutivímetro portátil)
- . estado da cultura
- . aspecto do terreno

Testes específicos de campo serão necessários para a determinação de dois parâmetros hidrodinâmicos de muita importância, principalmente em solos sódicos.

- . testes de condutividade hidráulica: método do furo de trado.
- . testes de infiltração: cilindros infiltrômetros.

Os resultados: são apresentados em mapas e gráficos proporcionando valiosa informação para o diagnóstico e planejamento de esquemas de pesquisa específica e alternativas de manejo, principalmente.

Os seguintes mapas e gráficos são normalmente confeccionados:

- salinidade da camada superficial (0 - 30 cm)
- salinidade da zona de raízes efetiva (0 - 60 cm)
- salinidade da água do lençol freático
- profundidade do lençol freático
- relações salinidade do solo/profundidade do lençol
- relações salinidade do solo/salinidade do lençol
- perfis de salinidade: distribuição vertical dos sais
- distribuição de anions e cations no perfil

3. MELHORAMENTO E MANEJO

O objetivo deste nível de pesquisa é o de correção ou prevenção de problemas de salinidade, tratando-se de aplicar ou testar critérios extrapolados ou assumidos para condições locais. As linhas de pesquisa deste nível agrupam-se também segundo o tipo de problema e/ou objetivo.

Lavagem de solos salinos: Experimentos com esta finalidade podem ser realizados ao nível de laboratório e ao nível de campo.

- . Colunas de solo no laboratório: solo perturbado ou não é colocado em cilindros transparentes com orifícios a diferentes profundidades para permitir a obtenção de amostras de umidade do solo e a lo

cação de sensores para medida da concentração de sais e as suas variações por efeito de lâminas aplicadas com finalidade de lavagem.

Os sensores são necessários devido ao tamanho da amostra para permitir medidas de concentração de sais na mesma em função de variáveis lâmina, concentração salina de água e tempo. O experimento dá elementos para entender a dinâmica do transporte e distribuição de sais no perfil de maneira a permitir definir critérios e parâmetros do processo de lavagem (Bresler, et al, 1982).

. Testes de lavagem no campo: estes testes são realizados em áreas piloto de drenagem, escolhidas em função da sua representatividade em matéria de solos e aspectos agrohidrológicos e de aspectos referentes a disponibilidade de água, infraestrutura de irrigação e acessibilidade (Dieleman, 1963).

A extensão da área depende do número de variáveis testadas e repetições entre as variáveis. Destacam-se: espaçamento e profundidade, drenos, materiais de drenagem e manejo. A extensão da área pode-se indicar entre 15 e 25 ha (Dieleman, Trafford, 1976).

Unidades parcelares que dependem do lay-out geral da área, da cultura, etc. são escolhidas para o teste de lavagem, em geral três destas parcelas como mínimo de maneira que as medidas sejam feitas na parcela central e as outras parcelas tenham função de bordadura. As dimensões de cada parcela podem ser de ordem de 500 a 2500 m² (Valdivieso, 1984).

Prévio a qualquer operação, determinam-se parâmetros de controle que neste estágio correspondem às condições iniciais. Estes parâmetros são condutividade elétrica do estrato de saturação e pH principalmente, assim como parâmetros físico-hidrodinâmicos: densidade aparente; capacidade de retenção, condutividade hidráulica e infiltração.

A amostragem é feita em pontos estacados na parcela e distribuídos de maneira a lograr representatividade, ao mesmo tempo deve-se procurar orientar alguns pontos de amostragem no sentido perpendicular aos drenos que servem a área para estudar o seu efeito. A densidade de amostragem é escolhida com critério no local, mas pode-se tomar como indicação um furo para cada 200 m².

As parcelas são então submetidas ao processo de lavagem optando por um ou vários métodos de lavagem, cada um destes tornar-se-á num tratamento para o qual devem ser considerados as respectivas repetições. Os métodos de lavagem considerados são: inundação contínua, inundação intermitente, aspersão; com e sem cultura (arroz).

Qualquer que for o método de lavagem tomar-se-ão medidas dos volumes e concentrações salinas das águas adicionadas (lavagem) e da água drenada superficial ou subsuperficialmente (drenagem subterrânea).

As lâminas a ser aplicadas são preliminarmente calculadas: requerimento de lavagem (Valdivieso, 1983).

Variações desta lâmina calculada podem ser testadas em diferentes tratamentos.

Periodicamente deve-se coletar amostras de solo para controle da salinidade nos pontos inicialmente descritos; altura de água remanescente na superfície do solo e a sua concentração salina.

Finalmente é necessário dispor na área de um tanque evaporação Classe A e de um pluviômetro para medir os parâmetros climáticos correspondentes.

Na área devem também ser instalados poços de observação, piezômetros e tensiômetros para determinações de movimento de água no solo.

O método de análise e interpretação dos dados é o balanço de águas e de sais:

Balanço de águas: (Van Hoorn, 1982)

$$I + P + G = E + R + \Delta W$$

I = água de irrigação, mm

P = precipitação, mm

G = ascensão capilar

E = evapotranspiração

R = percolação

ΔW = variação no teor de umidade do solo

Balanço de sais: (Van Hoorn, 1982)

$$IC_i + GC_g = RC_r + \Delta Z$$

C_i = concentração da água de irrigação

C_g = concentração da água de ascensão capilar

C_r = concentração da água de percolação

ΔZ = variação nos sais totais do solo

Os resultados permitem quantificar parâmetros como eficiência de la vegem para diferentes solos com diferentes espaçamentos de drenos, lâminas efetivas de lavagem, comportamento de cultura para processo de recuperação, profundidade de recuperação; riscos de resalinização ou de alcalinidade; tempo de recuperação (FAO, 1972).

Melhoramento de solos sódicos: Estes experimentos consistem em tes tes de tipos e quantidades de corretivos químicos para substituir o sódio trocável do complexo sorptivo.

A velocidade de reação e considerações econômicas são os parâmetros básicos para a seleção de corretores químicos.

O processo de melhoramento de solos sódicos é oneroso, esta razão é mais do que suficiente para testar procurando o corretivo adequado, a forma de aplicação e as quantidades necessárias antes do empreendimento extensivo.

As quantidades teoricamente necessárias de melhorar são calculadas em base ao sódio trocável, PST e à capacidade de troca de cations, CTC determinadas em laboratório. Variações a cerca deste valor calculado serão testadas.

A equação usada para o cálculo do requerimento de gesso é:

$$RG = \frac{PSTi - PSTf}{100} \times Dap \times CTC \times 0,86 \quad (\text{Kovda, 1973})$$

onde: RG= requerimento de gesso em tons/dm de profundidade de solo

PSTi= percentagem de sódio trocável inicial

PSTf= percentagem de sódio trocável final (desejado)

Dap= densidade aparente do solo, gr/cm³

CTC= capacidade de troca de cations, meq/100 gr

86,09= peso equivalente do gesso, gr.

Outros produtos que podem também ser usados são o enxofre e a calini

za. As relações de equivalência com o gesso são:

1 ton. de gesso equivale a 0,19 ton S

0,58 ton CaCO_3

Além do tipo e quantidade dever-se-á determinar a velocidade de reação do corretivo, a profundidade efetiva de recuperação, o tempo necessário para atingir certo grau de melhoramento, granulometria adequada para a sua aplicação, assim como métodos de aplicação (meios mecânicos e manuais) e incorporação. Devem-se considerar também o uso de matéria orgânica decomposta ou matéria verde incorporável independente e/ou adicional ao uso de corretivos. A reação ácida da matéria orgânica e a formação de ácidos orgânicos na decomposição da matéria verde são favoráveis na solubilização de carbonatos.

- Experimentos de laboratório em solos sódicos: é realizado em colunas não perturbadas obtidas completas do campo com equipamento adequado, para determinar principalmente o requerimento do gesso.

O procedimento é como segue:

- a) colocar 2,5g de solo seco ao ar (com alto ESP) numa garrafa de 100 ml.
- b) com uma pipeta adicionar 50 ml de uma solução mais ou menos saturada de gesso com concentração conhecida de cálcio (pelo menos 28 meq/l).
- c) tampar a garrafa e sacudir na mão durante 30 minutos.
- d) filtrar parte da suspensão
- e) 20 ml do filtrado e da solução CaSO_4 são tratados com versenato 0.100 N (titração).
- f) o gesso requerido em meq/100gr é calculado da seguinte forma:

$$a = (bt - st) \times 100 \times \frac{100}{2.5} \times \frac{50}{20} = (bt - st) \times 10$$

a = gesso requerido, meq/100gr

bt= tirtação da solução de CaSO_4

st= titratação da amostra filtrada

A conversão dos meq/100gr a toneladas de gesso para um volume de solo de 1 ha de extensão e 0.1m de profundidade de $1.4\text{gr}/\text{cm}^3$ de densidade é como segue:

$$a \frac{\text{meq/}}{100\text{gr}} \times 1.4 \times 10^3 \text{ ton} \times 86 \times 10^{-3} \frac{\text{gr}}{\text{meq/gesso}} = (1.2) a \text{ ton}$$

- Parcelas experimentais de campo: de preferência em áreas maiores de 100 m^2 por tratamento. Em áreas piloto de drenagem pode-se trabalhar com unidades bem maiores limitadas pelos drenos abertos ou enterrados.

Amostras de solo são coletadas antes e após, periodicamente, as aplicações de corretivo nos diferentes tratamentos, para determinações químicas pH, PST, CE. Igualmente variações de propriedades físicas e hidrodinâmicas como densidade aparente, infiltração e condutividade hidráulica são determinadas no processo de recuperação.

Quando possível considerar uma cultura para avaliação da produtividade.

Manejo de solos salinos, sódicos ou salino-sódicos: Estes devem ser realizados no campo em parcelas maiores que 500 m^2 por tratamento, procurando no possível assemelhar condições normais de exploração na região.

As principais relações a estudar neste tipo de pesquisa são:

- métodos e práticas de irrigação e salinidade: os parâmetros são as lâminas e frequências de aplicação, avaliação da eficiência de aplicação e naturalmente salinidade do solo; procurando esquemas alternativos mais eficientes de operação do sistema de irrigação e manejo das águas de irrigação.

- rotação de culturas: referido a determinar sistemas alternativos de calendários culturais em relação a clima, salinidade, necessidade de água e processo de lavagem.
- trabalhos mecânicos do solo: sistematização, subsolagem, aração profunda e seu efeito no controle da salinização dos solos.
- nutrição (fertilizantes) em relação à salinidade: níveis de fertilidade, tipos e quantidades de adubo, salinidade e produtividade de seriam os parâmetros.
- drenagem: a relação com a salinização do perfil e a produtividade de das culturas.

RESPOSTA DAS CULTURAS E SELEÇÃO DE CULTURAS TOLERANTES:

Esta linha de pesquisa tem por objetivo estudar a tolerância ou de outro modo a sensibilidade das culturas ao sal e nos diferentes estágios do desenvolvimento e identificar os objetivos e níveis tóxicos de íons específicos na sua relação a produtividade das culturas.

Experimentos de laboratório

Os experimentos são realizados principalmente em laboratório em soluções preparadas com diferentes concentrações salinas, onde são avaliados o crescimento das plantas, a pressão osmótica de solução nutritiva e o consumo ou absorção de água pelas plantas. Eventualmente pode-se também medir o potencial de umidade das folhas para controlar o estatus de umidade dos tecidos da planta como afetada por sais. A área foliar; o peso da parte aérea e o peso da parte radicular secas a estufa ou a relação de uma sobre a outra deve ser avaliada aos dois meses de idade das plantas. O espaço reduzido das plantas não permite considerar produção como parâmetro de avaliação.

Determinações de elementos químicos das plantas podem também ser feita no laboratório para observar a concentração iônica nas folhas.

Para o estudo do efeito tóxico de íons procura-se soluções isosmóticas de diferentes tipos de sais. Os íons específicos a estudar são principalmente: Cl, SO_4 , HCO_3 , Na, Mg, K.

Durante o desenvolvimento do experimento deve-se também medir o consumo de água e parâmetros climáticos como temperatura $T^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa UR que permitam a determinação da demanda evaporativa.

Descrição de um experimento:

- as sementes (cultura e variedades específicas) são germinadas em vermiculita umedecida em casa de vegetação. Cuidados especiais de-se tomar com o fornecimento regular de umidade e o controle de $T^{\circ}\text{C}$ e UR.
- com duas semanas no máximo, ou quando a plantula tem a primeira folha, transplantam-se a tanques contendo uma solução nutritiva. (cultura hidropônica), espaçamento entre plantas 15 a 20 cm. Cuidado no fornecimento de ar na solução e aplicação de micronutrientes deficientários.
- consideram-se 9 tanques: 3 tratamentos x 3 repetições: cada tratamento conterà um nível de salinidade. Os níveis de salinidade são conseguidos adicionando NaCl_2 nas quantidades necessárias. Estes tratamentos são estabelecidos 1 a 2 dias após o transplante. Os níveis de salinidade de cada tratamento dependem da cultura e da informação básica preliminar referente a tolerância da cultura (trabalhos em outros países).
- a solução básica nutritiva pode ser:

K H_2PO_4	100 ml
K NO_3	100
Mg (NO_3) $6\text{H}_2\text{O}$	200
Ca (NO_3) $_2$ $4\text{H}_2\text{O}$	500
K $_2$ SO $_4$ M	400
Micronutrientes	100

Os tanques podem ter uma capacidade de 100 lt ou mais.

Experimentos de campo

Parcelas indicadoras

Diferentes concentrações salinas podem ser detectadas no campo num levantamento preliminar de salinidade ou de mapas de salinidade existentes. Nesta base, parcelas conduzidas normalmente pelos proprietários e cobrindo uma boa amplitude de concentrações salinas cultivadas com a mesma cultura são escolhidas para avaliar a sua produtividade e a relacionar à concentração salina correspondente.

Mesmo que escolhida propositadamente, a salinidade não é o único parâmetro variável e de incidência significativa na performance da cultura, por quanto dever-se-ão levantar, medir e/ou avaliar outros parâmetros relacionados com a planta, solo, água, clima e práticas de manejo que podem contribuir também à queda da produtividade. O número de parcelas apropriado é mais ou menos 20 a 25 e a execução por parcela para medir a produtividade 25 m² (Cordeiro, Valdivieso, 1984)

Parâmetros importantes a serem considerados são:

- . variedade, densidade de plantio, densidade de germinação, densidade de ervas daninhas, data de plantio, duração do período vegetativo (até a coleta).
- . irrigação: quantidade e oportunidade de aplicação, frequências.
- . solo: parâmetros químicos: condutividade elétrica do estado de saturação; pH; cations trocáveis: Na, K, Ca + Mg; PST; Matéria Orgânica; parâmetros físicos: % areia, % argila, % silte, densidade aparente, retenção de umidade, grau de compactação.
- . profundidade do lençol freático, salinidade da água freática.
- . adubo aplicado em Kg de N.

Cada parâmetro e o efeito combinado destes é correlacionado com a produtividade numa análise de regressão múltipla. O método aplicado de regressão neste caso é o "stepwise" (passo a passo) que pela quantidade de variáveis e o número de parcelas faz-se necessário o uso de computadores.

O resultado são equações de regressão quantificando o efeito de cada parâmetro, principalmente da salinidade do solo.

UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS SALINAS (UNDP, 1970)

Esta última linha de pesquisa é com a finalidade de criar tecnologias, critérios e normas do aproveitamento e manejo das águas com altas concentrações, avaliando o seu efeito no solo e nas plantas (produtividade). Estes trabalhos de pesquisa podem ser desenvolvidos em laboratório com potes ou no campo usando águas salinas por natureza ou águas salinizadas com o propósito do estudo.

As parcelas a considerar devem ser de mais ou menos 500 a 600 m². Procura-se avaliar o processo de salinização do solo por efeito de aplicação de diferentes volumes (lâminas) de água, com diferentes frequências como função do uso consuntivo e da necessidade de lâmina de lavagem para manter um equilíbrio de sais, na produtividade.

O efeito de lavagem de chuvas eventuais deve também ser avaliado, assim como o sal residual remanescente em cada ciclo hidrológico para chegar a conclusões de volumes de água com determinada qualidade necessária para atingir determinados níveis de salinidade do solo no tempo, para um planejamento da utilização no sentido de propor calendário de culturas nos diferentes estágios-níveis de salinidade e de repouso da terra para a sua desalinização por efeito da lavagem em água de chuva.

TABELA DE CONVERSÃO DAS PRINCIPAIS UNIDADES DE MEDIDA DE SALINIDADE

CONVERSÃO	FAIXAS DE VALIDEZ
$\text{meq/l} = 10 \times \text{CE} \times 10^3$	0.1 - 5.0 mmho/cm
$\text{P.O.} = 0,36 \times \text{CE} \times 10^3$	3.0 - 30.0
$\text{PPm} = 0.64 \times \text{CE} \times 10^6$	100 - 5000, $\mu\text{mho/cm}$
$\text{PPm}_{10n} = (\text{meq/l}) (\text{peso equiv.})_{10n}$	
$\text{gr/l} = 1000 \text{ PPm}$	

$\text{meq/l} = \text{miliequivalente/litro}$

$\text{P.O.} = \text{pressão osmótica}$

$\text{CE} = \text{condutividade elétrica}$

$\text{CE} \times 10^3 = \text{condutividade elétrica em milimhos/cm a } 25^{\circ}\text{C}$

$\text{PPm} = \text{partes por milhão}$

$\text{CE} \times 10^6 = \text{condutividade elétrica em micromho/cm a } 25^{\circ}\text{C}$

$\text{gr/l} = \text{gramas de sal por litro de água}$

$\mu\text{mho} = \text{micro mho}$

$\text{mmho} = \text{mili mho}$

BIBLIOGRAFIA

- BRESLER, E.; McNEAL, B.L.; CARTER, D.L. Saline and Sodic Soils: Principles - Dynamics - Modeling. Advanced Series in Agricultural Sciences 10.- Ed: Springer-Verlag. Barlim, 1982.
- CORDEIRO, G.G.; VALDIVIESO, S.C.R. & CARVALHO, H.O. A produtividade de arroz e algodão em função de parâmetros solo-clima no Projeto de Irrigação de São Gonçalo Souza-PB, 1984.
- DIELEMAN. P.J. Reclamation of salt affected soil in Iraq: Soil Hydrological and agricultural studies. ILRI Publ. II. Wageningen-Holanda, 1963.
- DIELEMAN, P.J.; TRAFFORD, B.D. Drainage Testing - Irrigation and Drainage Paper Nº 28 FAO. Roma, 1976.
- EMBRAPA. Manual de Métodos de Análise de Solos. Rio de Janeiro, 1979.
- Food and Agriculture Organization - FAO - Salinity Seminar Baghdad.- Report of Regional Seminar on Methods of Amelioration of saline and Waterlogged Soils. Irrigation and Drainage Paper Nº 7. Baghdad, Iraq, 1970.
- Food and Agricultural Organization - FAO - Drainage of Salty Soils: European Commission on Agriculture Working Party on Water Resources and Irrigation. Irrigation and Drainage Paper Nº 16. Bucharest Romania, 1972.

- KOVDA, V.A. Irrigation, Drainage and Salinity: an International Source Book. FAO/UNESCO, 1973.
- RICHARDS, L.A. Suelos y Sódicos. Manual de Agricultura Nº 60. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de America. México, 1973.
- United Nations Development Programme UNDP. Reserach and Training on irrigation with saline water: Tunisia.- paris, 1970.
- VALDIVIESO, S.C.R. Solos salinos: Diagnóstico e recuperação, CPATSA/ EMBRAPA, Petrolina-PE, 1983.
- VALDIVIESO, S.C.R. & CORDEIRO G.G. Drenagem e salinidade nos Perímetros Irrigados do NE do Brasil I: Relatório de Identificação e Reconhecimento, 1983.
- VALDIVIESO, S.C.R. Drenagem e salinidade nos Perímetros Irrigados do NE do Brasil II: Proposta de pesquisa em drenagem e recuperação de solos salinos e sódicos no NE do Brasil, 1983.
- VALDIVIESO, S.C.R. Lavagem de solos salinos: Um estudo em solos de textura pesada no Norte do Egito.- Em Revisão Revista PAB, 1984.
- VAN HOORN, J.W. Salinity Control. Lecture Notes on the twenty-first International course on Land Drainage. ILRI. Wageningen-Holanda, 1982.